

**INFLUÊNCIA DE ABRIGOS INDIVIDUAIS
NO CRESCIMENTO DE SOBREIROS JOVENS
SOB CONDIÇÕES DE CLIMA MEDITERRÂNICO**

Alexandra Soveral Dias

Évora
1999

**INFLUÊNCIA DE ABRIGOS INDIVIDUAIS
NO CRESCIMENTO DE SOBREIROS JOVENS
SOB CONDIÇÕES DE CLIMA MEDITERRÂNICICO**



169 413

Maria Alexandra Soveral Rodrigues Dias

Dissertação apresentada à Universidade de Évora
para a obtenção do grau de Doutor em Biologia,
Área de Botânica Aplicada.

Évora
1999

"O aprender não tem fim"

Krishnamurti

A todos os que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho não quero deixar de expressar aqui os meus agradecimentos.

Em particular, quero agradecer ao Professor João Santos Pereira, do Departamento de Engenharia Florestal do Instituto Superior de Agronomia pela sugestão do trabalho, orientação, apoio e paciência que demonstrou ao longo dos anos em que a sua execução se prolongou.

Ao Professor José Tomé, do mesmo Departamento, pela colaboração e apoio dados.

Ao Professor Rui Namorado Rosa do Departamento de Física da Universidade de Évora pelo apoio dado na procura de condições e métodos de trabalho.

A Professora Ana Maria Silva também do Departamento de Física da Universidade de Évora pelo apoio dado no planeamento do trabalho e recolha dos primeiros dados microclimáticos e muito em particular pelas sugestões que se revelaram fundamentais para obtenção de resultados. Agradeço-lhe ainda a disponibilidade sempre demonstrada perante todas as solicitações inclusive a de revisão de parte desta monografia.

Ao Professor Luiz Gazarini agradeço o apoio dado como coordenador e colega do Departamento de Biologia da Universidade de Évora.

Ao Professor Renato Coelho, também do Departamento de Biologia da Universidade de Évora agradeço o apoio e sugestões na montagem e manutenção do sistema de rega automática.

Ao Mestre Jorge Nunes, então aluno estagiário do Curso de Engenharia Agrícola da Universidade de Évora, que colaborou na pesada montagem dos ensaios de campo bem como na recolha de dados, agradeço o esforço e dedicação demonstrados.

As auxiliares técnicas do Laboratório de Botânica e Microbiologia, D. Gertrudes Baptista e D. Gertrudes Mariano, agradeço o profissionalismo e boa disposição com que sempre corresponderam às minhas solicitações de apoio laboratorial.

Ao Eng^o Técnico Agrário Luis Mexia de Almeida e às jovens Carla e Sara Cabeça agradeço o apoio na recolha de dados no campo, por vezes em condições bem desconfortáveis.

Ao pessoal técnico da Herdade Experimental da Mitra, Engenheiros Técnicos Agrários João Lobo e Manuel Nunes agradeço as sugestões e a boa vontade demonstrada.

Ao responsável pela Horta da Herdade da Mitra, Sr. Mendes, agradeço com uma ternura muito especial o apoio, bonomia e calor humano com que sempre recebeu as meus pedidos de empréstimos e serviços.

Aos responsáveis e técnicos dos Laboratórios de Solos do Departamento de Fitotecnia e de Sanidade Vegetal da Universidade de Évora, agradeço a disponibilização e apoio na utilização de infra-estruturas e equipamentos.

A todos os colegas do Departamento de Biologia da Universidade de Évora agradeço o apoio e incentivo que me foram dando ao longo dos anos.

Aos meus filhos, que não posso deixar de referir, Iris, Inês e Miguel agradeço o apoio, sempre incondicional.

Por fim mas não por último agradeço ao Dr. Luis Silva Dias meu colega do Departamento de Biologia e companheiro de vida pelo apoio que sempre me deu nos mais variados aspectos desde a realização de trabalho de campo, à análise estatística dos resultados e ao incentivo constante sem o qual suspeito que este trabalho nunca teria sido concluído.

Índice Geral

Resumo	I
Summary	III
1. Introdução	1
2. Condições microclimáticas nos abrigos	11
3. Ensaio 1: Crescimento de sobreiros jovens em abrigos individuais	74
4. Ensaio2: Crescimento de sobreiros jovens em abrigos individuais	129
5. Ensaio de Campo	227
6. Trocas gasosas em folhas abrigadas	312
7. Conclusões gerais	351
Anexo: Condições microclimáticas no interior dos abrigos em períodos decendiais	357
Anexo: Determinação da área foliar a partir das medidas lineares do limbo	377
Referências	381

Resumo. *Influência de abrigos individuais no crescimento de sobreiros jovens sob condições de clima mediterrânico*

O sobreiro (*Quercus suber* L.) é uma espécie de grande importância económica e ecológica em Portugal. Ocorre sobretudo nos montados, sistemas de uso múltiplo (agro-)silvo-pastoril onde a sua regeneração é posta em causa por outros componentes do sistema. O uso de abrigos individuais surge, neste contexto, como promissor, permitindo conciliar o uso múltiplo do montado e a sua renovação. Adicionalmente, os abrigos, pelas alterações microclimáticas que produzem, podem beneficiar o crescimento das plantas.

No presente trabalho, estudou-se a variação da intensidade da PAR, temperatura e humidade relativa do ar no exterior e interior de abrigos e os seus efeitos no crescimento, produção de biomassa, sobrevivência e trocas gasosas de jovens sobreiros.

Os abrigos estudados reduzem a luz disponível, aumentam a temperatura média, amplitudes térmicas diárias e humidade relativa nocturna do ar, estando a variação diurna relacionada com o desenvolvimento da planta no interior do abrigo.

O conjunto dos estudos efectuados mostra que os seus efeitos no crescimento e produção de biomassa resultam de um balanço entre os benefícios proporcionados pelas condições de temperatura, e possivelmente de humidade, e as limitações impostas pela redução da luz.

Num dos abrigos usados (Abrigo Baixo), esse balanço afigura-se positivo; nos restantes, é claramente negativo (Abrigo Alto ou Castanho) ou tendencialmente negativo (Abrigos Brancos). A luz disponível surge como o factor crítico, sendo a variação da temperatura muito semelhante entre os diferentes abrigos e a variação da humidade dependente do crescimento da plantas, por sua vez dependente da luz. A presença de orifícios de arejamento mostrou-se vantajosa para o crescimento do sobreiro, em condições de boa disponibilidade hídrica. As folhas desenvolvidas no Abrigo Castanho podem ser fotossinteticamente mais eficientes, sob altas e baixas intensidades luminosas e temperaturas entre 20 e 40 C, o que é, todavia, insuficiente para ultrapassar a desvantagem da redução da luz no interior do abrigo.

O aumento da produção de biomassa está associado a um acréscimo generalizado dos parâmetros de crescimento. O inverso sucede quando a produção de biomassa é reduzida, sendo todos os parâmetros negativamente afectados com excepção da altura. A produção de ramos tem um papel crucial pela sua influência no número de folhas e área foliar.

Apesar dos resultados promissores obtidos após uma estação de crescimento com plantas envasadas, o Abrigo Baixo não se mostrou adequado para promover o estímulo do crescimento do sobreiro. Após sete anos, não há diferenças de altura entre plantas abrigadas e testemunha, o diâmetro basal do tronco foi reduzido e a mortalidade é superior. A altura insuficiente do abrigo e a ocorrência de temperaturas muito elevadas associadas a stress hídrico durante o período estival, possivelmente agravadas pela precoce queimadura do abrigo, poderão explicar estes resultados. O Abrigo Alto ou Castanho após sete anos, revela-se efectivo na promoção do crescimento em altura, sem prejuízo significativo da sobrevivência das árvores. No entanto, o diâmetro basal do tronco foi reduzido e muitas plantas abrigadas não adquiriam a capacidade de se auto-suportarem.

O uso de abrigos individuais na protecção de jovens sobreiros poderá justificar-se nalgumas circunstâncias apenas pelos benefícios silvícolas do estímulo do crescimento em altura. No entanto, o seu uso poderá promover o crescimento e produção de biomassa (não apenas o crescimento em altura) desde que a redução da intensidade luminosa não apague os benefícios das outras condições internas (temperatura, humidade e eventualmente concentração de CO₂) e que não se registem temperaturas extremas. Um abrigo com as características ópticas do Abrigo Baixo, a altura e durabilidade dos outros abrigos usados e provido de orifícios que facilitem a circulação do ar poderá constituir o abrigo ideal para esta espécie, no nosso clima.

Summary. *Tree shelter effects on cork-oak growth in a mediterranean climate*

Cork-oak (*Quercus suber* L.) is a species with great economical and ecological value in Portugal, occurring mostly in the *montados* (oak-dominated dryland Mediterranean forests), where the tree natural regeneration is endangered by pasturage and agriculture. The use of individual tree shelters in the protection of cork-oak seedlings is a promising technique making possible multiple land use and tree regeneration. Besides, microclimate changes in shelters may enhance plant growth, specially height growth during the first years. In this work we study the effects of shelters on PAR, air temperature, relative humidity, growth, survival and gaseous exchange of young cork-oaks.

The overall effects of tree shelters in growth and biomass production result from the balance between the beneficial effects of temperature and probably humidity and the limitations imposed to photosynthesis by the reduction of light intensity. In one of the shelters studied (PVC Grow-Cone, with a lower PAR reduction), this balance is positive after one growing season with the overall growth and biomass production improved. In the others (corrugated brown polipropilene Sheltatree, and corrugated white polipropilene Akiplant, "aerated" and "not aerated") the balance is negative after one and two growing seasons, biomass production is reduced as well as stem enlargement, ramification, leaf number and plant leaf area. Nevertheless, all shelters increase height growth and, in one case, maintained for as long as seven years. In some conditions, stimulus of height growth is a silvicultural benefit by itself, justifying the use of shelters. Light availability inside shelters appears as the critical factor, because temperature variation is very similar among the shelters and the humidity closely depends on plant growth which depends on the availability of light. Aeration by lateral holes is advantageous to cork-oak growth and biomass production under mediterranean climate, provided that enough water is available. Leaves developed inside Sheltatree can photosynthesise more efficiently, both under high or low light intensities and temperatures between 20 and 40 C, but this is not enough to counter the disadvantage of light reduction.

Biomass increases are tied with the remaining growth parameters. Likewise, biomass reductions are associated with other growth decreases, except in height. Shelter effects on ramification are crucial because it regulates leaf production and therefore total leaf area.

Although promising after one growing season in pot culture, the Grow-Cone is not deemed fit to grow cork-oak in dryland conditions. After seven years, plant height was similar to the nil treatment (no shelter), stem diameter and survival were reduced. Insufficient height of the shelter, very high temperatures during the dry summer, probably associated with early deterioration and blackening of the plastic can account for these results. The other shelter tested in dryland conditions (Sheltatree) was more durable, did not affect survival and effectively stimulated height growth, with differences persisting seven years after plantation; however, stem diameter is reduced and many plants are unable to sustain themselves.

The use of tree shelters to protect young cork-oaks is adequate to enhance growth and biomass production, provided that extreme temperatures or lasting periods of drought do not occur. In addition, light reduction must be small in order that gains by temperature, humidity are not erased. The combination of the optical characteristics of Grow-Cone, the height and durability of polipropilene shelters and holes for aeration, is likely to result in the ideal shelter for this species in a mediterranean climate.

1. Introdução Geral

O sobreiro e a sua problemática

É inegável a importância do sobreiro (*Quercus suber* L.) em Portugal quer pela dimensão da área ocupada quer pelo peso económico que representa a produção de cortiça quer pelo valor ecológico dos ecossistemas que integra.

Os povoamentos em que esta quercínea mediterrânica é única ou dominante no estrato arbóreo cobrem aproximadamente 21% da superfície florestal do País (DGF, 1993) dando origem a cerca de 52% da produção mundial de cortiça, (Sampaio e Leite, 1987). Portugal é além disso o maior processador mundial deste material (Mata *et al.*, 1990).

Simultaneamente um material biológico raro (veja-se Natividade, 1950) e uma matéria prima rara no mundo com uma produção geograficamente concentrada (Sampaio e Leite, 1987), a cortiça constitui um produto único, sendo o saldo do comércio externo francamente positivo (DGF, 1992).

A distribuição natural do sobreiro é relativamente restrita circunscrevendo-se à região ocidental da Bacia do Mediterrâneo onde o clima é atenuado pela influência atlântica (Natividade, 1950) não se tendo revelado economicamente interessantes as tentativas feitas para instalar esta espécie noutras áreas do globo (DGF, 1992). Cobrindo uma área total estimada em cerca de 2.3-2.4 milhões de hectares (Sampaio e Leite, 1987; Oliver, 1988; Sanfillipo e Vanelli, 1992), o sobreiro

ocorre espontaneamente de norte a sul de Portugal (Coutinho, 1939; Sampaio, 1947; Franco, 1971; Castroviejo *et al.*, 1990), que segundo Feio (1989) constitui o "solar do sobreiro", a região do mundo com melhores condições climáticas, entre aquelas onde existe, para o desenvolvimento desta espécie.

Os povoamentos produtivos encontram-se, no entanto, concentrados a Sul do Tejo e particularmente no Alentejo (Leão *et al.*, 1990; Sampaio e Leite, 1987; DGF, 1993), destacando-se, entre eles, os montados, onde a componente arbórea é em muitos casos de origem espontânea (Feio, 1949, Natividade, 1950); são sistemas de uso múltiplo silvo-agro-pastoril tipicamente ibéricos, considerados entre os mais racionais, ecologicamente equilibrados e estéticos de uso da terra (Houèrou, 1981). Instalados maioritariamente em solos pobres em nutrientes, pouco profundos e facilmente erodíveis que em conjunto com a secura estival não permitem uma exploração intensiva (Palacín e Bellido, 1987; Marañón, 1988), os montados constituem provavelmente no âmbito do bosque mediterrânico o grau máximo de intervenção humana compatível com a conservação dos recursos naturais do solo vegetação e fauna (Palacín, 1989).

Nos montados de sobreiro a componente arbórea é privilegiada desde sempre (Balabanian, 1984), a densidade de arvoredo relativamente elevada, ronda, em média, as 67 árvores por hectare nos povoamentos puros (DGF, 1990) e a rotação de culturas assume menor importância que no montado de azinho, estando a presença de gado dependente da existência de pastagem (Janick *et al.*, 1987). As culturas são muitas vezes praticadas mais como parte do esforço necessário para conter os matos (Nuñez *et al.*, 1987) e/ou obter pastagem do que para produzir cereais (Balabanian, 1984). A lande pode ser utilizada como componente importante na dieta dos gados em associação com a erva de Outono, período crítico na pastagem (Almeida, 1986), no entanto, a produção de lande é irregular e muito menos abundante do que a produção de bolota na azinheira, pelo que, nos montados de sobreiro, relegados para os piores terrenos, as pastagens são em geral muito pobres (Balabanian, 1984).

A degradação do montado em Portugal tem vindo a ser alvo de preocupações desde o final do século XIX (veja-se Cabral e Sardinha, 1992), particularmente devido à ocorrência de surtos periódicos de mortalidade anormal que parecem afectar, de modo geral as quercíneas (Delatour, 1983, Simpson, 1992; Evans,

1997). No sobreiro, o desencadear de uma mortalidade anormal tem sido relacionada com a seca (Cabral e Sardinha, 1992; Nageleisen, 1994; Oliver e Garcia, 199), a intensidade e regime de exploração dos povoamentos (Cabral e Sardinha, 1992; Cabral *et al.*, 1992) e a profundidade da camada impermeável que condiciona o volume de solo explorado pelas raízes (Alves *et al.*, 1993), sendo o arejamento do solo considerado um factor crítico para o vigor das árvores (MacDonald *et al.*, 1993). A presença de agentes patogénicos é também indicada como possível desencadeador de mortalidade, sendo os desfoliadores *Lymantria dispar* e *Tortrix viridana* apontados como desencadeadores de mortalidade observada na Córsega (Nageleisen, 1994); na Península Ibérica, a ocorrência de fungos radiculares entre os quais se destaca a *Phytophthora cinnamomi*, particularmente agressiva em condições de stress hídrico, é também encarada como possível desencadeador de mortalidade (Brasier *et al.*, 1993). Outros autores, consideram os surtos de mortalidade como resultado da acção conjunta de agentes climáticos e biológicos (Bussotti e Ferretti, 1998), tornando-se necessários mais estudos para resolver o problema de definir uma "causa principal" ou os contornos de uma interacção ambiente/agentes patogénicos no síndrome do declínio dos montados (Pereira, 1999).

Apesar dos alarmes, o último Inventário Nacional do Sobreiro (DGF, 1990) não mostra uma redução significativa da área ocupada pelo sobreiro, embora existam indícios de decréscimo na densidade dos povoamentos. Este estudo mostra igualmente que o montado português não está envelhecido, tendo pelo contrário uma estrutura predominantemente jovem ou na transição de jovem para adulto em 72% da área observada. Porém, a inexistência prática de regeneração natural que é nula ou praticamente inexistente em 51% da área amostrada naquele estudo, é considerada muito preocupante. Noutros estudos Huhn (1991) e Alves *et al.* (1993), constataram igualmente a inexistência prática de regeneração natural e a necessidade de promover o adensamento dos povoamentos através da protecção do renovo ou de regeneração artificial.

Efectivamente, num sistema de uso múltiplo, a regeneração natural da componente arbórea pode facilmente, na ausência dos devidos cuidados, tornar-se incompatível com o sistema de exploração agro-pastoril, sendo considerada a principal causa da decadência observada nos povoamentos de sobreiro (Adrados, 1992). Balabanian (1984) refere que a mecanização da agricultura e a utilização de

máquinas pesadas nas operações agrícolas tornam inviável a salvaguarda das pequenas plantas. A presença de gado bovino e caprino é também referida como incompatível com o estabelecimento do renovo (Natividade, 1950; Oliver, 1988; Huhn, 1991).

Natividade (1950) afirma que "a simples protecção aos sobreiros nascediços basta para se conseguir um rápido povoamento em extensões enormes"; trata-se porém de uma rapidez relativa pois o desenvolvimento dos povoamentos é um processo muito lento (Oliver, 1988) implicando uma alteração radical do uso da terra (Oliveira e Ferreira, 1986) que não é desprovida de custos, sendo antes vista como uma opção dispendiosa que só se justifica em áreas onde os custos possam ter uma importância secundária como zonas ecologicamente sensíveis ou de grande valor estético (Harmer, 1994).

Como sucede nas restantes quercíneas, a regeneração natural do sobreiro tem de enfrentar por um tempo longo uma infinidade de inimigos que obstem à germinação de grande parte das landes e ao desenvolvimento das que conseguem chegar a germinar (Lewington e Streeter, 1993; Evans, 1997) havendo ainda no caso do sobreiro que contar com as condições estivais desfavoráveis e ausência de dispersores efectivos (Herrera, 1995) que tornam a colonização fraca.

De qualquer forma, vale a pena investir em garantir o futuro de um património natural cujo valor transcende a importância económica da cortiça (Palacín, 1994a, 1994b). Efectivamente, as preocupações motivadas pela desertificação no sentido de se criarem grandes áreas desprovidas de recursos edáficos, biológicos e humanamente despovoadas não são destituídos de fundamento (Ramalho, 1985, 1986; Janick *et al.*, 1987; Beliz, 1988; Sequeira, 1988a, 1988b). Segundo Palacín (1989) as zonas áridas de Almería, Murcia e Alicante são, entre outras, um exemplo de antigos montados hoje desarborizados onde a actividade económica se tornou marginal e se luta para minimizar os efeitos catastróficos das tempestades sobre o solo e as populações.

Mais do que implementar novos povoamentos em áreas desarborizadas onde a relação custos-benefícios é de tal ordem deficitária que justificará a qualificação de "especulação altamente negativa e totalmente inviável" (Feio, 1989) importaria assegurar a renovação e ampliação dos povoamentos existentes (Palacín, 1991). Não obstante, é notório um acentuado esforço de reflorestação de novas áreas que em conjunto com novos sobreirais originados por regeneração natural se traduz

num aumento da superfície povoada estimado em mais de 42 mil ha situados principalmente nas zonas xistosas mais acidentadas do Sudoeste Alentejano e serras Algarvias, onde as culturas agrícolas têm sido progressivamente abandonadas (Rodrigues, 1995).

No âmbito da conservação dos montados, as soluções preconizadas envolvem basicamente a reserva escalonada no tempo das áreas a adensar, onde deverão evitar-se acções culturais que comprometam o renovo e a presença de gados por um período de 5 a 10 anos para ovelha e porco (que podem inclusivamente pastar se suficientemente disseminados e havendo abundância de pastagem pois não causam grandes prejuízos) e de 18 a 30 anos para vaca e cabra, cuja interdição deve ser rigorosa (Oliver, 1987, 1988; Huhn, 1991), devendo o recurso à repovoação artificial nas parcelas de regeneração ter em conta a existência ou não de suficiente e convenientemente disseminado renovo "à espera" (Oliver, 1987, 1988). Porém como nota Harmer (1995) as restrições impostas por outros objectivos de gestão ou considerações financeiras e de pessoal podem tornar impossível a aplicação de alguns ou de todos os tratamentos úteis à protecção da regeneração natural.

Oportunidade do uso de abrigos individuais na protecção de sobreiros jovens no Sul de Portugal

A utilização de dispositivos individuais adequados à protecção de plantas jovens contra os danos causados por herbívoros, apresenta-se, neste contexto, como uma possível alternativa à reserva de grandes áreas para regeneração, potenciando a conjugação do uso múltiplo do montado com a sua renovação.

O desenvolvimento de abrigos individuais para a protecção de árvores jovens em que se combina a protecção contra herbívoros com a criação de um efeito de estufa em redor das plantas veio abrir novas perspectivas à reflorestação com espécies de crescimento lento por aliar a protecção contra herbívoros com um estímulo do crescimento das jovens árvores. As primeiras experiências iniciaram-se em Inglaterra em 1979 (Tuley, 1983, 1984, 1985). Tuley "vestiu" com uma manga de polietileno os protectores de rede plástica (designação comercial Treeguard), normalmente utilizados na protecção das plantações contra a acção dos herbívoros, com o objectivo de criar um efeito de estufa em redor das jovens árvores e de lhes

proporcionar dessa forma condições mais vantajosas para o desenvolvimento (Tuley, 1983, 1985; Evans e Potter, 1985).

Os resultados do uso desses abrigos, basicamente tubos plásticos, translúcidos ou transparentes com 1.20 m de altura e 8-10 cm de diâmetro, nessas primeiras experiências em *Quercus petraea* e *Quercus robur* não poderiam ser mais estimulantes. O crescimento em altura das plantas abrigadas mais que duplicou durante os primeiros três anos, o diâmetro do caule (medido 5 cm acima do colo) aumentou significativamente e os caules desenvolvidos no interior dos abrigos, sem evidenciar o afunilamento normal nas plantas desenvolvidas ao ar livre, atingiam volumes muito superiores aos das plantas não abrigadas e protegidas no protector de rede (Tuley, 1983, 1985).

Os resultados obtidos em experiências semelhantes utilizando abrigos de vários diâmetros, formas e materiais noutras espécies florestais de folha larga mostraram-se geralmente muito animadores, particularmente em espécies de crescimento lento, sendo geralmente menos dramáticos os efeitos observados em coníferas (Tuley, 1983, 1985; Evans e Potter, 1985). Em nenhum caso se registaram reduções significativas do crescimento ou aumento da mortalidade das jovens árvores pelo emprego dos abrigos (Evans e Potter, 1985).

Uma década após as primeiras experiências, o emprego de abrigos individuais tinha-se generalizado em Inglaterra (Potter, 1991) com a tripla função de proteger as jovens árvores do pastoreio repetido por herbívoros selvagens, facilitar as operações de controle de infestantes e proporcionar um ambiente mais favorável ao desenvolvimento (Potter, 1987a).

No entanto, cedo se verificou que da alteração das taxas de crescimento provocada pelos abrigos resultam frequentemente plantas delgadas, incapazes de se auto-suportarem após a emergência (Tuley, 1983, 1985; Evans e Potter, 1985; Potter, 1988; Applegate e Bragg, 1989; Burger *et al.*, 1992; Kittredge *et al.*, 1992; Mayhead e Boothman, 1997). Mesmo quando os abrigos estimulam o crescimento em diâmetro do tronco (Tuley, 1983, 1985; Applegate e Bragg, 1989) as plantas abrigadas não têm frequentemente capacidade de se suportarem a si próprias logo após emergirem dos abrigos, pelo que se torna necessário mantê-las no interior do abrigo pelo menos dois anos após a emergência (Kittredge *et al.*, 1992). Alguns autores (Potter, 1987b; Woolhouse, 1995; Evans, 1996) aconselham inclusivamente a manutenção dos abrigos até que se degradem naturalmente após 5-10 anos. Este

procedimento tem, no entanto, a desvantagem de obrigar a demoradas operações de remoção dos fragmentos ou alternativamente a um inestética acumulação de lixo.

Tornava-se igualmente evidente que as características particulares do local dos ensaios, nomeadamente quanto à exposição, microclima e solo poderiam condicionar os efeitos observados nas plantas abrigadas pois noutras experiências conduzidas igualmente em Inglaterra com *Quercus petraea* e abrigos semelhantes aos usados por Tuley (translúcidos, com 1.2 m de altura e 8 cm de aresta), Davies (1985) encontrou resultados variáveis, conforme o local, na área basal que após duas estações de crescimento foi significativamente reduzida ou não alterada pelo emprego dos abrigos. Potter (1987a) refere igualmente resultados variáveis obtidos com abrigos em faia.

A verificar-se, um efeito positivo do uso de abrigos no crescimento de jovens sobreiros nas nossas condições climáticas e culturais, esta técnica teria assim, eventualmente, a vantagem de permitir *(a)* conciliar a utilização múltipla da terra com a renovação do montado, *(b)* acelerar o crescimento inicial das plantas, permitindo diminuir a duração da fase crítica de estabelecimento, e *(c)* produzir troncos direitos, regulares e não ramificados que permitiriam eventualmente dispensar a poda de formação ou reduzir os seus custos.

A questão fundamental que importava investigar, no âmbito do interesse do uso de abrigos individuais na protecção de sobreiros jovens era saber se, nas condições climáticas do Sul de Portugal, onde se localizam a maior parte dos nossos montados produtivos, o microclima criado por estas estruturas em redor das plantas poderia beneficiar ou prejudicar o estabelecimento das plantas. Nomeadamente, importava esclarecer se o crescimento em altura seria efectivamente estimulado no sobreiro e se esse estímulo seria ou não acompanhado pelo desenvolvimento de outras características tanto desejáveis como indesejáveis como por exemplo a inibição da ramificação, o aumento da razão biomassa aérea/ biomassa radicular e a redução do engrossamento do tronco, características todas elas esperáveis num ambiente de luz reduzida. Finalmente importava esclarecer o efeito dos abrigos na taxa fotossintética e produção de biomassa.

Colocam-se simultaneamente duas questões: o factor clima e o factor planta. A utilização de um "efeito de estufa" no clima do tipo mediterrânico do Sul de

Portugal, pode tornar-se problemático durante o Verão quente e seco não criando assim as condições mais propícias para o desenvolvimento das jovens árvores encontradas em climas mais húmidos e frescos particularmente durante o Verão. Como notam Kjelgren e Rupp (1997a), num clima quente e árido com uma estação seca característica, um período prolongado sem chuva ou irrigação, poderá resultar em condições semelhantes não a uma estufa, mas a um forno, no interior dos abrigos.

Além dos efeitos produzidos no microclima e sua eventual influência positiva no desenvolvimento das jovens árvores, os abrigos revelam-se úteis contra danos provocados por operações culturais, dada a sua conspicuidade e protecção das árvores na aplicação de herbicidas (Evans e Potter, 1985; Evans, 1997).

A utilização de protectores individuais em vez de vedações pode ainda oferecer algumas vantagens, protegendo as plantas não só do gado mas também de animais selvagens de pequeno porte, que uma vedação não estorva, e podem constituir uma séria ameaça ao estabelecimento do renovo do sobreiro como mostra o trabalho de Herrera (1995). A protecção proporcionada pelos abrigos contra este tipo de animais poderá, no entanto, ser relativa e dependente das condições locais. Minter *et al.* (1992) observaram danos causados por roedores em caules e raízes de plantas abrigadas, causando elevada mortalidade, num dos seis locais em efectuaram plantações de *Quercus rubra* L. em clareiras de áreas florestais no Indiana, USA e, no norte da Pennsylvania, a acumulação de folhas secas na base de protectores individuais atraiu a actividade nidificadora de roedores (Marquis, 1977 citado por Minter *et al.*, 1992) com consequentes danos nas plantas.

No entanto, como observa Potter (1988) na falha de uma vedação toda a plantação está em risco enquanto que na falha de um abrigo individual apenas se perde uma planta. Porém, em experiências conduzidas na Tasmânia na protecção de plantações de *Acacia melanoxylon*, e outras espécies arbóreas contra herbívoros, basicamente coelhos, ratazanas, outros roedores nativos, pássaros e animais domésticos, Allen (1992) concluiu que as vedações conjugadas com veneno são preferíveis aos protectores individuais. É preciso notar, no entanto, que os protectores usados, rígidos e flexíveis (em rede) de polipropileno, com 30, 60 e 90 cm de altura, ofereciam uma protecção deficiente, pois que se degradavam rapidamente deixando assim de ser efectivos e, independentemente disso, permitiam que alguns animais penetrassem no interior e roessem as plântulas. A

falha na protecção contra herbívoros relaciona-se frequentemente com uma escolha inadequada do abrigo sendo considerado crucial que seja tida em conta a altura do herbívoro mais alto presente na área (Kerr, 1995). Quando adequados às condições em presença, os abrigos são considerados geralmente eficazes na protecção contra herbívoros (Eason *et al.*, 1996), mostrando-se eficientes noutras experiências em que foram utilizados abrigos mais adequados (Kittredge *et al.*, 1992; Minter *et al.*, 1992; Bainbridge, 1994; Myers *et al.*, 1995; Gillespie *et al.*, 1996; Stange e Shea, 1998). Aspectos técnicos como a durabilidade do abrigo e do seu sistema de sustentação são também importantes factores a ter em conta, bem como as condições de exposição e climáticas do local, sendo de qualquer forma evidente que uma manutenção com recurso a inspecções periódicas se torna necessária.

Objectivos e organização do trabalho desenvolvido

O presente trabalho prende-se essencialmente com o estudo das principais alterações microclimáticas, nomeadamente da radiação fotossinteticamente activa, temperatura e humidade relativa do ar, provocados por diferentes tipos de abrigo ocupados com jovens sobreiros sob o nosso clima e sua influência no desenvolvimento das plantas.

Pretendeu-se **(1)** caracterizar o microclima produzido por vários tipos de abrigo contendo sobreiros jovens, **(2)** estudar o desenvolvimento dos jovens sobreiros em condições semi-controladas, com stress hídrico baixo ou moderado, **(3)** relacionar os factores micro-ambientais estudados e o desenvolvimento das plantas, **(4)** estudar o efeito dos abrigos nas trocas gasosas e resposta fotossintética à variação da luz e temperatura **(5)** avaliar o efeito a longo prazo da aplicação de abrigos em condições de campo.

O trabalho está organizado em capítulos. A alteração das condições microclimáticas provocadas pela colocação dos diferentes abrigos em redor de uma plântula de sobreiro é estudada no capítulo 2 estabelecendo-se modelos descritivos e preditivos da variação das condições interiores em função das exteriores. No capítulo 3 estuda-se o crescimento de sobreiros jovens ao longo de uma estação de crescimento, nas condições ambientais e no interior de dois tipos de abrigo. A produção e partição da biomassa no fim da estação é igualmente avaliada

relacionando-se o desenvolvimento com as condições climáticas observadas. No capítulo 4 volta-se a estudar o crescimento de jovens sobreiros mas agora em abrigos diferentes e durante duas estações de crescimento. É dada atenção particular à partição da biomassa aérea no final do ensaio e relaciona-se o microclima e o crescimento das plantas. No capítulo 5 estudam-se os efeitos da aplicação de abrigos em condições de campo num ensaio com seis anos. No capítulo 6 estudam-se as trocas gasosas em folhas testemunha e abrigadas em resposta à variação da intensidade luminosa e temperatura em condições controladas discutindo-se os resultados tendo em consideração as condições microclimáticas e o crescimento e produção de biomassa observados no interior e exterior dos abrigos. Por fim no capítulo 7 apresentam-se as conclusões gerais do trabalho.

2. Condições microclimáticas nos abrigos	11
2.1. Introdução: Alterações micrometeorológicas provocadas pelos abrigos e sua influência no crescimento das plantas	13
2.1.1. Luz	14
Alteração da intensidade luminosa	14
Alteração da qualidade da luz	15
2.2.1. Temperatura do ar	17
Efeito de estufa e variações térmicas diárias	17
Amplitude térmica e temperaturas extremas	17
Gradientes térmicos	20
2.1.3. Humidade	21
Alteração da humidade relativa do ar	21
Ocorrência de condensação, orvalho e geada	23
2.1.4. Vento	24
2.1.5. Concentração de CO₂	25
2.1.6. Influência da presença de uma planta	27
2.2. Materiais e métodos	27
2.2.1. Os abrigos	27
Abrigo Baixo	28
Abrigo Alto ou Castanho	30
Abrigo Branco Aberto	32
Abrigo Branco Fechado	32
2.2.2. Caracterização do local de estudo	33
Localização	33
Caracterização climática	35
2.2.3. Monitorização do microclima	39

2.3. Resultados e discussão	43
2.3.1. Caracterização geral do microclima no interior dos abrigos	43
2.3.2. Radiação Fotossinteticamente Activa	52
2.3.2.1. Abrigo Baixo	53
2.3.2.2. Abrigo Alto ou Castanho	54
2.3.2.3. Abrigos Brancos	55
2.3.2.4. Comparação entre abrigos	57
2.3.3. Temperatura do ar	58
2.3.3.1. Abrigo Baixo	59
2.3.3.2. Abrigo Alto ou Castanho	60
2.3.3.3. Abrigo Branco Aberto	61
2.3.3.4. Abrigo Branco Fechado	61
2.3.3.5. Comparação entre abrigos	62
2.3.4. Humidade Relativa	65
2.3.4.1. Abrigo Baixo	65
2.3.4.2. Abrigo Alto ou Castanho	66
2.3.4.3. Abrigo Branco Aberto	67
2.3.4.4. Abrigo Branco Fechado	68
2.3.4.5. Comparação entre abrigos	69
2.4. Conclusões	71
2.5. Sumário	72

2. Condições microclimáticas nos abrigos

2.1. Introdução: Alterações micrometeorológicas provocadas pelos abrigos e sua influência no crescimento das plantas

Os abrigos foram concebidos e podem ser definidos como estruturas tubulares em material plástico, transparente ou translúcido, apropriados para rodear individualmente uma planta e proporcionar-lhe protecção física contra herbívoros, criando em simultâneo um efeito de estufa no seu interior que influencia o desenvolvimento das plantas abrigadas (Tuley, 1983, 1984, 1985). Neste capítulo passam-se em revista a principais alterações provocadas por estas estruturas nas condições micrometeorológicas que rodeiam as plantas abrigadas, discutindo-se os potenciais efeitos das alterações observadas no ambiente aéreo sobre o seu desenvolvimento. Apresentam-se os métodos e resultados de um estudo efectuado durante longos períodos incidindo sobre a variação de algumas das condições micrometeorológicas alteradas pelos abrigos. O estudo baseia-se em registos efectuados no exterior, junto a uma planta crescendo ao ar livre e no interior de quatro diferentes abrigos individuais usados na protecção de jovens sobreiros.

Na impossibilidade de estudar todos os parâmetros alterados pelos abrigos apenas os três considerados mais importantes receberam a nossa atenção, nomeadamente, a intensidade da radiação fotossinteticamente activa, a temperatura e a humidade relativa do ar. As alterações observadas são discutidas à luz da sua

possível influência no crescimento das plantas.

2.1.1. Luz

Alteração da intensidade luminosa

Os abrigos reduzem a intensidade da radiação disponível para a fotossíntese, alteram a qualidade da radiação mas não produzem qualquer alteração sensível na duração do dia (Evans e Potter, 1985; Tchuente, 1987). Potter (1987a) estudou a intensidade luminosa na base de um conjunto de abrigos de material plástico encontrando reduções entre 76 e 1% da luz incidente. Nessas condições, a taxa de crescimento em altura de duas espécies de freixo e carvalho exigentes em luz continuou a aumentar com a redução da intensidade luminosa até aos 86% de interceptação luminosa, havendo um rápido declínio com reduções superiores da luz disponível no interior do abrigo. O diâmetro do caule começou porém, a declinar muito antes, a partir de uma interceptação luminosa igual ou superior a 55%.

No interior de um abrigo, há obviamente um gradiente luminoso decrescente entre o topo e a base. Minter *et al.* (1992) observaram, por exemplo, uma redução da luz no interior de um abrigo de polipropileno castanho translúcido (Sheltatree), que também utilizámos, compreendida entre cerca de 18 % da exterior a 30 cm do topo do abrigo e cerca de 6% na base, representando cerca de 12% da radiação exterior a 60 cm. Num abrigo mais claro, de fabrico artesanal, confeccionado com manga de drenagem perfurada e translúcida, observaram, no entanto, um decréscimo ainda superior passando a redução da luz de cerca de 30% a 30 cm do topo para cerca de 13% da luz incidente a 60 cm (meia altura).

Na medida em que o ensombramento provocado é lateral a porção superior das plantas abrigadas e em particular o gomo terminal recebe radiação directa nos dias de céu limpo durante um curto período a meio do dia, cuja duração vai gradualmente aumentando à medida que a planta cresce e a sua parte superior se eleva ficando cada vez menos ensombrada. Como se discutirá adiante (capítulo 6) esta circunstância poderá ter algum peso no balanço diurno da assimilação de CO₂ e influenciar o futuro comportamento fotossintético das folhas, dada a comprovada importância do microclima em que as folhas se desenvolvem na taxa fotossintética máxima que atingem na maturação (Ducrey, 1981, Šesták, 1981).

Alteração da qualidade da luz

Aos abrigos comerciais foi aplicada uma gama de cores, entre o castanho e o verde, na tentativa de lhes diminuir o impacto visual e amenizar o aspecto das plantações, alvo de críticas (Potter, 1988); no entanto, o decréscimo da luz disponível pode tornar-se crítico para as plantas abrigadas, especialmente em áreas ensombradas. É sabido que diferentes comprimentos de onda influenciam diferentes aspectos do crescimento das plantas e a cor do abrigo poderá influenciar positiva ou negativamente o desenvolvimento das plantas. Com a adição de pigmentos ao plástico coloca-se a questão de saber se os benefícios de uma determinada alteração no espectro luminoso poderão compensar a extra redução da luz que implica o colorir do plástico (Evans e Potter, 1985).

Potter (1987a) comparando o crescimento de freixos e carvalhos numa gama caleidoscópica de cores dentro do espectro visível, apenas encontrou diferenças significativas relativamente ao abrigo branco que servia de testemunha, em abrigos verdes e amarelo-esverdeados onde o crescimento em altura do freixo foi mais estimulado e o engrossamento tronco concomitantemente mais reduzido. Este autor refere igualmente outras experiências com freixos, carvalhos e faias, utilizando vários abrigos comerciais coloridos cuja aplicação não resultou em diferenças significativas no crescimento das plantas. Ainda segundo o mesmo autor, não será de esperar que a intensidade da coloração dos abrigos comerciais possa afectar o crescimento das plantas. Kjelgren *et al.* (1997) não observaram diferenças significativas nas taxas de fotossíntese no bordo norueguês (*Acer platanoides* L.) e freixo (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh) em abrigos brancos e castanhos.

Com efeito, observações efectuadas em condições naturais, estudos realizados em estufas sob diversas coberturas e em laboratório sob luz artificial mostraram que na adaptação à sombra é a quantidade de luz e não a sua qualidade o factor determinante no crescimento da parte aérea das plantas (Kozlowski, 1971; Givnish, 1988). Segundo Smith (1981) são sobretudo as espécies intolerantes à sombra que respondem principalmente à qualidade da luz, por meio de um alongamento extremo do tronco com prejuízo do desenvolvimento foliar, enquanto as plantas tolerantes, que concentram o seu esforço no desenvolvimento foliar, percebem principalmente o aspecto quantitativo do ensombramento.

Sabe-se que o aumento da proporção de vermelho longínquo, transmitido pelas folhas, é um sinal precoce de competição, podendo desencadear uma resposta de fuga ao ensombramento, mediada pelo fitocromio e que as plantas são também sensíveis, através dos fotoreceptores de luz azul ou UV-A aos gradientes horizontais de luz azul que indicam buracos existentes na vegetação que em conjunto influenciam extensivamente o seu desenvolvimento morfológico (Ballaré, 1999). Segundo os fabricantes, o efeito do abrigo branco de polipropileno na razão vermelho longínquo/ vermelho próximo é semelhante ao que se encontra naturalmente no sub-bosque, tendo como efeitos bem conhecidos, o estímulo da elongação do tronco, a inibição do desenvolvimento de ramos axilares (veja-se Morgan e Smith, 1981) e o aumento da área foliar.

Fogal *et al.* (1994) observaram em dois abrigos de polieteno razões substancialmente aumentadas de vermelho longínquo (700-800 nm)/vermelho próximo (600-700 nm) e de vermelho longínquo/azul(400-500 nm), as quais poderão ter afectado os níveis endógenos de giberelinas em plantas abrigadas de *Pinus banksiana* Lamb. o que contribuiria para explicar a alteração da sua resposta à aplicação de giberelinas exógenas ($GA_{4/7}$). Também Rendle (1985) observou respostas significativamente diferentes à aplicação de giberelinas exógenas (GA_3) em plantas de campo, de estufa e abrigadas de carvalhos (*Quercus robur*) sendo o crescimento em altura muito aumentado pela aplicação de giberelinas principalmente nas plantas crescendo na estufa, mas também nos abrigos enquanto que nas plantas de campo não produziu efeito significativo.

Finalmente, a incorporação de inibidores da radiação ultravioleta, necessários à protecção do plástico, afecta também a qualidade da luz interior, podendo presumivelmente ser benéfica para o desenvolvimento vegetal, assim mais preservado de danos potenciais, nomeadamente no ADN, provocados pela exposição à radiação ultravioleta (Britt, 1999; Ballaré, 1999). No entanto, a eliminação ou redução da radiação ultravioleta no interior dos abrigos poderá ter um efeito inibidor sobre as respostas de adaptação ao ensombramento mediadas pelo fitocromio pois tudo indica que a resposta morfogénica desencadeada por este fotoreceptor sensibilizado por níveis elevados de vermelho longínquo só se torna efectiva quando se regista concomitantemente uma absorção luminosa no criptocromo do foto-receptor de UVB (280-315 nm) (Mohr, 1997).

2.1.2. Temperatura do ar

Efeito de estufa e variações térmicas diárias

Os abrigos alteram profundamente o microclima no interior da envolvente plástica influenciando o desenvolvimento das plantas instaladas no seu interior de uma forma que em certos aspectos se assemelha à que ocorre numa estufa e noutros dela se diferencia. O fenómeno referido vulgarmente como "efeito de estufa" diz respeito à retenção da radiação de grande comprimento de onda emitida pela Terra, seja pelo vapor de água e dióxido de carbono atmosférico ou pelas paredes de uma estufa (Atkinson e Gadd, 1990). Numa estufa, que pode definir-se como um espaço simples, limitado por uma parede quase transparente à radiação solar, esta introduz perturbações nas transferências radiactivas e convectivas em relação ao ambiente natural. O "efeito de estufa" ou de "ratoeira" resulta do impedimento à saída da radiação térmica, a que a envolvente de plástico ou vidro, é parcialmente opaca, e da relativa estagnação do ar no interior, que inibe os processos de troca convectiva com o exterior e de transferência convectiva do calor sensível no interior da estufa (Silva, 1988).

Um abrigo individual, embora sob muitos aspectos possa funcionar efectivamente como uma mini-estufa com um efeito de ratoeira eventualmente acentuado, dependendo das características radiactivas do plástico envolvente, apresenta-se com características microclimáticas diferenciadas das de uma estufa no sentido comum do termo dada a maior razão Superfície envolvente/Volume delimitado. Para tal não serão alheios aspectos como a geometria, exiguidade do espaço interno e presença da abertura de topo. Assim, enquanto numa estufa a observação de temperaturas nocturnas do ar iguais ou inferiores às do exterior é pouco frequente (Silva, 1988), num abrigo individual ocorre normalmente, sendo as temperaturas do ar no interior normalmente inferiores às do exterior durante o período nocturno (Rendle, 1985; Tchente, 1987; Dias *et al.*, 1990).

Já durante o período diurno, dada a exiguidade do espaço interior e a mais elevada razão superfície envolvente/volume envolvido, esperar-se-ia que o "efeito de estufim" fosse mais acentuado que o efeito de "estufa" na elevação da temperatura do ar no seu interior. Sem ser conclusivo, um estudo efectuado em Inglaterra em que se compara a variação da temperatura do ar no interior de um abrigo e no interior de uma estufa num dia de Julho, não mostra, no entanto,

diferenças significativas no que diz respeito à variação da temperatura diurna, (Rendle, 1985).

A inversão de temperaturas no ar entre o interior de um abrigo e o ambiente, observada após o pôr e o nascer do Sol, poderá eventualmente explicar-se pelas diferentes propriedades térmicas do ar e das superfícies plásticas envolventes as quais, aquecendo e arrefecendo mais e mais depressa do que o ar, determinam as condições térmicas no interior do abrigo. Durante todo o período nocturno, a temperatura nos abrigos mantém-se relativamente estável e um pouco mais baixa que a ambiente enquanto durante o período diurno se observam aumentos importantes da temperatura no interior do abrigo, resultando, em média, uma temperatura diária mais elevada no interior dos abrigos do que no exterior (Rendle, 1985, Tchuente, 1987, Dias *et al.*, 1990).

No nosso clima, com uma temperatura média anual rondando os 15 C, a maior parte das árvores pode beneficiar do aumento da temperatura média diária. Particularmente as espécies esclerófilas mediterrânicas, nas quais se inclui o sobreiro, cujas temperaturas óptimas para a assimilação se situam entre os 20 e os 35 C (Larcher, 1992), podem beneficiar do aumento de temperatura proporcionado pelos abrigos. No entanto, os benefícios de um abrigo sobre o crescimento das plantas poderão ser inferiores aos de uma estufa. Rendle (1985) verificou, após uma estação de crescimento (entre Maio e Outubro), que a produção de biomassa em *Quercus robur* foi significativamente superior no interior de uma estufa do que no campo ou no interior de abrigos.

Amplitude térmica e temperaturas extremas

Para além do aumento da temperatura média, regista-se nos abrigos a elevação da temperatura máxima e a redução da mínima, resultando uma maior amplitude térmica diária e um risco aumentado de exposição das plantas a temperaturas extremas.

É sabido que a exposição a baixas temperaturas, reduz as taxas metabólicas, a produtividade, provocando danos nos tecidos foliares, a morte das folhas, a desfoliação podendo em casos extremos causar a secagem de toda a árvore, e subsequente morte em caso de danos irreparáveis (Larcher, 1981). Danos atribuíveis à exposição a baixas temperaturas no interior de abrigos foram

observados. Kittredge *et al.* (1992) em *Quercus rubra* registaram um aumento da mortalidade no interior de abrigos que atribuíram entre outras causas ao frio intenso. Kjelgren e Rupp (1997) observaram, no Utah, USA, a descoloração do cambio em plantas abrigadas de freixo (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh) e bordo norueguês (*Acer platanoides* L.), perda de vigor e secagem de alguns lançamentos da Primavera subsequente, no freixo, e secagem de todas as plantas abrigadas até ao nível do solo, no bordo. Os efeitos foram mais dramáticos no interior de um abrigo branco, onde vários bordos morreram, do que no interior de um abrigo castanho (Kjelgren *et al.*, 1997). Também na Califórnia, USA, Svihra *et al.* (1993), observaram durante uma geada mais severa a secagem dos ápices caulinares e folhas em plantas abrigadas de *Sequoia sempervirens* enquanto as testemunhas não eram afectadas.

No nosso clima, no entanto, o problema da ocorrência de temperaturas extremas propiciado pelo emprego de abrigos, colocar-se-á sobretudo relativamente às temperaturas máximas já que raramente se registam temperaturas muito baixas e que o abaixamento nocturno da temperatura do abrigo em relação à temperatura exterior é, em geral pequeno (não ultrapassando os 1-2 C) enquanto durante o dia se podem registar diferenças de 10-15 C e superiores entre o interior dos abrigos e o exterior. No entanto, temperaturas nocturnas negativas, mais baixas do que no exterior, foram observadas nos abrigos (Rendle, 1985, Tchuente, 1987, Dias *et al.*, 1990), podendo afectar negativamente as plantas. No caso do sobreiro, temperaturas abaixo dos -5 C são consideradas críticas (Natividade, 1950), mas a sua probabilidade de ocorrência no nosso clima, quer no interior de abrigos quer no exterior parece ser relativamente baixa. Com efeito, durante o período de estudo, só muito rara e pontualmente se registaram temperaturas inferiores a -5 C. É ainda de referir que nunca observámos a ocorrência de geada no interior dos abrigos apesar de termos observado com alguma frequência no exterior durante o Inverno.

Neste contexto, são as temperaturas elevadas que se registam nos abrigos, e não as baixas, as maiores causas de preocupação relativamente ao seu emprego no nosso clima. Mesmo no ameno Verão inglês temperaturas alarmantes, superiores a 48 C são referidas no interior de abrigos (Tuley, 1983; Evans e Potter, 1985), associadas a danos foliares, descoloração de alguma folhagem e secagem de ápices caulinares nas plantas abrigadas (Tuley, 1983). Svihra *et al.* (1993) observaram

igualmente danos causados por elevadas temperaturas durante o Verão quente da Califórnia nos ápices caulinares e folhas viradas a Sudoeste de plantas abrigadas de *Sequoia sempervirens*, enquanto as plantas testemunha não eram afectadas; embora posteriormente as plantas danificadas recuperassem, o crescimento foi reduzido nos abrigos. No sobreiro danos foliares irrecuperáveis são de esperar a partir dos 47 C (Dias *et al.*, 1992) e temperaturas superiores foram registadas em todos abrigos ao meio do dia durante o Verão. No entanto, nas experiências realizadas com plantas envasadas em que foi fornecida irrigação durante os períodos de reduzida ou nula pluviosidade (capítulo 3 e 4) não se observaram, apesar das elevadas temperaturas registadas, danos foliares extensivos nas plantas abrigadas. Já nas plantas abrigadas, não irrigadas instaladas num ensaio de campo (capítulo 5) foram observados danos foliares extensivos nalgumas plantas, envolvendo nalguns casos a secagem de toda a parte aérea (Dias *et al.*, 1991). Estes resultados não se estranham pois no Verão seco mediterrânico as elevadas temperaturas estão normalmente associadas a condições de défice hídrico, podendo tornar-se obviamente problemática a conjugação destas circunstâncias. Kelgren e Rupp (1997a) notam que o ambiente no interior de abrigos se pode tornar semelhante ao de um forno se sob elevada irradiância e temperatura a disponibilidade hídrica for reduzida.

Gradientes Térmicos

Segundo observações de Tchuente (1987) efectuadas em abrigos vazios de várias cores (verdes, castanhos e translúcidos), não arejados de polipropileno com 1.20 m de altura, a temperatura diurna é geralmente mais baixa junto à base (a 10 cm de altura) do que no cimo dos abrigos (a 1 m de altura) e o contrário ocorre durante o período nocturno. Durante períodos estivais muito quentes, no entanto, foram observadas temperaturas mais elevadas junto à base do que no cimo dos abrigos entre as 11 e as 17 horas. A diferença de temperaturas entre a base e o cimo mostrou-se mais importante no Inverno (-7 C) do que no Verão (+1 C). Também as diferenças na amplitude térmica diária entre a base e o cimo dos abrigos são mais acentuadas no Inverno que na Primavera e Verão, sendo, no Inverno, superiores no cimo (32 C) que na base (24 C), mas na Primavera e Verão ocorre o contrário e a amplitude térmica passa a ser mais elevada (mas muito pouco) na

base do abrigo (26.5 e 33 C) do que no cimo (25 e 31.5 C).

2.1.3. Humidade

Alteração da Humidade Relativa do ar

A alteração deste parâmetro micrometeorológico pelos diferentes abrigos parece ser a mais variável. Para esta variação poderão contribuir de forma fundamental uma série de factores como sejam a presença ou ausência de uma planta no interior do abrigo, o volume relativo ocupado pela planta no interior do abrigo, a disponibilidade hídrica no solo e planta, a área transpirante inclusa e a taxa de transpiração.

Durante a noite a humidade relativa observada no interior dos abrigos é sempre superior à observada no exterior (Rendle, 1985; Tchuente, 1987; Dias *et al.*, 1991). É durante o dia que se observam diferentes resultados. Rendle (1985) observa valores diurnos mais elevados da humidade relativa do ar no interior dos abrigos, mesmo no Verão e com temperaturas mais elevadas no interior do abrigo. No entanto, isto ocorre num abrigo totalmente ocupado por uma planta (*Quercus robur*), que já o ultrapassava em altura, estando os sensores colocados entre a folhagem. Quando ocupado por uma pequena planta, com aproximadamente 30 cm de altura, a humidade relativa no interior do abrigo era praticamente idêntica (ligeiramente superior) à ambiente. Burger *et al.* (1992) e Svihra *et al.* (1993), em determinações pontuais, observaram humidades relativas mais elevadas no interior de abrigos ocupados com plantas de *Cedrus deodara* Loud., *Quercus ilex* L. e *Magnolia grandiflora* L., do que no exterior (82% vs. 61%) apesar das temperaturas interiores serem igualmente mais elevadas (32C vs. 29C). Minter *et al.* (1992), em determinações pontuais efectuadas durante o Verão, a meio da manhã, meio do dia e meio da tarde observaram humidades relativas superiores, no interior de dois tipos de abrigos arejados, ocupados com carvalhos (northern red oak), onde surpreendentemente não registaram diferenças de temperatura em relação ao exterior. Bergez e Dupraz (1997), em quatro períodos durante a Primavera Verão observam menores défices de pressão de vapor no interior de abrigos, ocupados com cerejeiras (*Prunus avium* L.) com um ano, durante o

período diurno. Kjelgren (1994), Kjelgren e Rupp (1997a) e Kjelgren *et al.* (1997), em determinações efectuadas em dois dias durante o Verão, observaram igualmente menores défices de pressão de vapor no interior dos abrigos contendo plantas de *Gymnocladus dioica* (L.)K. Koch, *Acer platanoides* L. e *Fraxinus pennsylvanica* Marsh do que no exterior, apesar das temperaturas mais elevadas no interior dos abrigos. Pelo contrário, Tchuente (1987) observa durante a Primavera e Verão humidades relativas diurnas do ar mais baixas no interior de abrigos, associadas a temperaturas mais elevadas do que as exteriores, mas neste caso trata-se de abrigos vazios. Apesar disso, as humidades relativas são mais elevadas no interior dos abrigos durante o período nocturno.

Evans e Potter (1985) consideram que a manutenção de uma humidade relativa elevada é provavelmente o factor microclimático mais importante no interior de um abrigo para favorecer o crescimento das plantas. Esta observação porém, não parece ser fundamentada em factos. Experiências relatadas por Tuley (1985) parecem indicar precisamente o contrário. O "pai dos abrigos" verifica que o crescimento de plântulas de *Q. petraea* no interior de abrigos com a mesma altura (1.20 m) mas diferentes volumes internos (variando entre 6 e 24.1 l) não é significativamente afectado e apesar da humidade não ter sido medida no interior destes abrigos, parece provável que tenha variado de forma importante. A manutenção de uma humidade relativa elevada, aumentando a resistência à difusão do vapor de água entre a folha e o ar pode explicar as reduzidas taxas de transpiração associadas a baixas resistências estomáticas observadas em diversas espécies no interior de abrigos (Kjelgren, 1994; Kjelgren e Rupp, 1997a; Bergez e Dupraz, 1997) podendo ainda, o resultante uso mais conservativo da água, explicar o aumento da sobrevivência e o atraso do stress hídrico observado em plantas abrigadas de *Quercus alba* L. durante a estação seca no sudoeste do Illinois (Kjelgren *et al.*, 1994). Em experiências realizadas na Califórnia, Svihra *et al.* (1993) verificaram que plantas abrigadas de *Sequoia sempervirens* que receberam 1 l de água de duas em duas semanas cresceram significativamente mais do que plantas testemunha e abrigadas que receberam o dobro da água, as quais não diferiam entre si após uma estação de crescimento. Também Hammatt (1998), verificou, após uma estação de crescimento que só as plantas não abrigadas de *Prunus avium* beneficiavam da irrigação aplicada.

A manutenção de elevado potencial hídrico nos tecidos é uma condição

importante para o crescimento das plantas (Hsiao, 1973; Bradford e Hsiao, 1982), no entanto, apesar da reduzida taxa de transpiração e elevadas humidades (reduzidos Défices de Pressão de Vapor) observados no interior dos abrigos Kjelgren (1994) e Kjelgren e Rupp (1997a) observaram Ψ 's inferiores, de madrugada, em plantas abrigadas, relativamente às testemunha, tanto com como sem irrigação.

A disponibilidade hídrica do solo é, certamente outro factor que condicionando a transpiração da planta influencia a humidade do ar no abrigo. Kjelgren e Rupp (1997a) observaram diferenças de temperatura e humidade importantes no interior de abrigos contendo plantas de freixo (*F. pennsylvanica*) irrigadas e não irrigadas. Estes autores constataram também que quando as disponibilidades hídricas são realmente muito reduzidas, a humidade no interior dos abrigos reduz-se mais que no ambiente exterior e as plantas abrigadas ficam sujeitas a um maior stress hídrico que as testemunha.

Ocorrência de condensação, orvalho e geada

Como referimos, nunca observámos a ocorrência de geada no interior dos abrigos apesar de constataros por diversas vezes a sua ocorrência no exterior durante o Inverno. Aparentemente os abrigos impedem a formação de geada no seu interior, apesar da temperatura do ar ser mais baixa e da humidade relativa mais elevada. Esta observação poderá explicar-se possivelmente pela criação de uma superior tensão de vapor de água no interior dos abrigos. Tchuente (1987) refere que não observou a formação de orvalho (foram utilizados captadores de orvalho) no interior de abrigos, apesar de considerar serem as condições de humidade e temperatura mais propícias à condensação no interior do que no exterior.

A condensação diurna do vapor de água nas paredes internas dos abrigos é, pelo contrário, um fenómeno relativamente frequente e por nós observado dele se encontrando várias referências na literatura. Svihra *et al.* (1993), observam às 2 pm., a ocorrência de condensação nas paredes internas de abrigos com jovens plantas de *Sequoia sempervirens* numa das experiências que realizaram, em Lafayette, Indiana. Kjelgren (1994) refere também a ocorrência de condensação diurna no interior de abrigos, explicada pela ocorrência simultânea de superiores temperaturas e concentrações de vapor de água no interior dos abrigos, e da qual

resultam pequenos decréscimos da temperatura do ar no interior dos abrigos.

2.1.4. Vento

A redução do movimento do ar é um dos componentes fundamentais do efeito de estufa limitando as trocas convectivas com o exterior e no interior da própria estufa (Silva, 1988), o que se aplica também aos abrigos. Velocidades muito baixas do vento (inferiores a 1 m s^{-1}) foram observadas e responsabilizadas pelo aumento da resistência da camada limite à difusão do vapor de água, que em conjunto com a elevada humidade, explicaria as reduzidas taxas transpiratórias observadas no cafeeiro de Kentucky (*Gymnocladus dioica*) no interior de abrigos, apesar das mais elevadas condutâncias foliares (Kjellgren, 1994). Bergez e Dupraz (1997) que obtiveram resultados semelhantes em cerejeiras abrigadas, atribuem igualmente a elevação da resistência da camada limite (10 vezes superior à do exterior), à reduzida velocidade do ar que foi calculada em $0.003\text{-}0.002 \text{ m s}^{-1}$ (a partir da taxa de ventilação), em conjunto com a elevada humidade no interior dos abrigos.

Experiências efectuadas por Neel e Harris (1971, 1972) mostraram que a agitação de plântulas de *Liquidambar styraciflua* L., simulando o efeito do vento, provocavam uma redução do crescimento em altura, estímulo do crescimento radial e afunilamento do tronco, relativamente a plântulas não agitadas. Estes efeitos, bem como a maior resistência mecânica das plantas desenvolvidas ao vento, podem ser atribuídos basicamente à redução da elongação celular e desenvolvimento de paredes celulares mais espessas sem que o número de células seja afectado ao longo do eixo caulinar. O aumento do crescimento radial sob estimulação mecânica é atribuído, por sua vez, a ligeiros aumentos de diâmetro de algumas células em conjunto com divisão celular lateral. Possivelmente os efeitos do vento serão regulados através da produção de etileno, que sendo estimulada inibiria o transporte basipetal de auxinas e a elongação do caule (veja-se Nobel, 1981). Assim a ausência de vento poderá contribuir para o estímulo do crescimento em altura, redução do crescimento radial e do afunilamento do tronco, bem como pela redução da resistência mecânica dos caules comumente observados em plantas abrigadas.

É ainda de referir que os abrigos podem ser particularmente úteis na protecção contra os danos mecânicos e abrasão provocados pelo vento (Bainbridge, 1994) a

qual pode ser essencial para o estabelecimento das plantas em ambientes ventosos e secos (Nobel, 1981; Bainbridge, 1994). Porém, em locais ventosos a emergência do abrigo pode tornar-se traumática (Mayhead e Price, 1998) sendo grande o risco de malformações pós-emergência causadas pelos ventos dominantes (Burger *et al.*, 1996).

2.1.5. Concentração de CO₂

Vários autores observaram concentrações de CO₂ mais elevadas no interior de abrigos do que no exterior (Evans e Potter, 1985, Rendel, 1985, Frearson e Weiss, 1987, Mayhead e Jones, 1991, Burger *et al.*, 1992, Mayhead e Jenkins, 1992, Minter *et al.*, 1992, Svihra *et al.* 1993). Frearson e Weiss (1987) constataram que plantas de cerejeira abrigadas em abrigos selados ou seja, abrigos com a base rodeada por um montículo de solo com 5-7 cm de altura, cresceram duas vezes mais (deduz-se que em altura) ao fim de uma estação de crescimento do que plantas em abrigos não selados. Os autores atribuíram basicamente as diferenças observadas no crescimento das plantas às diferenças na concentração de CO₂ entre abrigos selados e não selados, embora outros factores como a temperatura e o movimento do ar nos abrigos tenham variado.

Os trabalhos de Evans e Potter (1985), Frearson e Weiss (1987), e Mayhead e Jones, (1991) mostram que a respiração microbiana do solo é a principal fonte de CO₂ no interior dos abrigos, onde se observam gradientes de concentração decrescente com a altura. A concentração de CO₂ tende a ser mais elevada durante o dia apesar da planta abrigada estar a usá-lo na fotossíntese, quando a temperatura é mais elevada e a taxa de respiração também (Mayhead e Jones, 1991).

No entanto, em trabalhos mais recentes, observaram-se, pelo contrário, no interior de abrigos, níveis de CO₂ mais reduzidos que os ambientais. Peterson *et al.* (1995) observaram ligeiros decréscimos da concentração de CO₂ no interior de abrigos com e sem orifícios de arejamento, contendo plantas de *Quercus rubra* e *Acer platanoides* na segunda estação de crescimento. Dupraz (1997a) refere que num abrigo sem orifícios de arejamento contendo uma jovem cerejeira (*Prunus avium*) o conteúdo em CO₂ é fortemente reduzido durante o dia, descendo rapidamente a sua concentração após o aparecimento do Sol, para níveis inferiores



ao ponto de compensação pelo que a assimilação de carbono é impedida. Para Dupraz (1997a) a dissemelhança destes resultados com as observações anteriores de elevadas das concentrações de CO₂ no interior de abrigos, poderá dever-se a assimilações líquidas negativas na altura em que as amostras foram recolhidas ou a eventuais contaminações pela respiração (dos investigadores) das amostras retiradas dos abrigos. É igualmente possível que em abrigos contendo plantas menores ou com menor área foliar ou taxas fotossintéticas inferiores o balanço entre o CO₂ libertado na respiração microbiana ao nível do solo e o consumido na fotossíntese se possa manter positivo no interior dos abrigos.

A verificarem-se, as elevadas concentrações de CO₂ poderiam favorecer a fotossíntese no interior dos abrigos já que a concentração ambiente de CO₂ é normalmente limitante para as plantas C₃ (Raven e Glidewell, 1981) e para as árvores em particular (Teskey e Shrestha, 1985) sobretudo a elevadas temperaturas (Björkman, 1981b). Com concentrações elevadas de CO₂ podem esperar-se, de modo geral, aumentos da fotossíntese e crescimento das plantas C₃ (Bowes, 1993), os estomas tendem a fechar-se o que tem um efeito positivo na eficiência do uso da água e tem sido considerado como um dos mais importantes efeitos benéficos da elevação do CO₂ (Ceulemans e Mousseau, 1994).

No sobreiro, Damesin *et al.* (1996) observaram um aumento de 97% da produção de biomassa após 4 meses de crescimento com CO₂ elevado, porém Pereira e Chaves (1997) verificaram que o aumento da produção de biomassa em plantas desenvolvidas com CO₂ elevado desaparecia na segunda estação de crescimento, após 15 meses. O descréscimo das taxas de crescimento, após uma longa exposição a elevadas concentrações de CO₂ é frequentemente observado em árvores (Lee e Jarvis, 1995; Norby *et al.*, 1995) estando possivelmente associada a limitações impostas pela disponibilidade foliar de azoto (Long *et al.*, 1995) ou pela acumulação de carboidratos sob elevado CO₂ (Oosten e Besford, 1995). No entanto, em condições de campo, em que se pode prever uma micorrização generalizada das árvores, a manutenção de taxas fotossintéticas mais elevadas com CO₂ elevado, no interior de um abrigo, poderá ser possível graças à conjugação de uma nutrição melhorada com um aumento da demanda de carboidratos nas raízes (veja-se Lovelock *et al.*, 1997).

2.1.6. Influência da presença de uma planta

O sistema abrigo-planta é um sistema interactuante. Se o abrigo altera o microclima influenciando o desenvolvimento da planta abrigada, também esta, pela sua presença transpirante, altera o microclima que por sua vez a influencia e assim sucessivamente. Em princípio, quanto maior for a proporção do volume interno do abrigo ocupado pela planta, quanto maior for a sua área foliar e taxa transpiratória, maior influência da planta no microclima do abrigo se poderá esperar.

Frearson e Weiss (1987) observaram pouco movimento do ar no interior de abrigos que continham uma árvore e estavam selados na base mas abrigos vazios e não selados na base mostravam-se extremamente ventosos.

Estudos da variação de temperatura efectuados (durante dois dias) com e sem planta em abrigos com um coeficiente de ensombramento superior a 75%, mostraram a existência de diferenças significativas atribuíveis à presença da planta, no caso o cafeeiro de Kentucky (*Gymnocladus dioica*), a radiações de intensidade superior a $900 \text{ Wm}^{-2}\text{s}^{-1}$, as temperaturas a meio do dia no interior de abrigos sem planta eram mais elevadas que nos abrigos ocupados (1 a 2 C no campo e 2 a 6 C em vaso), enquanto o Défice de Pressão de Vapor (DPV) era substancialmente reduzido pela presença de uma planta (de 2.5-3.0 kPa para cerca de 1 kPa) (Kjelgren, 1994).

Noutros trabalhos (Kjelgren e Rupp, 1997a) encontraram diferenças importantes na temperatura e humidade no interior de abrigos contendo plantas irrigadas e não irrigadas. Nas primeiras a temperatura do ar no interior do abrigo era 5 C superior à do exterior, nas segundas, onde a transpiração era muito reduzida, a diferença de temperatura relativamente ao exterior elevou-se para 13 C e o DPV de 0.8-1.3 nos abrigos contendo plantas irrigadas para 2-3 kPa nos contendo plantas não irrigadas.

2.2. Materiais e Métodos

2.2.1. Os abrigos

Quando este estudo se iniciou, não eram ainda normalmente comercializados em

Portugal abrigos individuais de material plástico. Actualmente existem vários modelos disponíveis no mercado, alguns dos quais foram usados neste estudo.

Uma grande variedade de plásticos pode ser usada no fabrico de abrigos, desde que permita suficiente transmissão luminosa (Tuley, 1983, 1984, 1985). A adição de um protector contra a radiação ultravioleta é considerada indispensável (Tuley, 1984, 1985) para assegurar aos abrigos a durabilidade mínima pois sem inibidor o plástico torna-se quebradiço num ano podendo então partir-se como um biscoito (Tuley, 1984). No primeiro Ensaio com plantas instaladas ao ar livre em contentores de grandes dimensões (capítulo 3) montado simultaneamente com a instalação de um Ensaio de Campo (capítulo 5), privilegiaram-se os contrastes. Utilizaram-se dois modelos de abrigo claramente distintos, fabricados em materiais diferentes, com forma e dimensões também diferentes. Designámos um de Abrigo Baixo e o outro de Abrigo Alto ou Abrigo Castanho.

Num segundo Ensaio com plantas envasadas realizado posteriormente (capítulo 4), foram privilegiadas as semelhanças, de forma a podermos tentar compreender o efeito de alguns factores como a cor do abrigo e a presença ou ausência de arejamento. Optou-se por manter o Abrigo Alto ou Castanho, fabricado num material mais resistente, basicamente porque sendo mais alto era também mais apropriado aos nossos objectivos, permitindo manter por mais tempo o estímulo de crescimento em altura das plantas. Seleccionou-se então um outro abrigo confeccionado no mesmo material do Abrigo Castanho, com forma e dimensões idênticas, que dele só diferia na cor, Branca, leitosa e no facto de dispor de orifícios laterais para arejamento, que designámos como Branco Aberto. Na figura 2.1 apresenta-se uma representação esquemática deste abrigo e dos referidos anteriormente. Com a aplicação a ambas as faces de uma película autocolante retirou-se o arejamento lateral a este abrigo, utilizando-se o Abrigo Branco Fechado como modalidade de estudo que nos permitiria perceber por comparação com o Abrigo Branco Aberto o efeito da presença dos orifícios laterais, e por comparação com o Abrigo Castanho o efeito da cor no microclima do abrigo e no crescimento dos jovens sobreiros no seu interior.

Abrigo Baixo

O Abrigo Baixo (Gro-Cone, Acorn Planting Products, UK) é confeccionado em

PVC transparente, fumado e maleável, com sensivelmente 0.1 mm de espessura, apresentando uma rede incorporada, também de PVC (veja-se figura 2.2a). Os fios que formam a rede agrupam-se em feixes de cor castanha não totalmente opaca. A largura das linhas varia entre 1-3 mm sendo a sua espessura sensivelmente de 0.1 mm a adicionar à da placa de PVC em que se incorpora. No seu conjunto as linhas assim formadas organizam-se num reticulado ortogonal de malha irregular composto por rectângulos cujos lados variam sensivelmente entre 0.5 e 1.0 cm.

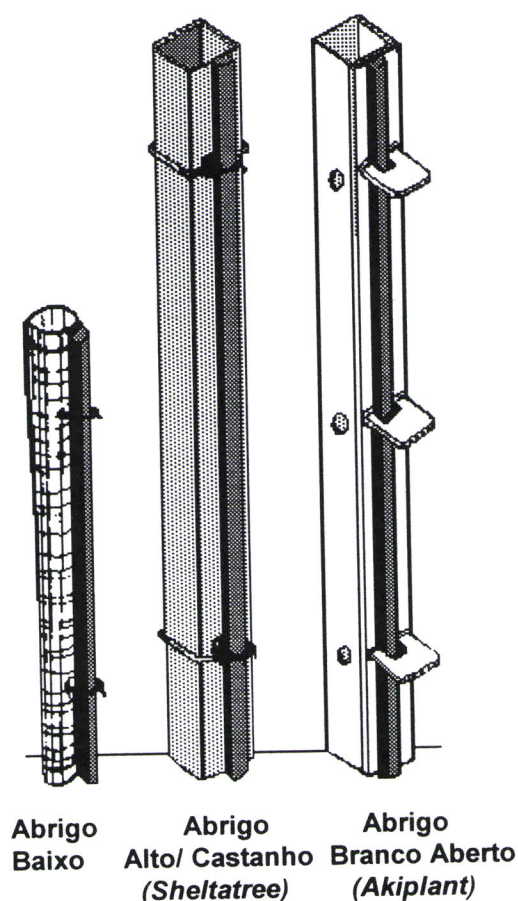


Figura 2.1 Representação esquemática de alguns dos abrigos usados.

Com 0.75 m de altura, tem uma forma sobre o cónico muito distendida com uma secção circular que vai alargando de modo muito suave a partir da base, com 6 cm de diâmetro, até ao topo com 8 cm de diâmetro (cone invertido). Esta forma terá sido aplicada aos abrigos a fim de possibilitar um alargamento progressivo da copa à medida que a jovem árvore abrigada vai crescendo em altura. A abertura de topo

mais larga favorece ligeiramente as trocas com o exterior comparativamente com outros abrigos cónicos (não invertidos) desenvolvidos de forma a reduzir a área de troca e contacto com o exterior e maximizar a retenção da humidade, calor e elevada concentração de CO₂, bem como de aumentar a área de colecta do CO₂ (veja-se Mayhead e Jones, 1991).

O Abrigo Baixo dispõe de seis pequenos orifícios circulares, com 8 mm de diâmetro, destinados à introdução de atilhos para prender o abrigo a uma estaca de sustentação. Dispostos naturalmente aos pares, estes orifícios encontram-se afastados 2.5 cm entre si, numa posição simétrica relativamente à "costura" longitudinal do abrigo. Os pares de orifícios encontram-se a três alturas: 14.5, 54.5 e 60.0 cm tomando como referência a base do abrigo.

Tal como todos os outros abrigos é necessária uma estaca rígida para conferir uma firme sustentação ao abrigo. Utilizaram-se estacas em madeira de pinho tratada com 0.9 m de altura que foram colocadas exteriormente ao abrigo, a norte da planta abrigada de forma evitar ensombrá-la.

Abrigo Alto ou Castanho

O Abrigo referido como Alto ou Castanho (Sheltatree, Somerford, UK) é construído em polipropileno canelado, alveolar, translúcido de um castanho suave, paralelepípedo com 1.20 m de altura e secção quadrada com 8 cm de lado, sendo desprovido de orifícios laterais (veja-se figura 2.2b). Na realidade trata-se de uma placa de polipropileno com alguma rigidez, dobrada de forma a construir um paralelepípedo e sobreposta, alguns centímetros, sobre uma das faces de forma a fechar-se sobre si mesma. A zona de sobreposição fica junto a uma aresta e é agafada. O polipropileno canelado, alveolar é considerado o melhor material para o fabrico de estufins que devem durar pelo menos cinco anos (Tuley, 1983).

A fixação a uma estaca de suporte, em madeira de pinho tratada, com 1.50 m de altura foi feita em dois pontos, por meio de um sistema envolvendo abraçadeiras de arame rígido que abraça externamente o abrigo. Estas abraçadeiras têm um fecho de material plástico, negro que impõe uma certa distância entre o abrigo e a estaca, acoplado a atilhos também plásticos (figura 2.1), muito resistentes que prendem as ferragens-abraçadeiras à estaca de suporte mantendo-se assim o abrigo numa posição vertical.



Figura 2.2. Jovens sobreiros crescendo no interior **a.** do Abrigo Baixo (Gro-Cone) e **b.** do Abrigo Alto ou Castanho (Sheltatree).

Abrigo Branco Aberto

O Abrigo Branco Aberto, de fabrico francês (Akiplant, Beghin Say), é também paralelepédico em polipropileno canelado, alveolar, com 1.20 m de altura (abstivemo-nos de dobrar a parte superior, procedimento que evitaria o risco de abrasão do tronco por fricção no abrigo após emergência das plantas), e secção quadrada com 8 cm de aresta. A cor do abrigo a que para simplificar chamamos branco poderia classificar-se com mais exactidão como creme, ou marfim.

Este abrigo dispõe de um sistema incorporado para fixação à estaca de suporte, implicando a sobreposição numa das faces do abrigo, chamemos-lhe costas, de duas placas de polipropileno canelado. Para facilitar o arejamento e a dissipação de calor por meio de trocas convectivas com o exterior, o abrigo dispõe de oito orifícios circulares com 2 cm de diâmetro, que estão presentes em todas as faces menos nas costas (figura 2.1).

Na face oposta às costas, chamemos-lhe frente, existem dois destes orifícios, dispostos na linha mediana longitudinal, afastados de 32 cm e colocados a 42 cm e 74 cm de altura num abrigo colocado na vertical. As duas faces laterais dispõem de três orifícios de arejamento, igualmente alinhados sobre a mediana longitudinal e afastados entre si de 32 cm. Quando o abrigo é colocado na vertical os orifícios de arejamento ficam colocados a 25, 59 e 93 cm de altura. A disposição dos orifícios de arejamento é assim desalinhada entre as faces adjacentes do abrigo e alinhada, em posição idêntica, entre faces opostas.

Abrigo Branco Fechado

O Abrigo Branco Fechado é em tudo semelhante ao Abrigo Branco Aberto exceptuando que neste abrigo não existem orifícios de arejamento em resultado da aplicação ao Abrigo Branco Aberto de faixas de película adesiva transparente de um e outro lado da parede do abrigo envolvente dos orifícios de forma a tapá-los completamente. O recurso a este procedimento artesanal tornou-se necessário pois apesar de serem fabricados Akiplant's não arejados não nos foi possível adquiri-los.

2.2.2. Caracterização do local dos estudos

Localização

Efectuaram-se dois ensaios com plantas instaladas ao ar livre em contentores de grandes dimensões em que se procedeu à monitorização do microclima no interior dos abrigos contendo um jovem sobreiro e no exterior, junto a uma planta testemunha. O local dos ensaios situa-se sensivelmente a 38° 32' latitude Norte, 8° 01' longitude Oeste, e 214 m de altitude, na Horta da Herdade da Mitra, freguesia de N^a Sr.^a da Tourega, junto à povoação de Valverde, Concelho e Distrito de Évora, a que corresponde a Carta Militar nº 459 (SCEP, 1976).

Os ensaios foram instalados num talhão com aproximadamente 500 m², sensivelmente plano, localizado em situação marginal na Horta murada da Herdade da Mitra (figuras 2.3 e 2.4).

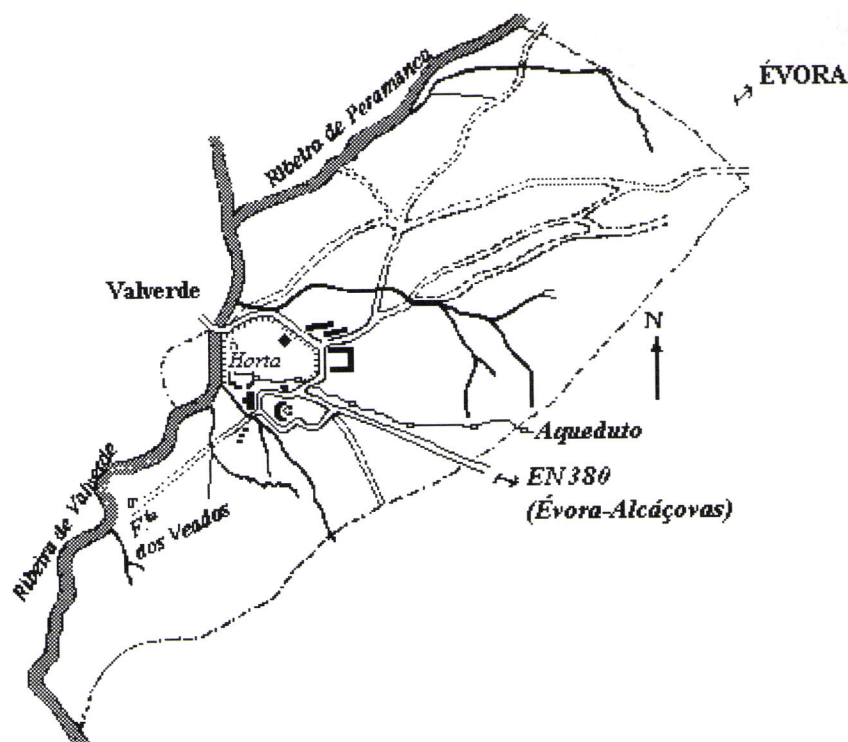


Figura 2.3 Mapa da Herdade Experimental da Mitra na escala 1:25 000 onde se pode ver a localização da Horta murada e se assinala (♦) o local onde decorreram os ensaios.

A Herdade da Mitra encontra-se a uma distância de aproximadamente 9.6 Km em linha recta, a Sudoeste da cidade de Évora (IGC, 1977) e confronta com a Serra Pedrosa (altitude máxima 418 m) da qual está separada pela ribeira de Valverde.

Conforme se poderá suspeitar por observação da fotografia reproduzida na figura 2.4, pela sua exposição, o talhão onde se instalaram os ensaios e se efectuou a monitorização das condições micrometeorológicas no interior e exterior dos abrigos, é relativamente abrigado.



Figura 2.4 Aspecto do Ensaio 2 e da paisagem circundante em Dezembro de 1992. Destaca-se o muro da Horta que encobre a estrada para a povoação de Valverde. Em primeiro plano os telhados do Convento do Bom Jesus de Valverde também conhecido como Conventinho.

A Nordeste o muro que encerca toda a Horta, separa o local do ensaio da estrada que liga a povoação próxima de Valverde ao Conventinho e restantes instalações do Núcleo da Mitra da Universidade de Évora, conduzindo por outro lado à estrada Évora-Alcáçovas (Nacional 386). A Sudoeste do local dos estudos, encontra-se uma vala de escoamento pouco profunda que separa o local de ensaio dos terrenos mais alagadiços situados num plano ligeiramente inferior. Estes, confinam com um caminho ladeado de amoreiras, a partir do qual e progredindo para Oeste o terreno se vai elevando até ao aqueduto que delimita a Horta. Do lado Norte um grupo de sobreiros e oliveiras constituem uma barreira contra o vento predominante. A Sul, encontra-se um grupo de árvores altas que juntamente com alguns arbustos e um canavial denso formam quase um cercado que rodeia o

poço com cuja água se abasteceram as plantas durante os períodos de déficit de pluviosidade. A disposição destas "fronteiras" naturais bem como o facto da parte da horta situada a Oeste ser relativamente mais elevada do que o talhão do ensaio tornam o local deste relativamente protegido do vento. Na figura 2.5 apresenta-se uma vista do Ensaio 2 tomada de Norte.



Figura 2.5 Aspecto do Ensaio 2, visto de Norte em Dezembro de 1992.

A opção por este local para instalação dos ensaios teve em consideração: **(a)** A sua situação acessível na Herdade da Mitra cujos serviços técnicos poderiam apoiar, nomeadamente na preparação do terreno e na colocação de estruturas de apoio, entre outros aspectos, **(b)** a existência de condições mínimas de segurança para os aparelhos que era necessário instalar e **(c)** a existência de um poço próximo com disponibilidade hídrica para assegurar a rega das plantas instaladas quando necessário.

Caracterização climática

Segundo a classificação de Koppen o clima da região é mesotérmico húmido com a

estação seca durante o Verão quente. Pela classificação de Thornthwaite, considerando a evapotranspiração potencial, o clima é 2º mesotérmico ou temperado, com eficácia térmica pequena ou nula durante o Verão, sendo quanto ao índice hídrico, um clima sub-húmido com grande déficit de água no Verão (Reis e Gonçalves, 1987)

Na figura 2.6 pode observar-se a variação mensal dos valores médios da temperatura diária do ar e da pluviosidade média acumulada nos doze meses do ano, segundo os registos das estações meteorológicas activas na região de Évora, referentes a um período de trinta anos, compreendido entre 1941 e 1970. Os diagramas termopluiométricos da figura 2.6, construídos conforme Walter e Lieth (1960, 1964, 1967) citados por Duvigneau (1977) a partir de dados apresentados por Reis e Gonçalves (1987), mostram que na região de Évora o período seco (em que a média mensal das precipitações acumuladas, expressa em milímetros é igual ou inferior ao dobro da temperatura média expressa em graus centígrados), dura aproximadamente quatro meses, prolongando-se de meados de Maio a meados de Setembro. A temperatura média mensal do ar varia entre os 8.2 - 9.0 C e os 23.0 - -23.6 C sendo Janeiro e Dezembro os meses mais frios e Julho e Agosto os mais quentes. A média mensal das temperaturas mínimas ao longo do ano é sempre superior a 0 C, porém o mínimo absoluto cai abaixo dos 0 C, com possibilidade de ocorrência de geadas, entre Novembro e Março inclusive, nas estações da Mitra e Currais, e na estação de Évora entre Dezembro e Março conforme indicam as bandas colocadas às abcissas. A média anual da temperatura (calculada a partir das temperaturas médias mensais) na Mitra, 15.4 C, é ligeiramente inferior à de Évora e Currais, com a precipitação média, que ronda anualmente os 700 mm, apresentando picos em Janeiro, Março e Novembro. Na tabela 2.1 resumem-se alguns parâmetros meteorológicos que ajudam a caracterizar o clima da região no mesmo período.

Comparando a Estação da Mitra com as de Currais e Évora, verifica-se que em média, o número de dias de nebulosidade baixa é mais elevado na Mitra do que nas outras duas estações, podendo esperar-se por ano cerca de 161 dias de céu praticamente limpo. A Humidade relativa do ar só pode ser comparada entre as estações de Mitra e Currais, já que as determinações em Évora foram efectuadas a outra hora, sendo a HR média às 9 UTC inferior na Mitra. A ocorrência de

nevoeiro é também mais rara na Mitra do que nas duas outras estações, reduzido-se em média a 13 dias por ano.

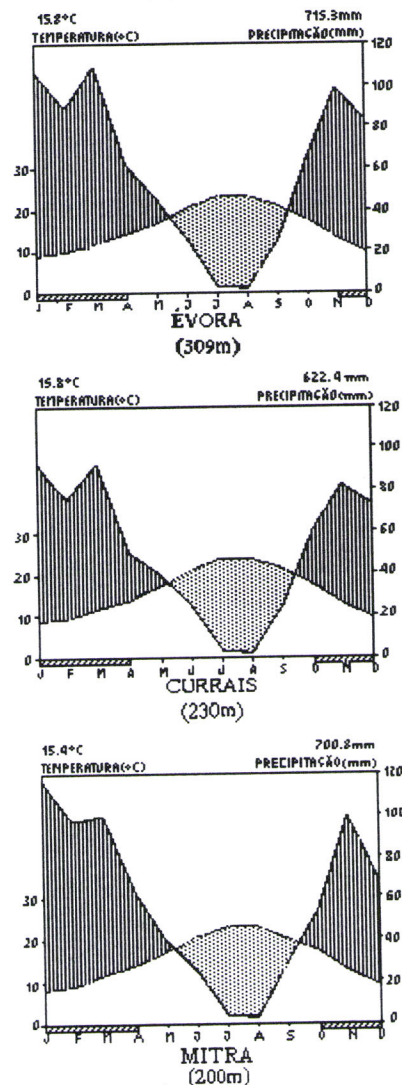


Figura 2.6 Diagramas termopluviométricos segundo Walter e Lieth (1960, 1964, 1967) citados Duvigneaud (1977), referentes às estações climatológicas de Évora (38° 34' N, 7° 54' W), Currais (38° 31' N, 7° 47' W) e Mitra (38° 32' N, 8° 1' W) para o período de 1941-1970. Dados de Reis e Gonçalves (1987). A pontilhado assinala-se o período seco e a tracejado o húmido.

A ocorrência de nevoeiro e também de orvalho, pode contribuir para aumentar a humidade da camada superficial do solo e permitir a absorção foliar de água pelas plantas (Reis e Gonçalves, 1987) mas em climas húmidos estes factores carecem de

importância para a vegetação e agricultura daí que haja pouca informação sobre a quantidade de água assim cedida ao solo (Viers, 1975). Sendo, por outro lado propiciadores do surgimento de problemas fitossanitários, tendem a ser olhados como mais negativos que positivos (Wal, 1978; Reis e Gonçalves, 1987). Na Mitra, o número médio de dias no ano em que se forma orvalho pode considerar-se mediano no Alentejo assim como o de Évora, embora este seja relativamente mais baixo. Já em Currais se regista uma grande incidência de orvalho, que é a maior em toda a região.

Na zona de Évora, como em todo o Alentejo, o vento predominante é do quadrante Norte, particularmente de Noroeste. Porém, durante o Inverno os ventos e rajadas mais fortes fazem-se sentir de Sudoeste acompanhados de chuva. A velocidade média dos ventos predominantes é inferior na Mitra, que apresenta também uma maior incidência de períodos de calma, em que a velocidade do vento é inferior a 1 Km h⁻¹. Porém, é também na Mitra que se regista uma maior incidência de ventos fortes com velocidade superior a 55 Km h⁻¹.

Parâmetro	Unidade	ÉVORA	CURRAIS	MITRA
Humidade Relativa às 9UTC	(%)	82*	77	72
Nebulosidade >8/10	nº dias	104.9	79.2	92.8
Nebulosidade <2/10	nº dias	120.9	154.8	161.2
Nevoeiro	nº dias	43.9	21.9**	13.3
Vento predominante	direcção	NW30.3%	NW22.1%	NW16.9%
velocidade média	Km h ⁻¹	17.6	13.2	10.2
Vento v média anual	Km h ⁻¹	16.2***	11.1	-
Vento v > 36 Km h ⁻¹	nº dias	23.6	13.6	19.2
Vento v > 55 Km h ⁻¹	nº dias	0.8	0.5	1.5
Calma (v < 1 Km h ⁻¹)	%	1.1	1.5	11.1
Geadas	nº dias	4.8	53.4	14.8
Orvalho	nº dias	18.4	227.3	40.0
Precipitação	mm	715.3	622.4	700.8
Temperatura média	°C	15.8	15.8	15.4
Temperatura máxima	°C	20.7	22.4**	22.0
T. máxima absoluta	°C	42.3	42.3**	47.5
Temperatura mínima	°C	10.9	9.1**	8.7
T. mínima absoluta	°C	-5.0	-6.2	-7.1
Amplitude térmica (absoluta)	°C	47.3	48.5	54.6
Amplitude térmica (médias)	°C	9.6	13.3	13.3
T. mínima absoluta < 0 C	nº dias	2.5	12.6**	13.5

*às 6UTC, **1947-70; ***1951-70.

Tabela 2.1 Valores médios anuais relativos às estações climatológicas da região de Évora para o período compreendido entre 1941 e 1970 (a partir dos dados apresentados por Reis e Gonçalves, 1987).

A precipitação anual é muito próxima entre Évora e Mitra com ligeira vantagem

para Évora, sendo em Currais relativamente mais baixa. Quanto à temperatura vemos que a Mitra tem um clima ligeiramente mais frio que as duas outras estações que lhe estão próximas. Regista-se em média um maior número de dias em que a temperatura desce abaixo dos 0 C, a média das temperaturas mínimas é mais baixa e também a temperatura mínima absoluta registada durante o período em estudo. Estas circunstâncias reflectem-se numa diferença de menos 0.4 C na temperatura média anual. Simultaneamente a estação da Mitra registou a temperatura máxima absoluta do ar para este período, 47.5°C que foi aliás a máxima registada não só na zona de Évora mas em toda a região Alentejo. A média das temperaturas máximas é, na Mitra, bastante superior à de Évora e ligeiramente inferior à de Currais. As amplitudes térmicas em termos de temperatura absoluta são assim muito mais pronunciadas na Mitra do que em Évora ou Currais. Quando se considera a amplitude térmica entre a média das máximas e a média das mínimas temos amplitudes idênticas na Mitra e Currais que são consideravelmente superiores às da cidade de Évora.

2.2.3. Monitorização do microclima

A monitorização da Temperatura e Humidade Relativa do ar, e da Radiação Fotossinteticamente Activa, abreviadamente referida como PAR (do inglês "Photosynthetic Active Radiation") foi efectuada no decurso dos Ensaios 1 e 2, descritos nos capítulos 3 e 4, simultaneamente no exterior junto a uma planta Testemunha e no interior dos diferentes abrigos usados, contendo sempre uma planta em crescimento. Houve o cuidado de enterrar a base dos abrigos pressionando-os contra o solo, pois este pode ser um aspecto essencial para que o abrigo possa funcionar efectivamente como um estufim. Dunn *et al.* (1994) fazem notar que as elevadas humidades relativas no interior dos abrigos devem resultar em parte do reduzido movimento do ar no interior do abrigo o que depende da sua integridade física e de se manterem selados na base. Frearson e Weiss (1987) observaram pouco movimento do ar no interior de abrigos que continham uma árvore e estavam selados na base mas abrigos vazios e não selados na base mostravam-se extremamente ventosos.

Utilizaram-se como sensores de temperatura mini-termistores Grant tipo FF-U-V2. Para a colocação dos sensores de temperatura no interior dos abrigos

seguiram-se quatro critérios: (1) Colocaram-se ao nível da planta crescendo no interior uma vez que nos interessava conhecer as condições específicas para o desenvolvimento, (2) colocaram-se do lado Norte de forma a poderem beneficiar do ensombramento provocado pela planta, (3) a meia altura no interior de cada abrigo a partir do momento em que as plantas atingiram essa altura como forma de normalizar as leituras e (4) em posição central no interior do abrigo evitando quer os contactos superficiais quer com a planta abrigada quer com as paredes internas do abrigo. O emprego do critério (2) torna-se particularmente importante no caso do Abrigo que designamos como Baixo, confeccionado em PVC transparente fumado, com um menor coeficiente de ensombramento. Aí o recurso ao ensombramento por parte da planta torna-se crucial para proteger o sensor da incidência de radiação directa. O recurso a uma pala de ensombramento, colocada em redor do sensor, além de dificilmente praticável no exíguo espaço deixado livre pela planta no interior do estufim é além disso particularmente desaconselhável dentro do ambiente não ventilado de um abrigo fechado por impedir a dissipação da energia térmica em redor do sensor. Efectivamente no decurso do Ensaio 1, chegou-se a experimentar o emprego de uma pala de ensombramento colocada em redor dos sensores de temperatura e Humidade Relativa do ar colocados no interior dos abrigos, dado que, particularmente no Abrigo Baixo, transparente, o seu emprego parecia desejável. Porém, concluiu-se rapidamente que a dissipação de calor em redor dos sensores ficava prejudicada no ambiente pouco ventilado do interior dos abrigos pelo que o seu emprego era claramente contra-indicado.

Os sensores de temperatura usados no exterior protegeram-se da radiação directa, através de ensombramento por meio de uma pala reflectora opaca com a superfície externa espelhada de forma a reflectir o máximo possível de radiação, ficando localizados ao nível da folhagem de uma planta Testemunha e a Norte desta. O critério (4) é também importante por duas razões. A procura de uma posição central normaliza as leituras e afasta o sensor da superfície irradiante e reflectora de radiação com o risco de potenciais distorções. O evitar do contacto com qualquer superfície é também essencial pois a leitura que se pretende obter é a da temperatura do ar e não a temperatura da superfície para que de resto os sensores utilizados não são adequados. As superfícies estão também sujeitas, particularmente no interior de um abrigo, a fenómenos frequentes de condensação do vapor de água que prejudicariam as leituras.

A Humidade Relativa do Ar (HR) foi determinada por meio de sensores Grant tipo VH-H, tendo-se seguido para a sua colocação no interior e exterior dos abrigos critérios idênticos aos empregues no caso dos sensores de temperatura.

Para a PAR utilizaram-se sensores de quanta Delta-T tipo QS que medem a densidade quanta da radiação de comprimento de onda compreendido entre 400 e 700 nm, considerada uma medida adequada da radiação fotossinteticamente activa para a maior parte dos estudos ecofisiológicos (McCree, 1981). Os sensores começaram por se colocar cerca de 5 cm a cima da altura atingida pela planta na sua proximidade. Os sensores de PAR colocados no exterior foram fixados superiormente a uma estaca de madeira colocada a Norte da planta enquanto os colocados no interior de abrigos foram introduzidos através da abertura do topo, os cabos de ligação ao armazenador de dados fizeram-se passar através dos orifícios destinados à introdução de atilhos para fixação do Abrigo à estaca no caso do Abrigo Baixo onde a "costura" é fechada. Nos restantes Abrigos os fios de ligação do sensor ao registador passaram facilmente através das "costuras" onde as placas de polipropileno se encontram apenas sobrepostas. Os sensores foram fixados ao abrigo ou à sua estaca de sustentação por meio de um arame plastificado, rígido que garantia a posição central e horizontal da placa de silicone sensível do sensor.

Os sensores foram ligados inicialmente a um e posteriormente a dois medidores/armazenadores de dados SQUIRREL METER/LOGGER Grant 1200 colocados no interior de abrigos ventilados de madeira. Para cada parâmetro procedeu-se ao armazenamento de dados horários referentes à média de duas leituras efectuadas com 30 minutos de intervalo e posteriormente reduziu-se o espaçamento das leituras passando os dados horários armazenados a dizer respeito à média de quatro leituras por hora efectuadas com intervalos de 15 minutos.

Este procedimento foi efectuado durante diferentes períodos acompanhando o crescimento das plantas. Durante cada período de registos o sistema de recolha de dados foi visitado pelo menos uma vez por dia o que se considera essencial para o seu correcto funcionamento, particularmente durante o Inverno. Apesar disso não foi possível evitar lapsos e perdas de dados. Em primeiro lugar devidos à limitada capacidade de armazenagem de registos e autonomia dos armazenadores usados que obrigava a interrupções frequentes para transferência dos dados armazenados

para suporte informático e/ou papel. Outras perdas de dados foram devidas a desvios da posição adequada do sensor por efeito do vento ou falha do sistema de colocação, passando eventualmente pelo contacto com uma superfície do que resultam leituras inaceitáveis. A somar a estas e mais frequentes foram as perdas temporárias de contacto entre o sensor e o armazenador de dados provocada pelo vento ou por causas desconhecidas. Há ainda a registar avarias nos armazenadores que se mostraram algumas deficiências em tempo frio e falhas no sistema de transferência de dados.

Os dados foram transferidos regularmente (geralmente após um mês de registos) para suporte papel e informático e analisados por meio de ajustamento de modelos polinomiais por selecção sequencial ascendente pelo método dos quadrados mínimos para regressão curvilinear sem repetições utilizando o programa Statgraphics (Manugistics, 1998) relacionando os parâmetros medidos no exterior com os medidos no interior dos abrigos. Em todos os casos investigou-se o ajustamento de modelos com a variável independente transformada logaritmicamente e não transformada, seleccionando-se o modelo de maior valor de coeficiente de determinação ajustado R^2_{aj} . De um modo geral, para cada parâmetro consideraram-se todos os dados válidos recolhidos simultaneamente no exterior e no interior dos diferentes abrigos, estando estes sempre ocupados por um jovem sobreiro. Na medida em que nos interessa estabelecer modelos com aplicação preditiva optou-se por dividir os dados disponíveis em dois grupos por separação ordenada pela grandeza da variável dependente, afectando sequencialmente a cada grupo os valores mais distantes, segundo o algoritmo DUPLEX descrito por Snee (1977), modificado. Ajustou-se seguidamente a cada grupo assim obtido, um modelo de regressão curvilinear, seguindo-se os métodos de validação cruzada de modelos de regressão descritos por Laird e Cady (1969) para selecção do melhor modelo preditivo.

Tendo em conta a especificidade de cada caso voltam a referir-se os procedimentos de análise juntamente com a apresentação dos resultados.

2.3. Resultados e discussão

2.3.1. Caracterização geral do microclima no interior dos abrigos

De um modo geral, pode caracterizar-se o microclima criado pelos abrigos pela redução da intensidade luminosa no interior associada à ocorrência de temperaturas do ar mais elevadas durante o dia e mais baixas durante a noite, com a diferença de temperatura entre o ar no interior e no exterior aumentando gradualmente durante o período diurno para atingir o seu máximo próximo do meio-dia solar altura em que podem observar-se diferenças de 4 - 15 C entre o interior e o exterior, decrescendo a partir daí. Após o nascer e pôr do Sol dá-se uma inversão da temperatura que se mantém mais baixa no interior dos abrigos do que no exterior durante todo o período nocturno. A diferença de temperaturas entre os abrigos e ambiente durante a noite mantém-se em regra relativamente estável durante todo o período nocturno, rondando os - 0.5 C, durante todo o ano.

O microclima dos abrigos pode ainda caracterizar-se pela elevação nocturna da humidade relativa do ar no interior, sendo frequente, durante todo o ano, com excepção do Verão, a manutenção de uma atmosfera saturada ou muito próxima da saturação de vapor de água durante todo o período nocturno.

Já durante o período diurno, a variação da humidade relativa do ar no interior dos abrigos se mostra mais variável quer com o Abrigo quer com a estação do ano, variação essa que sugere uma estreita relação entre o volume interno do abrigo e a superfície foliar activamente transpirante.

Nas figuras 2.7 a 2.12 pode observar-se a variação média diária dos parâmetros registados durante vários períodos decendiais, distribuídos pelas quatro estações do ano, os valores médios relativos a estes períodos apresentam-se em anexo.

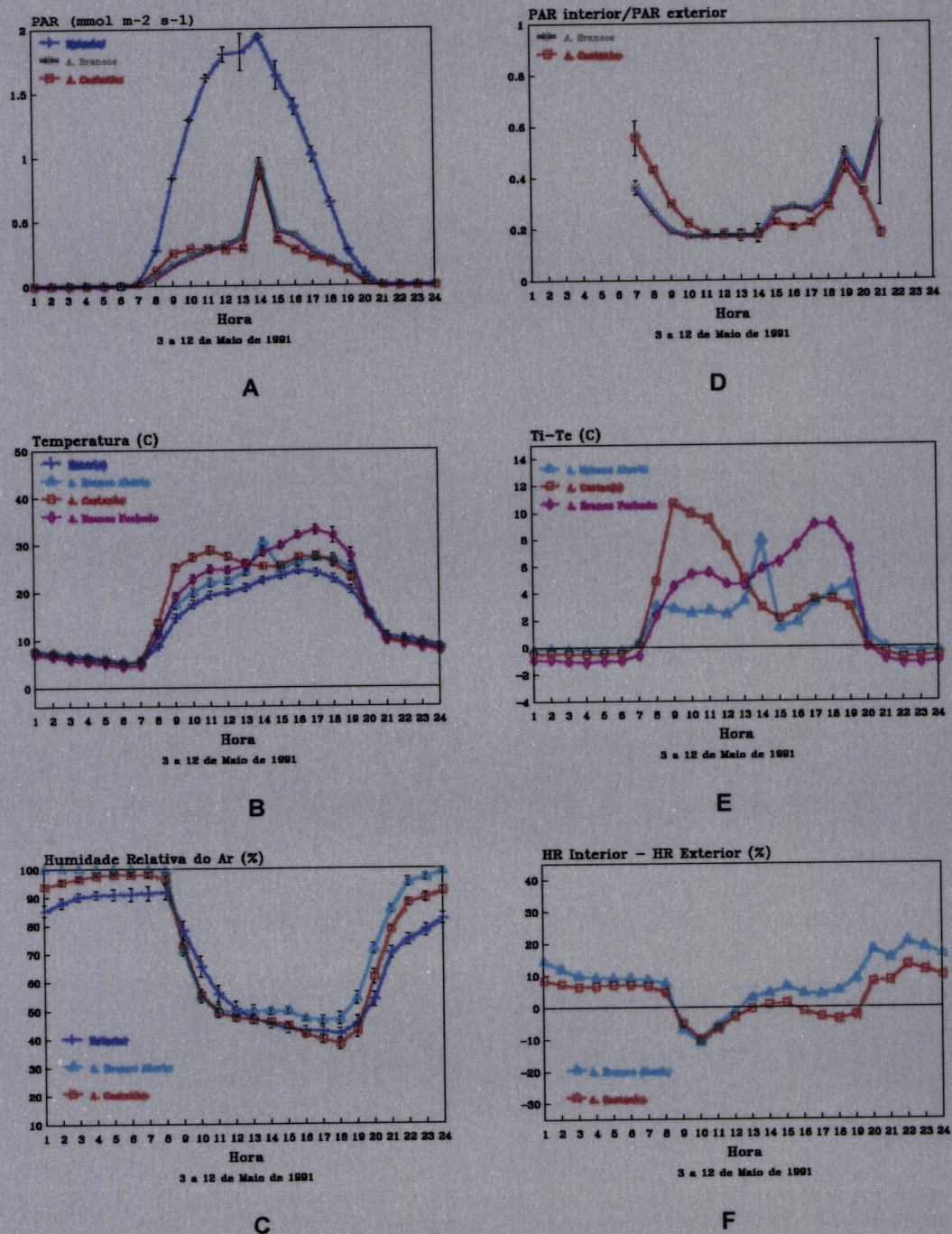
Existem diferenças nítidas na radiação no interior dos diferentes abrigos as quais são mais acentuadas, bem como as diferenças entre estes e o exterior, sempre que a radiação é mais intensa, em períodos de céu limpo e especialmente durante os períodos primaveril e estival (figuras 2.7 e 2.8), com já notado por outros autores (Tchuente, 1987; Kjellgren, 1994). Como também notado por Evans e Potter (1985) e Tchuente (1987) a duração do dia não é sensivelmente alterada, não havendo alteração no número de horas de luz no interior dos abrigos. Com efeito, começamos a ter luz no interior dos abrigos a partir de intensidades de PAR muito

baixas no exterior e assim o dia no interior dos abrigos começa e acaba quase em simultâneo com o dia no exterior.

A intensidade luminosa é reduzida de um factor que sofre alguma variação consoante a hora do dia e inclinação dos raios solares, tendo-se constatado uma surpreendente variação na proporção da luz incidentente que penetra no abrigo conforme a hora do dia e a estação do ano. Rendle (1985) observa igualmente estas variações. A heterogeneidade das propriedades ópticas dos plásticos que constituem os abrigos, bem como a sua dependência do ângulo de incidência, estará provavelmente na base desta variação, mostrando o Abrigo Baixo um comportamento menos variável que os restantes. Não obstante, em qualquer dos Abrigos a luz interior pode ser explicada aceitavelmente como uma função linear da luz exterior, da qual se pode deduzir um coeficiente de ensombramento de 40.60 % no Abrigo Baixo quando em estado novo, de 78.59 % no Abrigo Castanho e 64.88 % nos Abrigos Brancos (veja-se adiante, ponto 2.3.2).

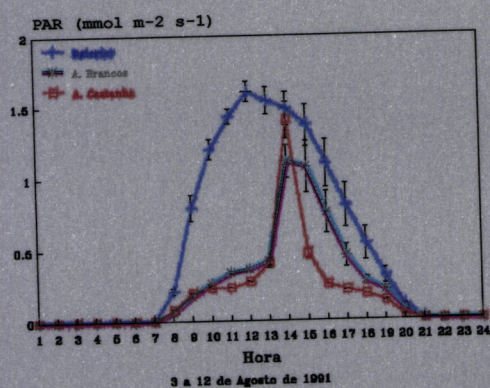
As diferenças entre os abrigos e o exterior no que diz respeito à temperatura do ar são também importantes e acentuam-se ligeiramente durante os períodos mais frios, o que foi igualmente observado por Tchuente (1987), particularmente se de céu encoberto (figura 2.12, Inverno 2). Apesar das variações estacionais, a temperatura média diária (noite e dia) no interior dos vários abrigos é aproximadamente 2 C mais elevada do que no exterior, enquanto para o período nocturno a diferença média entre o interior dos abrigos e o exterior se mantém na ordem dos -0.5 C. As diferenças entre abrigos são assim muito menos importantes, no que respeita à variação da temperatura, do que as diferenças entre cada abrigo e o exterior, indiciando que as suas propriedades ópticas em relação à radiação de grande c.d.o. não diferem substancialmente. Pode notar-se, tal como sucede entre abrigos e exterior que as diferenças abrigo-abrigo tendem a acentuar-se nos períodos mais frios e de céu encoberto.

Há que registar, durante o Verão, a ocorrência de temperaturas críticas, superiores a 47 C, temperatura a partir da qual se observaram danos foliares irrecuperáveis em sobreiro (Dias *et al.* 1992), em todos os abrigos (excepto no Abrigo Baixo que não foi observado nesta época do ano). É também de notar que a temperatura mínima (entre as médias horárias) registada durante o Inverno, no Abrigo Branco Fechado, -4.9 C se aproxima perigosamente da temperatura, -5C, considerada crítica para a sobrevivência desta espécie.

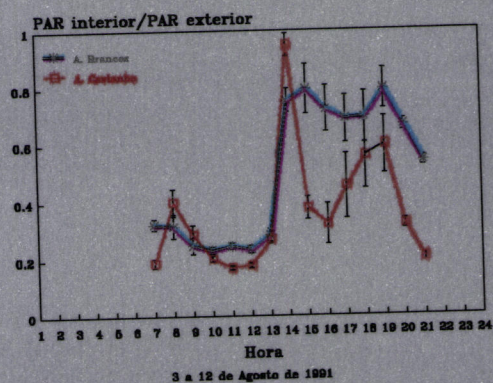


PRIMAVERA

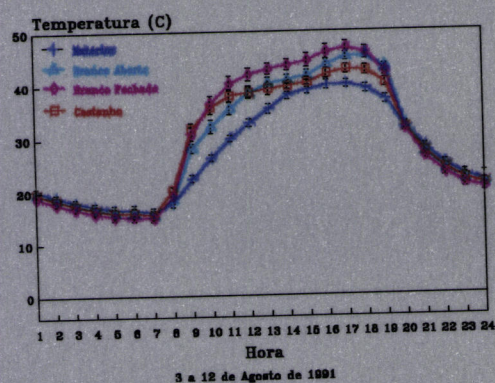
Figura 2.7 Variação das médias horárias da (A) PAR, da (B) Temperatura do ar e (C) da Humidade Relativa do ar no exterior e no interior de abrigos individuais, bem como da (D) razão PAR interior/PAR exterior, da (E) diferença entre a temperatura média do ar no interior e exterior e (F) diferença entre a Humidade Relativa média do ar interior e exterior, durante um período de dez dias consecutivos na Primavera. Os traços verticais a negro referem-se aos erros padrão das médias.



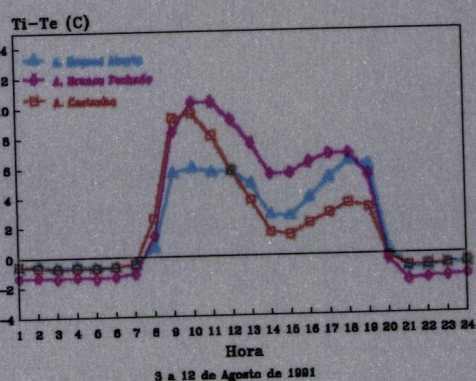
A



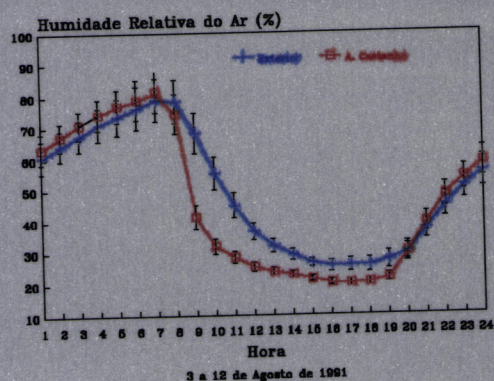
D



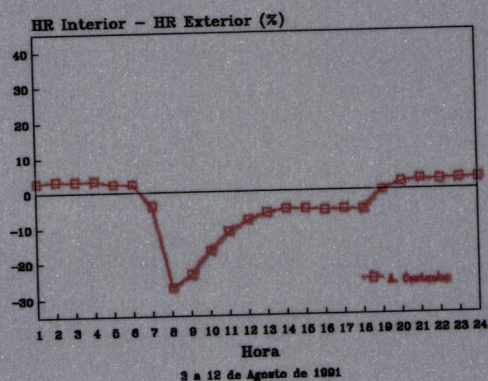
B



E



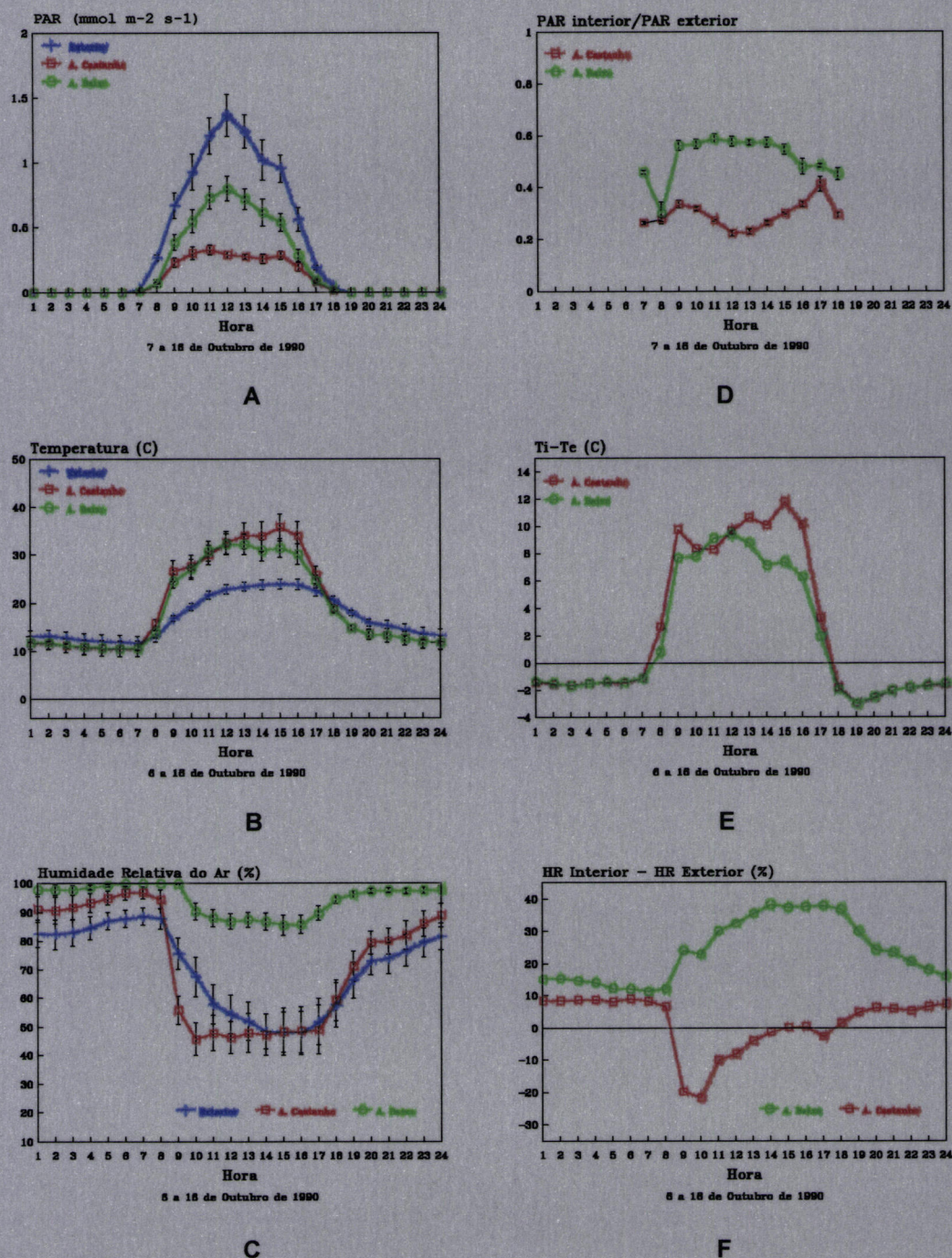
C



F

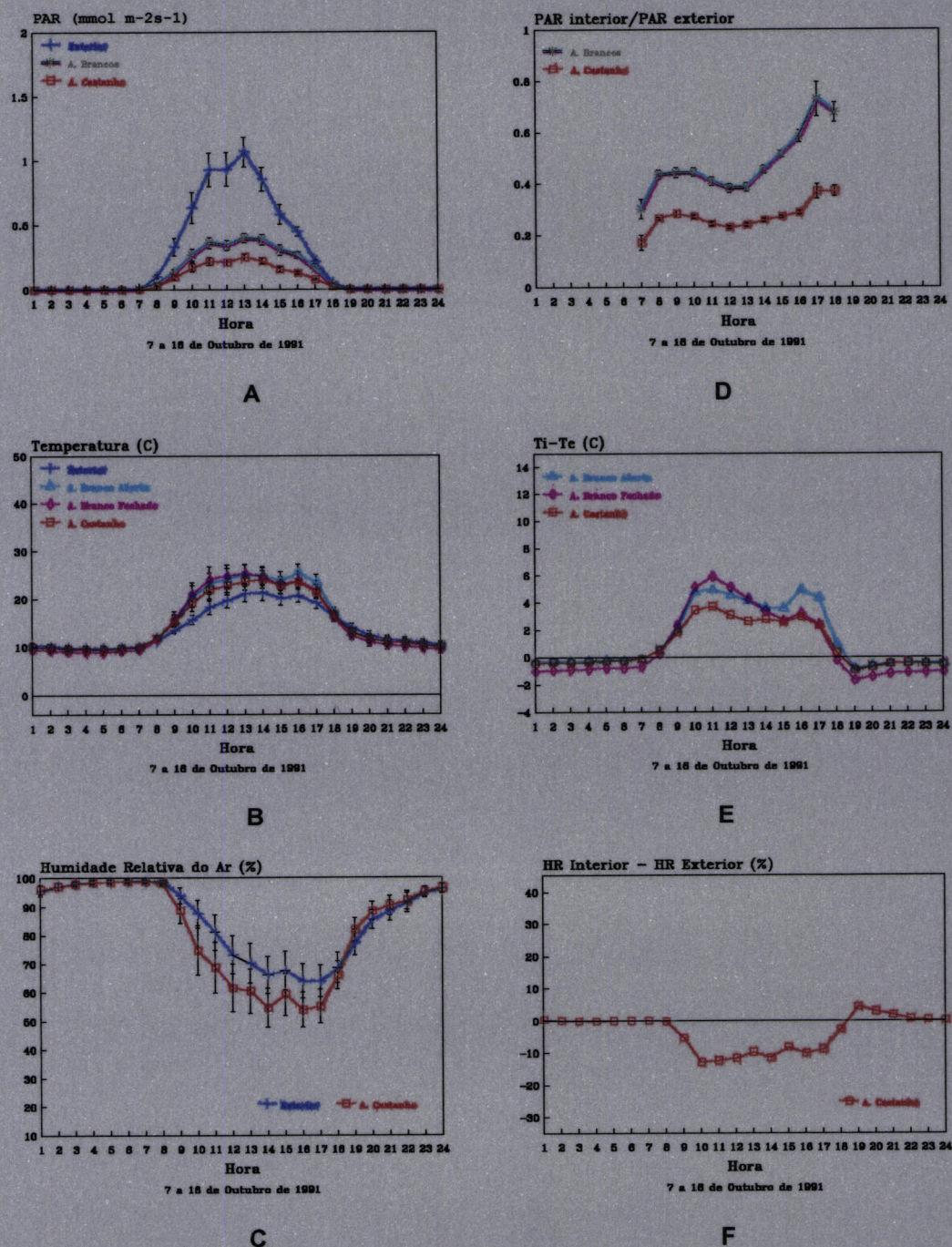
VERÃO

Figura 2.8 Variação das médias horárias da (A) PAR, da (B) Temperatura do ar e (C) Humidade Relativa do ar no exterior e interior de abrigos individuais, bem como da (D) razão PAR interior/PAR exterior, da (E) diferença entre a Temperatura média do ar no interior e exterior e (F) diferença entre a Humidade Relativa média do ar interior e exterior, durante um período de dez dias consecutivos no Verão. Os traços verticais a negro referem-se aos erros padrão das médias.



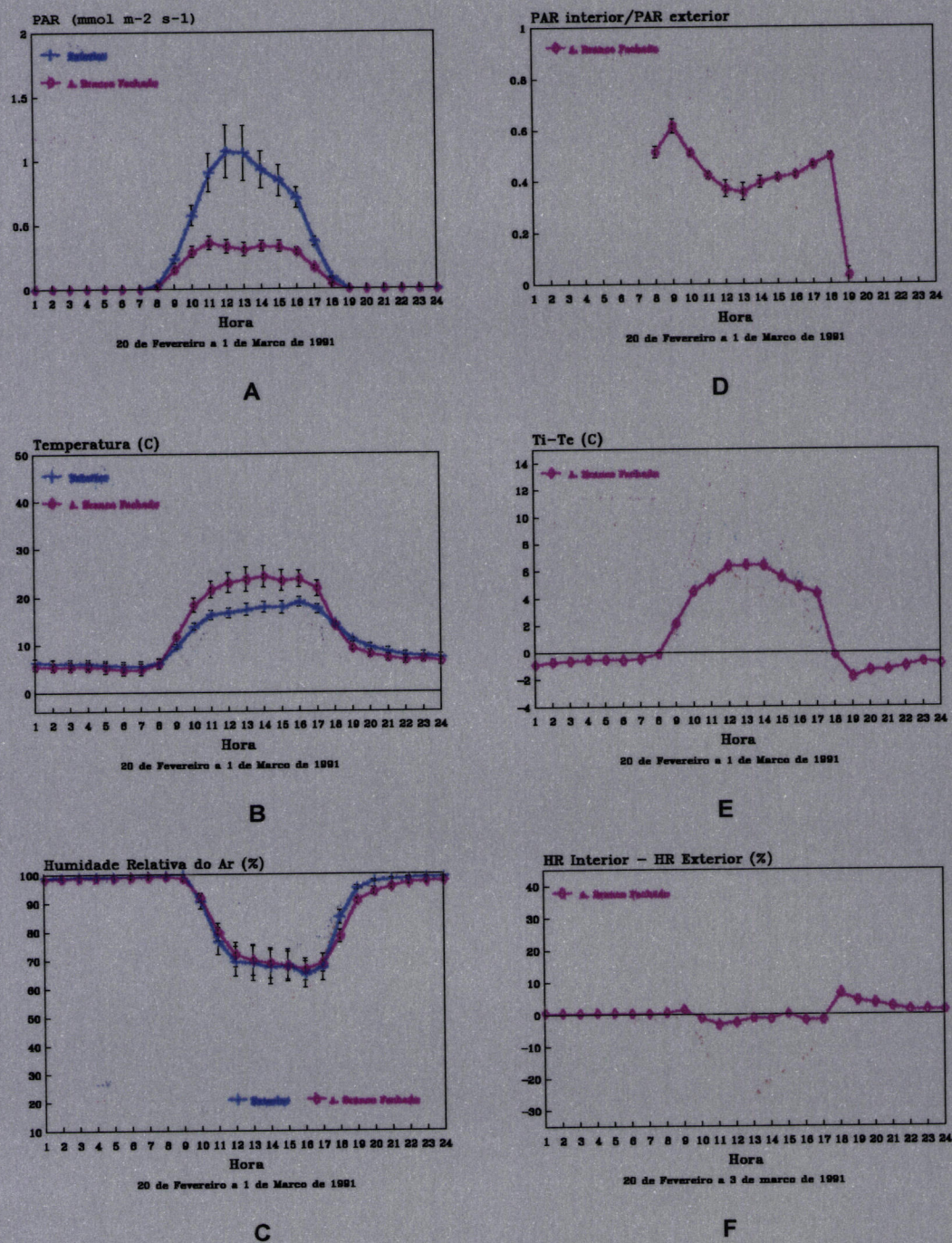
OUTONO 1

Figura 2.9 Variação das médias horárias da (A) PAR, da (B) Temperatura e (C) Humidade Relativa do ar no exterior e interior de abrigos individuais, bem como da razão (D) PAR interior/Par exterior, da (E) diferença entre a Temperatura média interior e a Temperatura média exterior e (F) diferença entre a Humidade Relativa média interior e exterior, durante um período de dez dias consecutivos no Outono de 1990. Os traços verticais a negro referem-se aos erros padrão das médias.



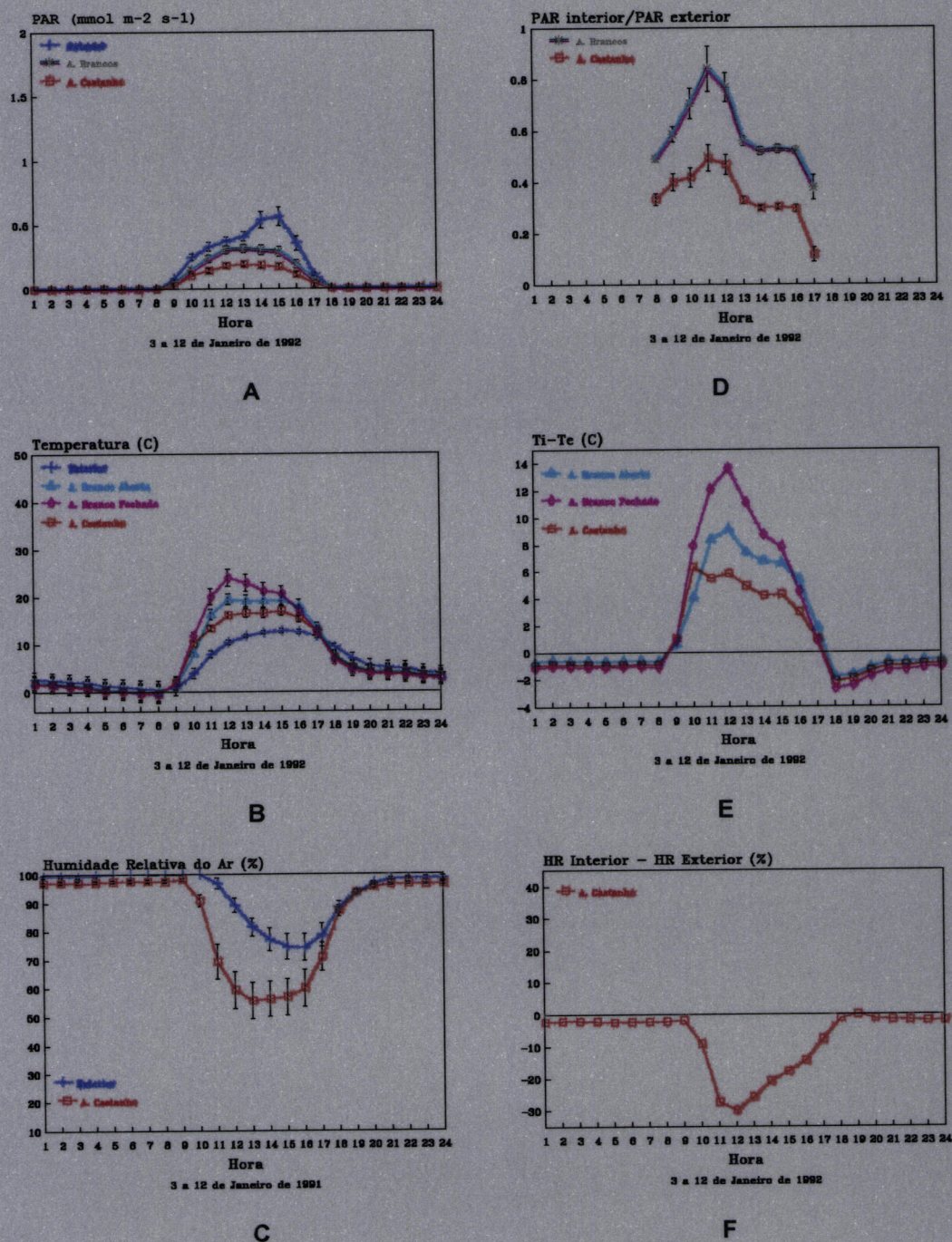
OUTONO 2

Figura 2.10 Variação das médias horárias da (A) PAR, da (B) Temperatura e da (C) Humidade Relativa do ar no exterior e interior de abrigos individuais, bem como da (D) razão PAR interior/PAR exterior, da (E) diferença entre a Temperatura média interior e a Temperatura média exterior e da (F) diferença entre a Humidade Relativa média interior e exterior, durante um período de dez dias consecutivos no Outono de 1991. Os traços verticais a negro referem-se aos erros padrão das médias.



INVERNO 1

Figura 2.11 Variação das médias horárias da (A) PAR, da (B) Temperatura e da (C) Humidade Relativa do ar no exterior e interior de abrigos individuais, bem como da (D) razão PAR interior/PAR exterior, da (E) diferença entre a Temperatura média interior e a Temperatura média exterior e da (F) diferença entre a Humidade Relativa média interior e exterior, durante um período de dez dias consecutivos no Inverno de 1991. Os traços verticais a negro referem-se aos erros padrão das médias.



INVERNO 2

Figura 2.12 Variação das médias horárias da (A) PAR, da (B) Temperatura e da (C) Humidade Relativa do ar no exterior e interior de abrigos individuais, bem como da (D) razão PAR interior/PAR exterior, da (E) diferença entre a Temperatura média interior e a Temperatura média exterior e da (F) diferença entre a Humidade Relativa média interior e exterior, durante um período de dez dias consecutivos no Inverno de 1992. Os traços verticais a negro referem-se aos erros padrão das médias.

A presença de orifícios laterais no Abrigo Aberto parece favorecer a dissipação de calor, atenuando ligeiramente o efeito de estufa. Embora a temperatura média diária não difira substancialmente da dos outros abrigos, e particularmente da do Abrigo Branco Fechado, as diferenças de temperatura entre o interior do Abrigo Aberto e o exterior, nunca são tão elevadas, como as observadas no Abrigo Fechado, que é nitidamente o Abrigo mais quente e também o mais frio. No Abrigo Aberto as amplitudes térmicas diárias são relativamente atenuadas quando comparado com o Branco Fechado pois que as temperaturas máximas não são tão elevadas e as temperaturas mínimas não são tão baixas. Apesar de não termos dados do movimento do ar no interior dos abrigos, parece lícito supor que a presença dos orifícios laterais permite efectivamente uma certa dissipação do calor, durante os períodos diurnos, por trocas convectivas com o exterior.

A cor do abrigo, que torna o plástico mais opaco à radiação incidente, mostra-se, no entanto, ligeiramente mais eficaz na atenuação do efeito de estufa no interior do abrigo do que a presença dos orifícios (pelo menos neste número, disposição e dimensões). Com efeito, as diferenças de temperatura entre o Abrigo Castanho e o exterior tendem a ser mais reduzidas que as observadas no Abrigo Branco Aberto. No entanto, a adição da cor tem obviamente a desvantagem de reduzir a luz disponível para a fotossíntese no interior do abrigo.

Exceptuando o período estival (figura 2.8) a humidade relativa nocturna no interior de qualquer dos abrigos atinge ou mantém-se muito próxima da saturação. Durante o dia, no Abrigo Castanho, o mais observado, nota-se uma tendência para a redução da humidade relativa interior comparativamente com a exterior que só se atenua durante a Primavera (figura 2.7), o que poderá corresponder a uma transpiração mais elevada por parte da planta inclusa nessa época do ano.

A redução da humidade relativa diurna no interior de abrigos, já observada por Tchunte (1987) em abrigos vazios, pode ser explicada pelas temperaturas mais elevadas do ar no interior do abrigo, possivelmente conjugadas com dimensões relativamente reduzidas da planta abrigada. Nos Abrigos Brancos, nos períodos em que foi observada, a humidade relativa durante o dia mostra-se sempre muito próxima da exterior ou ligeiramente mais elevada. Dado que a temperatura no interior destes abrigos é também mais elevada do que no exterior, um efeito mais importante da transpiração das plantas abrigadas deverá ter ocorrido para se observarem estes valores.

A comparação entre abrigos relativamente a este parâmetro além de ser complicada pelo factor planta que é variável, é ainda prejudicada pelo facto de não dispormos de observações simultâneas em todos os abrigos, dado o reduzido número de sensores de humidade disponíveis. Por exemplo, observa-se que a humidade relativa do ar, tende a elevar-se mais relativamente à exterior, durante o dia, no Abrigo Branco Aberto que no Abrigo Branco Fechado. Esta observação, seria coerente com as temperaturas mais baixas observadas em geral no Abrigo Aberto, porém as observações no Abrigo Aberto foram efectuadas num período primaveril e as no Abrigo Fechado num período outonal o que pode retirar algum sentido à comparação. Finalmente, as observações efectuadas, no Abrigo Baixo mostram que há manutenção de uma elevada humidade relativa do ar ao longo de todo o dia (figura 2.9) apesar da temperatura mais elevada no interior do abrigo. Estas observações são semelhantes às efectuadas por Rendle (1985) em Inglaterra durante vários períodos do ano em abrigos de polipropileno canelado (1.20 m de altura e 10 cm de aresta) ocupados com grandes plantas (excedendo o abrigo) de *Quercus robur*. Aparentemente, dadas a dimensões mais reduzidas do Abrigo Baixo, os pequenos sobreiros conseguem mais rapidamente ocupá-lo e alterar efectivamente as condições de humidade.

2.3.2. Radiação Fotossinteticamente Activa

Com base nos registos simultâneos da PAR no interior e exterior dos abrigos procurou-se estabelecer uma relação entre as condições luminosas no interior e exterior dos abrigos. Assumiu-se que a PAR no interior dos diferentes abrigos era uma função exclusiva da PAR no exterior, Re , tomando como variáveis candidatas para a explicação da variação da PAR no interior dos diferentes abrigos Re , Re^2 , Re^3 , Re^4 e a constante.

Os dados apurados (após exclusão de registos impossíveis e valores em falta), foram expressos em mili mole por metro quadrado por segundo. Para os valores repetidos de Re foram calculados para cada caso os valores médios correspondentes da PAR no interior. Os valores repetidos situam-se sobretudo na gama das baixas intensidades luminosas ($PAR < 0.05 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Abrigo Baixo

Considerou-se o período compreendido entre as 11 horas de 30 de Setembro e as 10 horas de 14 de Novembro de 1990, correspondendo a 1072 registos horários referentes a 45 dias consecutivos. Destes apenas interessa considerar os registos relativos aos períodos diurnos num total de 527 dados horários dos quais houve necessidade de excluir 7. Com base nestes registos procurou estabelecer-se uma relação entre variação da PAR no interior do Abrigo Baixo, R_i e no exterior.

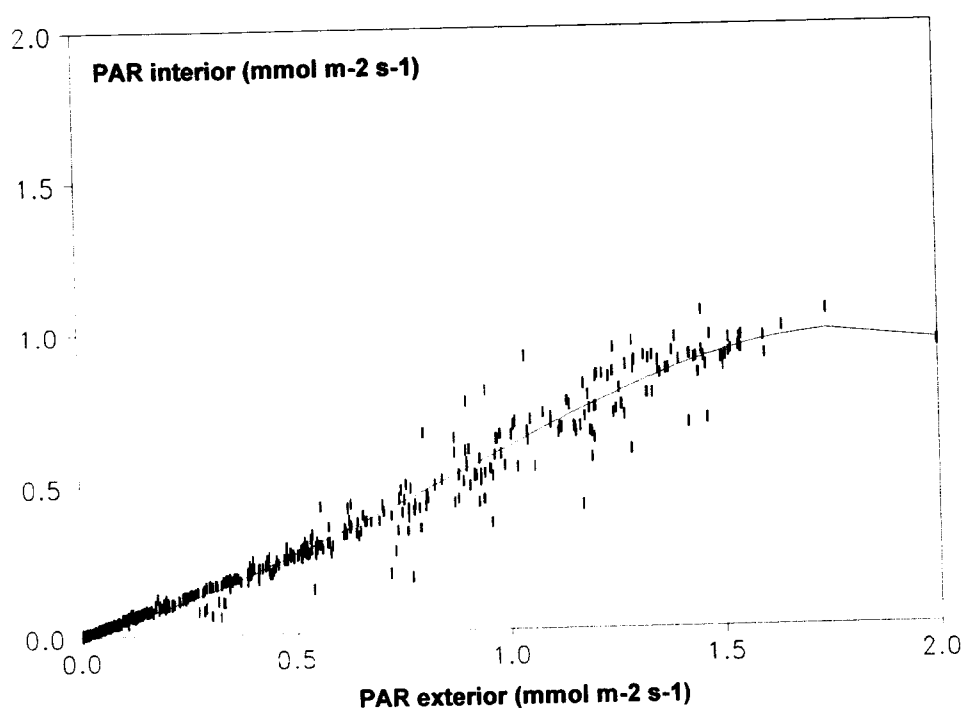


Figura 2.13 Variação da PAR média no interior do Abrigo Baixo, R_i , em função da PAR exterior, R_e (394 valores de R_e). Observações relativas ao período compreendido entre 30 de Setembro e 14 de Novembro de 1990 (cerca de 43 dias) e modelo preditivo seleccionado.

Para os valores repetidos de R_e foi calculado o valor médio dos R_i 's observados, reduzindo-se assim os 520 dados observados a 394. Os dados foram então divididos em dois grupos. Ao grupo 1, constituído por 198 observações e ao grupo 2, por 196, ajustaram-se separadamente dois modelos (modelo 1, para o grupo 1 e modelo 2 para o grupo 2) para a variação de R_i . Em ambos os modelos ajustados R_i era descrito como $R_i = f(R_e, R_e^2, R_e^4)$ com R^2_{aj} de 0.9809 no modelo 1,

$n=198$ e 0.9890 no modelo 2, $n=196$.

Seguindo os métodos de validação cruzada seleccionou-se o modelo 1 pelo seu melhor comportamento preditivo, (na aplicação ao grupo 2, a diferença entre o erro experimental do modelo 1 e o erro experimental do modelo 2, ΔErro , expresso em percentagem deste, $\Delta\text{Erro}_{(\% \text{ Erro do Modelo 2})} = 5.52\%$, é inferior ao ΔErro da aplicação do modelo 2 ao grupo 1) como o melhor modelo preditivo da variação luz interior **Ri** em função da exterior **Re** (veja-se figura 2.13):

$$Ri = 0.388251 Re + 0.285098 Re^2 - 0.060871 Re^4 \quad R^2_{aj} = 0.9809, n=198$$

Tomando em consideração que em ambos os modelos ajustados **Re** explica só por si aproximadamente 99% (99.49% no modelo 1 e 99.50% no modelo 2) da variação de **Ri**, esta pode ser tomada como uma função quase exclusiva de **Re**.

No ajustamento de um modelo para a variação de **Ri** em função de **Re** considerando todos os dados, obtem-se a seguinte relação:

$$Ri = 0.594004 Re, R^2_{aj} = 0.9806, n = 394$$

Abrigo Alto ou Castanho

A partir de 3868 registos horários diurnos correspondendo a aproximadamente 322 dias referentes a registos de PAR no interior do Abrigo Alto ou Castanho e no exterior efectuados simultaneamente em vários períodos compreendidos entre 6 de Dezembro de 1988 e 24 de Janeiro de 1992, seleccionou-se um modelo de regressão curvilinear relacionando a PAR interior, **Rc**, com a PAR exterior, **Re**.

Procedendo-se como anteriormente, calculou-se para os valores repetidos de **Re** a média dos **Rc**'s observados, reduzindo-se assim o conjunto dos dados a 1444, separados em dois grupos, aos quais se ajustaram separadamente dois modelos para a variação de **Rc** tomando como novamente como variáveis candidatas **Re**, **Re²**, **Re³**, **Re⁴**. Ambos os modelos ajustados descrevem **Rc** como: **Rc** = *f* (**Re**). Seguindo os métodos de validação cruzada o modelo seleccionado é o ajustado ao grupo 2, (veja-se figura 2.14) pelo seu melhor comportamento preditivo (na aplicação ao grupo 1, $\Delta\text{Erro}_{(\% \text{ Erro do Modelo 1})} = 0.0908\%$):

$$Rc = 0.245807 Re, R^2_{aj} = 0.7950, n = 720$$

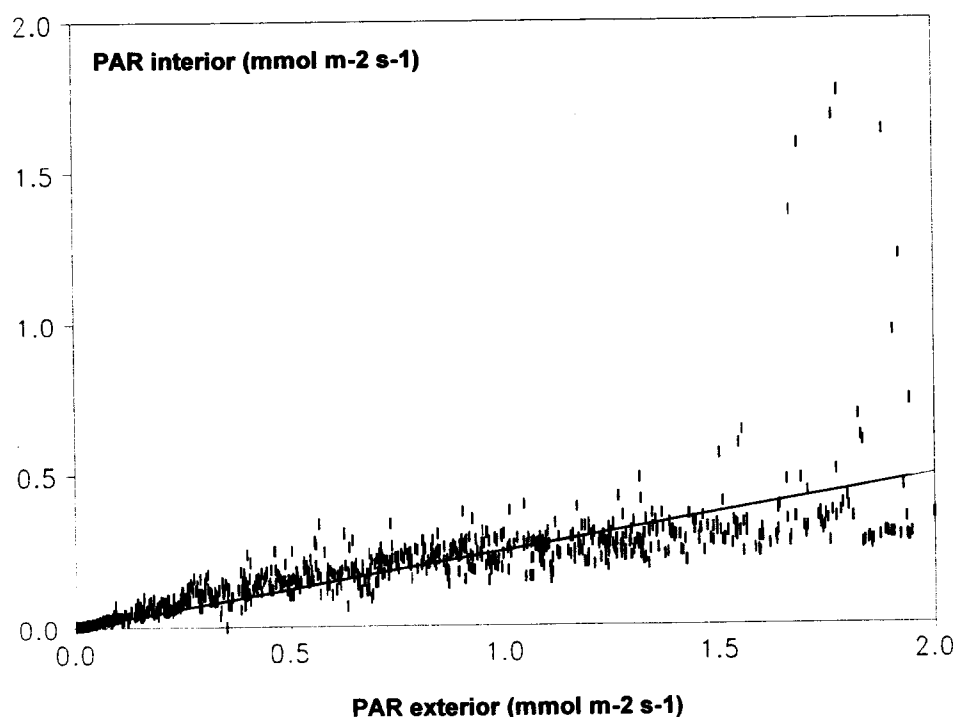


Figura 2.14 Variação da PAR média no interior do Abrigo Alto ou Castanho, Rc , em função da PAR no exterior, Re (720 valores de Re , grupo 2). Observações relativas a períodos compreendidos entre 9 de Dezembro de 1988 e 21 de Janeiro de 1992 (cerca de 322 dias) e modelo preditivo seleccionado.

O mesmo modelo ajustado a todos os dados é:

$$Rc = 0.24780 Re, R^2_{aj} = 0.7863, n = 1442.$$

Abrigos Brancos

A partir de 2884 dados diurnos, registados simultaneamente no interior do Abrigo Branco Fechado, Rb e no exterior Re , correspondendo a aproximadamente 240 dias, relativos a vários períodos compreendidos entre 25 de Março de 1991 e 24 de

Janeiro de 1992, seleccionou-se um modelo de regressão curvilínea relacionando a PAR no interior dos abrigos Brancos com a PAR exterior. Para os valores repetidos de Re calculou-se a média dos Rb 's observados, reduzindo-se os dados a 1325 registos que se dividiram em dois grupos de 663 e 662 dados. Nos modelos significativos ajustados a ambos os grupos Rb era descrito como: $Rb = f(Re, Re^3, Re^4)$. Destes seleccionou-se o modelo 1, (veja-se figura 2.15) devido ao seu melhor comportamento preditivo quando aplicado ao grupo 2 ($\Delta Erro_{(\% \text{ Erro do Modelo } 1)} = 0.80\%$) e superior R^2_{aj} . Temos assim como melhor modelo preditivo para a variação de Rb com Re :

$$Rb = 0.608352 Re - 0.47228 Re^3 + 0.180692 Re^4 \quad R^2_{aj} = 0.9806, n = 663$$

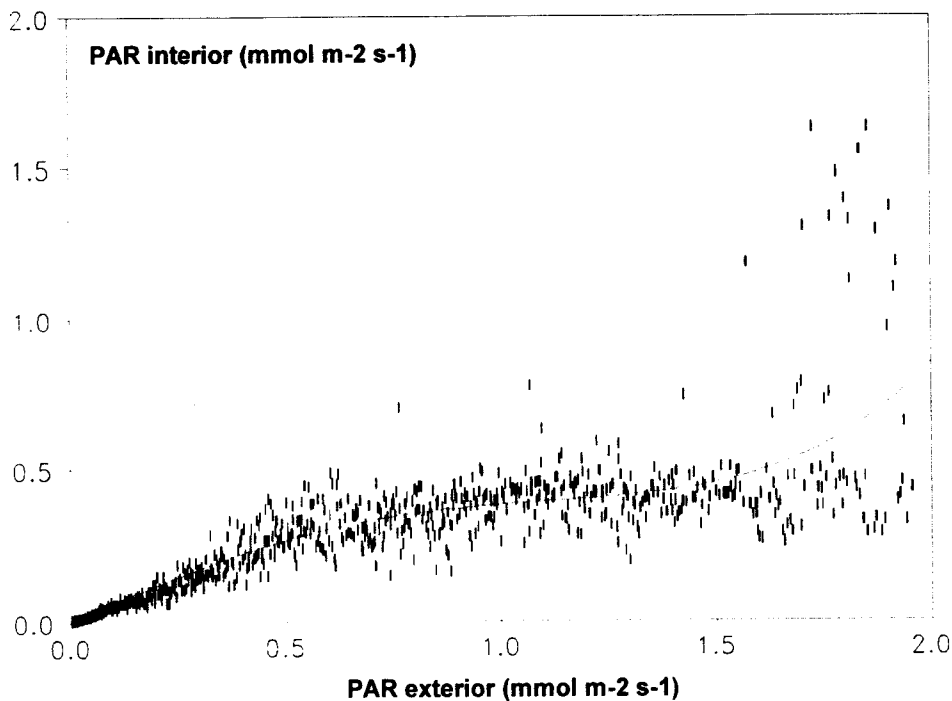


Figura 2.15 Variação da PAR média no interior do Abrigo Branco Fechado, Rb , em função da PAR no exterior, Re (663 valores de Re , grupo 2). Observações relativas a períodos compreendidos entre 25 de Março de 1991 e 24 de Janeiro de 1992 (cerca de 240 dias) e modelo preditivo seleccionado.

Dado que nos modelos ajustados a ambos os grupos a percentagem de explicação da variação de Rb devida a Re por si só é muito elevada (97.12% no modelo 1 e 96.80% no modelo 2) foi ajustado um modelo para a variação de Rb em função de Re considerando todos os dados, obtendo-se a seguinte relação:

$$Rb = 0.351207 Re, R^2_{aj} = 0.8296, n = 1325$$

Comparação entre abrigos

Os modelos preditivos estabelecidos para os diferentes abrigos não são facilmente comparáveis uma vez que têm termos diversos. Pelo contrário os modelos mais simples que descrevem a variação da PAR interior como uma função exclusiva de Re são directamente comparáveis.

$$Ri = 0.594004 Re, R^2_{aj} = 0.9806, n = 394$$

$$Rc = 0.247800 Re, R^2_{aj} = 0.7863, n = 1442$$

$$Rb = 0.351207 Re, R^2_{aj} = 0.8296, n = 1325$$

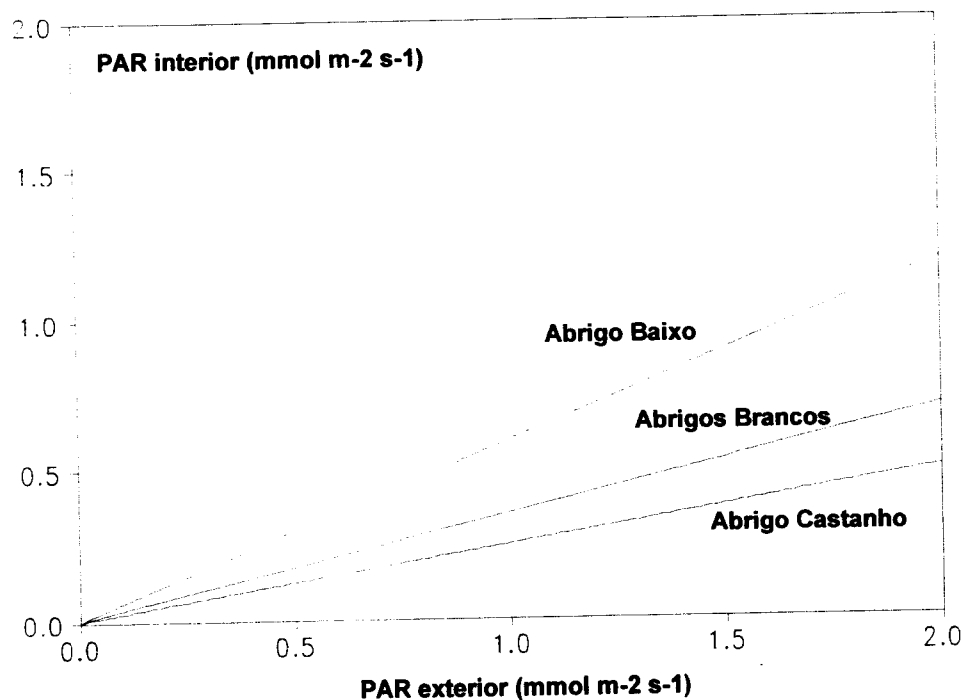


Figura 2.16. Variação da intensidade da PAR no interior dos vários abrigos em função da variação da intensidade da PAR no exterior conforme prevista pelos modelos de regressão linear ajustados.

Na figura 2.16 pode observar-se a variação da PAR no interior dos diferentes abrigos em função da PAR no exterior, conforme os modelos de regressão linear ajustados. Em todos os casos, a redução da PAR interior dos abrigos é bastante elevada, havendo, no entanto, diferenças consideráveis entre os diferentes abrigos. A redução da PAR interior é consideravelmente menor no Abrigo Baixo, de polietileno transparente, fumado do que nos abrigos de polipropileno, translúcido e de parede dupla. Entre estes, no Abrigo colorido, Castanho, pela adição da cor verifica-se uma extra-redução na transmissão da PAR.

2.3.3. Temperatura do ar

Procedeu-se ao ajustamento de modelos descritivos da variação da temperatura do ar no interior dos diferentes abrigos, em função de vários parâmetros medidos no exterior. Embora os outros parâmetros micrometeorológicos medidos no interior dos abrigos se tenham mostrado influentes na variação da Temperatura interior não foram tomados entre as variáveis candidatas porque se considerou que *(a)* se conseguia uma suficientemente boa explicação da variação da temperatura no interior dos abrigos com base nos parâmetros exteriores, e *(b)* incluir valores interiores, além de aumentar desnecessariamente a complexidade dos modelos retirar-lhes-ia qualquer valor preditivo.

O dados de temperatura, expressos em graus Centígrados, foram multiplicados por 10^{-2} , os de radiação foram expressos em mili mole por metro quadrado por segundo e os de humidade relativa foram expressos como proporção. Consideraram-se como variáveis candidatas à explicação da variação da temperatura do ar no interior dos abrigos, a temperatura do ar no exterior Te , a PAR no exterior, Re , a Humidade Relativa do ar no exterior, He e Te^2 , Re^2 , He^2 , Te^3 , Re^3 , He^3 , Te^4 , Re^4 , He^4 , $TeRe$, $TeRe^2$, Te^2Re , Te^2Re^2 , $TeHe$, $TeHe^2$, Te^2He , Te^2He^2 , $ReHe$, $ReHe^2$, Re^2He , Re^2He^2 num total de 24 variáveis candidatas. Procedeu-se como anteriormente após exclusão de registos impossíveis e valores em falta à separação ordenada dos dados pela grandeza da variável dependente em dois grupos, de características estatísticas sensivelmente semelhantes aos quais se ajustaram separadamente modelos de regressão curvilínea, seleccionando-se, por validação cruzada o melhor modelo preditivo.

Estes modelos são relativamente complexos e variáveis na sua estrutura, porém

em todos os casos uma muito elevada percentagem da explicação fornecida pelo modelo é dada pela T_e por si só. Assim e como foi feito para a PAR, usando todos os dados apurados estabeleceram-se modelos para a variação da temperatura interior em função da exterior que permitem uma fácil comparação entre abrigos, embora com um valor descritivo e preditivo inferior.

Abrigo Baixo

Com base num total de 2379 registos horários simultâneos da temperatura no interior do Abrigo Baixo, T_i , e da T_e , Re e He relativos a períodos compreendidos entre 21 de Fevereiro de 1989 e 13 de Novembro de 1990 seleccionou-se como melhor modelo explicativo da variação de T_i o que resulta da aplicação da tabela 2.2, com um $R^2_{aj} = 0.9884$, $n=1184$ e um Δ Erro na aplicação ao grupo complementar de 1.7033% do erro "mínimo".

Análise de Regressão múltipla para a variação de T_i

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão	P
T_e	1.00042	0.0142377	0.0000
Re^2	-4.47189×10^{-2}	0.0121961	0.0002
$TeRe$	1.83738	0.147907	0.0000
$TeRe^2$	-43.83772×10^{-2}	0.105122	0.0000
$TeHe^2$	-8.56279×10^{-2}	0.0193815	0.0000
Te^2Re	-4.46409	0.415649	0.0000
Te^2Re^2	1.31844	0.249401	0.0000
$ReHe$	-4.45639×10^{-2}	0.0200722	0.0264
Re^2He^2	4.74833×10^{-2}	0.0153768	0.0020

Tabela 2.2 Análise de regressão para a variação da temperatura do ar no interior do Abrigo Baixo T_i em função da temperatura exterior, T_e , PAR exterior, Re e Humidade relativa exterior He .

Neste modelo 97.21% da variação de T_i é explicada por T_e enquanto que no modelo preterido, aplicado ao grupo de dados complementar, tínhamos 97.11% da variação de T_i explicada por T_e . Para o conjunto dos 2370 dados ajustou-se então um modelo para a variação de T_i em função de T_e :

$$T_i = 1.15286 T_e, R^2_{aj} = 0.9605, n = 2370$$

Abrigo Alto ou Castanho

Com base em 6390 registos horários simultâneos da Temperatura do ar no interior do Abrigo Castanho, T_c e da Te , Re e He relativos a períodos compreendidos entre 6 de Dezembro de 1988 e 24 de Janeiro de 1992, seleccionou-se como melhor modelo explicativo da variação da temperatura do ar no interior do Abrigo Castanho, T_c , o que resulta da aplicação da tabela 2.3, com um $R^2_{aj} = 0.9902$, $n=3195$ e um ΔErro na aplicação ao grupo complementar representando 1.9660% do erro "mínimo".

Análise de Regressão múltipla para a variação de T_c

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão	P
Te	1.021690	0.0185213	0.0000
Te^2	-0.511171	0.0894532	0.0000
Re	0.399602	0.0239494	0.0000
Re^2	-0.154470	0.0183682	0.0000
He	-0.724166×10^{-1}	0.0834324×10^{-1}	0.0000
He^2	0.658879×10^{-1}	0.0828678×10^{-1}	0.0000
$TeRe$	-1.256790	0.1264500	0.0000
$TeRe^2$	0.840039	0.1088650	0.0000
Te^2Re	1.496530	0.2663160	0.0000
Te^2Re^2	-1.342420	0.2084940	0.0000
Te^2He	2.796310	0.2944470	0.0000
Te^2He^2	-2.257710	0.2716250	0.0000
$ReHe$	-0.156969	0.0187890	0.0000
Re^2He	-0.114459	0.0233437	0.0000
Re^2He^2	0.165695	0.0201371	0.0000

Tabela 2.3 Análise de regressão para a variação da temperatura do ar no interior do Abrigo Castanho, T_c , em função da temperatura exterior, Te , PAR exterior, Re e Humidade relativa exterior He .

Neste modelo 98.64% da variação de T_c é explicada por Te enquanto que no modelo preterido, aplicado ao grupo de dados complementar, tínhamos 98.69% da variação de T_c explicada por Te .

Para o conjunto dos 6390 dados ajustou-se então um modelo para a variação de T_c em função de Te :

$$T_c = 1.11318 Te, R^2_{aj} = 0.9771, n = 6390$$

Abrigo Branco Aberto

Com base em 5689 registos simultâneos da Temperatura do ar no interior do Branco Aberto, T_{ba} , da Te , Re e He relativos a períodos compreendidos entre 25 de Março de 1991 e 24 de Janeiro de 1992, seleccionou-se como melhor modelo explicativo da variação da temperatura no interior do Abrigo Branco Aberto, T_{ba} , o que resulta da aplicação da tabela 2.4, com um $R^2_{aj} = 0.9913$, $n=2844$ e sendo o Δ Erro na aplicação ao grupo complementar de -0.0678% do erro "mínimo".

Análise de Regressão múltipla para a variação de T_{ba}

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão	P
Te	1.022540	0.0178725	0.0000
Te^2	0.154108	0.0583430	0.0083
Re	0.343331	0.0224862	0.0000
Re^2	-0.196665	0.0156206	0.0000
He	-0.638849×10^{-2}	0.0009518	0.0000
$TeRe$	-1.022160	0.1273550	0.0000
$TeRe^2$	0.808688	0.1069130	0.0000
Te^2Re	0.880435	0.2686940	0.0011
Te^2Re^2	-0.988273	0.2060010	0.0000
Te^2He	-0.261124	0.0908876	0.0041
$ReHe$	-0.949238×10^{-1}	0.0163450	0.0000
Re^2He^2	0.514476×10^{-1}	0.0890221×10^{-1}	0.0000

Tabela 2.4 Análise de regressão para a variação da temperatura do ar no interior do Abrigo Branco Aberto T_{ba} em função da temperatura exterior, Te , PAR exterior, Re e Humidade relativa exterior He .

Neste modelo 98.96% da variação de T_{ba} é explicada por Te enquanto que no modelo preterido, aplicado ao grupo de dados complementar, 98.92% da variação de T_{ba} era explicada por Te . Para o conjunto dos 5689 dados ajustou-se então um modelo para a variação de T_{ba} em função de Te :

$$T_{ba} = 1.11383 Te, R^2_{aj} = 0.98019, n = 5689$$

Abrigo Branco Fechado

Com base em 5704 registos simultâneos da Temperatura do ar no interior do

Abrigo Branco Fechado, T_{bf} , e da Te , Re e He relativos a períodos compreendidos entre 25 de Março de 1991 e 24 de Janeiro de 1992, seleccionou-se como melhor modelo explicativo da variação de T_{bf} o que resulta da aplicação da tabela 2.5, com um $R^2_{aj} = 0.9872$, $n=2851$ e um Δ Erro na aplicação ao grupo complementar de 3.36 % do erro "mínimo". Neste modelo 97.95% da variação de T_{bf} é explicada por Te enquanto que no modelo preterido, aplicado ao grupo de dados complementar, 97.96% da variação de T_{bf} era explicada por Te .

Análise de Regressão múltipla para a variação de T_{bf}

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão	P
Te	2.306780	0.1129900	0.0000
Te^2	-3.221310	0.2897932	0.0000
Re^2	0.773265×10^{-1}	0.0118736	0.0000
He	-0.012292	0.0012662	0.0000
$Te.Re$	-2.355510	0.1869790	0.0000
$Te.Re^2$	1.007120	0.1488650	0.0000
$Te.He$	-2.955090	0.2839150	0.0000
$Te.He^2$	1.688970	0.1860870	0.0000
$Te^2.Re$	5.961070	0.4372130	0.0000
$Te^2.Re^2$	-2.877270	0.3138450	0.0000
$Te^2.He$	6.183100	0.7744300	0.0000
$Te^2.He^2$	-2.954110	0.6263890	0.0000
$Re.He$	0.826788	0.0672026	0.0000
$Re.He^2$	-0.437570	0.0547947	0.0000
$Re^2.He$	-0.465697	0.0522485	0.0000
$Re^2.He^2$	0.232709	0.0428306	0.0000

Tabela 2.5 Análise de regressão para a variação da temperatura do ar no interior do Abrigo Branco Fechado T_{bf} em função da temperatura exterior, Te , PAR exterior, Re e Humidade relativa exterior He .

Para o conjunto dos 5689 dados ajustou-se então um modelo para a variação de T_{bf} em função de Te :

$$T_{bf} = 1.15391 Te, R^2_{aj} = 0.9668, n = 5704$$

Comparação entre abrigos

Com base nos modelos lineares da variação da temperatura do ar no interior dos

diferentes abrigos em função da temperatura exterior:

$$Ti = 1.15286 Te, R^2_{aj} = 0.9605, n = 2370$$

$$Tba = 1.11383 Te, R^2_{aj} = 0.98019, n = 5689$$

$$Tc = 1.11318 Te, R^2_{aj} = 0.9771, n = 6390$$

$$Tbf = 1.15391 Te, R^2_{aj} = 0.9668, n = 5704$$

podemos compará-los entre si. Ordenando os abrigos pela grandeza dos coeficientes de Te , temos por ordem ascendente a seguinte sequência: 1º Castanho, 2º Branco Aberto, 3º Baixo, 4º Branco Fechado. A esta ordenação corresponde uma elevação também crescente da temperatura média do ar abrigos e da amplitude térmica no interior dos abrigos.

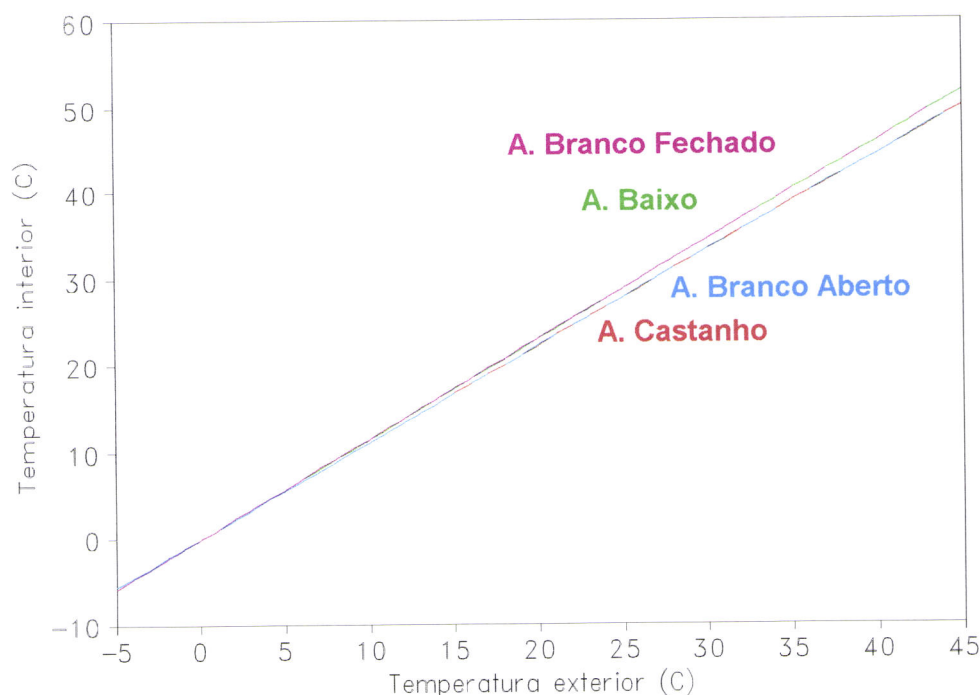


Figura 2.17 Gráfico da variação da temperatura no interior dos diferentes abrigos em função da temperatura exterior.

Todavia, conforme será fácil constatar a partir da análise da figura 2.17,

globalmente a variação térmica entre os diferentes abrigos é basicamente muito semelhante. Num caso extremo, por exemplo, quando a temperatura exterior, ascende a 45 C, no interior do abrigo mais quente, o Branco Fechado, teríamos 51.9 C e no abrigo mais fresco, o Castanho, 50.1 C uma diferença de 1 C apenas, com ambas as temperaturas lesivas para os tecidos foliares (Dias *et al.*, 1992). A temperaturas mais baixas, as diferenças passam a ser da ordem das décimas de grau o que dificilmente terá algum significado biológico. Apesar disto, haverá uma probabilidade de se registarem temperaturas supra-óptimas, eventualmente lesivas dos tecidos, com maior frequência, no Abrigo Branco Fechado e no Abrigo Baixo que nos Branco Aberto e Castanho, o que já poderá ter obviamente consequências negativas no crescimento e produção das plantas. Da mesma forma, é também nestes abrigos que em caso de ocorrência de períodos anormalmente frios, serão de esperar temperaturas mais baixas que poderão igualmente afectar negativamente o crescimento das plantas e eventualmente a sua sobrevivência.

Entre os Abrigos de polipropileno Fechados, a temperatura eleva-se mais no Branco que no Castanho, diferença que pode atribuir-se a uma maior redução da radiação transmitida pelo Abrigo Castanho, mais opaco devido à incorporação de corante. A comparação entre o Abrigo Branco Aberto e o Abrigo Branco Fechado mostra, por outro lado, que a presença de orifícios laterais no abrigo permite reduzir ligeiramente a elevação da temperatura no interior do abrigo, promovendo uma maior perda de calor para o exterior. Esta redução é no entanto muito ligeira e inferior à conseguida com a coloração do plástico.

Surpreendentemente, no Abrigo Baixo onde a transmissão de radiação é, como se viu, mais elevada que nos Abrigos Brancos, não há maior elevação de temperatura que no Abrigo Branco Fechado. Para este facto podem colocar-se duas hipóteses que não se excluem mutuamente. Em primeiro lugar (a) ser o plástico que constitui o Abrigo Baixo mais permeável à passagem da radiação térmica para o exterior. Uma segunda hipótese que se pode colocar e está de acordo com os registos de humidade relativa (veja-se ponto 2.3.4) é que (b) a influência da planta nas condições internas do Abrigo Baixo é relativamente superior (dado o seu menor volume interno) nomeadamente no que diz respeito à concentração de vapor de água no ar que afecta directamente a temperatura pois que em atmosfera húmida é requerida mais energia do que em atmosfera seca para uma produzir uma elevação semelhante da temperatura do ar.

2.3.4. Humidade Relativa

Procedeu-se ao ajustamento de modelos descritivos da variação da Humidade Relativa do ar (HR) no interior dos diferentes abrigos em função de vários parâmetros medidos no exterior. Dado que a HR é dependente da temperatura incluiu-se a temperatura do ar, medida no interior do abrigo, entre as variáveis candidatas. Tal como anteriormente os dados de HR foram expressos como proporção, os de temperatura, em graus centígrados foram multiplicados por 10^{-2} , os de radiação foram expressos em mili mole por metro quadrado por segundo.

Consideraram-se como variáveis candidatas à explicação da variação da HR no interior dos abrigos, a HR no exterior, He , a temperatura do ar no exterior Te , e no interior dos abrigos Ti , Tc , Tba ou Tbf , a PAR no exterior, Re , estes parâmetros elevados ao quadrado, ao cubo e à quarta potência e as seguintes interações entre eles: $HeTe$, He^2Te , $HeTe^2$, He^2Te^2 , $HeRe$, He^2Re , $HeRe^2$, He^2Re^2 , $TeRe$, $TeRe^2$, Te^2Re , Te^2Re^2 , num total de 28 variáveis candidatas.

Procedeu-se como anteriormente após o apuramento dos dados (exclusão de registos impossíveis e valores em falta), à sua separação ordenada pela grandeza da variável dependente em dois grupos, de características estatísticas sensivelmente semelhantes, aos quais se ajustaram separadamente modelos de regressão curvilínea, seleccionando-se, por validação cruzada o melhor modelo preditivo.

Estes modelos são relativamente complexos e variáveis na sua estrutura, porém em todos os casos uma elevada percentagem da explicação fornecida pelo modelo é dada pela He por si só. Assim usando todos os dados apurados estabeleceram-se modelos mais simples e directamente comparáveis entre si para a variação da humidade relativa no interior dos vários abrigos em função da He .

Abrigo Baixo

Com base em 935 registos horários simultâneos da humidade relativa do ar no interior do Abrigo Baixo Hi , e da He , Te , Re e Ti relativos ao período compreendido entre 6 de Outubro e 14 de Novembro de 1990 (cerca de 40 dias), seleccionou-se como melhor modelo preditivo da variação de Hi o que resulta da aplicação da tabela 2.6, com $R^2_{aj} = 0.9970$, $n = 466$ e um Δ Erro da aplicação ao grupo complementar correspondente a 25.77% do erro "mínimo".

Apesar de incluir 10 variáveis, o comportamento deste modelo preditivo não pode considerar-se bom (Δ Erro elevado), ficando muito aquém dos ajustados anteriormente. Para isto poderá contribuir a variação circadiana da transpiração da planta abrigada, bem como alterações importantes entre a relação diurna e a nocturna da HR interior e exterior.

Análise de Regressão múltipla para a variação de *Hi*

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão	P
<i>He</i>	4.50865	0.584650	0.0000
<i>Te</i> ²	25.53330	3.886950	0.0000
<i>Re</i>	3.20183×10 ⁻²	0.010814	0.0032
<i>He</i> ²	-9.95957	2.113380	0.0000
<i>Te</i> ³	-119.80300	16.657300	0.0000
<i>He</i> ³	10.54790	2.581330	0.0001
<i>He</i> ⁴	-4.04644	1.067990	0.0002
<i>Te</i> ⁴	152.17600	21.918000	0.0000
<i>Ti</i> ⁴	-3.23789	1.234340	0.0090
<i>HeTe</i>	-2.00573	0.384944	0.0000

Tabela 2.6 Análise de regressão para a variação da humidade relativa do ar no interior do Abrigo Baixo, *Hi* em função da humidade relativa exterior, *He*, da temperatura no exterior *Te* e no interior do abrigo Baixo *Ti*, e da PAR exterior *Re*.

No modelo seleccionado, 75% da variação de *Hi* é explicada pela *He*. No modelo complementar (que mostrou um comportamento preditivo muito inferior com um Δ Erro = 62.53% do erro "mínimo"), *He* explica 97.72% da variação. Para o conjunto dos 935 dados a variação de *Hi* explicada exclusivamente como uma função de *He* é dada pela seguinte relação:

$$Hi = 1.09814 He, R^2_{aj} = 0.9731, n = 935$$

Abrigo Alto ou Castanho

Com base em 6390 registos horários simultâneos da HR no interior do Abrigo Baixo *Hc*, e da *He*, *Te*, *Re* e *Tc* relativos a períodos compreendidos entre 6 de Dezembro 1988 e 24 de Janeiro de 1992 (cerca de 266 dias), seleccionou-se como melhor modelo preditivo da variação de *Hc* o que resulta da aplicação da tabela

2.7, com $R^2_{aj} = 0.9941$, $n = 3194$ e um Δ Erro da aplicação ao grupo complementar de 0.19 %.

Análise de Regressão múltipla para a variação de Hc			
Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão	P
He	0.975662	0.269134×10^{-2}	0.0000
Te^2	1.400530	0.685623×10^{-1}	0.0000
Re	-0.190683	0.111991×10^{-1}	0.0000
Re^2	0.111451	0.656764×10^{-2}	0.0000
Tc^2	-3.073620	0.203887	0.0000
Te^3	-6.954260	0.369468	0.0000
Re^4	-0.924378×10^{-3}	0.558193×10^{-4}	0.0000
Tc^4	15.690600	0.778993	0.0000
$HeTe$	0.948670	0.135591	0.0000
$HeTc$	-1.670030	0.106046	0.0000

Tabela 2.7 Análise de regressão para a variação da humidade relativa do ar no interior do Abrigo Alto ou Castanho, Hc em função da humidade relativa exterior, He , da temperatura no exterior Te e no interior do Abrigo Castanho Tc , e da PAR exterior Re .

Neste modelo apenas 53.46% da variação de Hc é explicada por He . No modelo complementar (Δ Erro = 1.24% do erro "mínimo"), He explica 53.84% da variação. A percentagem de explicação dada pela HR exterior é bastante inferior em ambos os modelos ao padrão geral. A temperatura exterior apresenta também uma elevada percentagem de explicação em ambos os modelos. Em conjunto He e Te , explicam no modelo seleccionado 96.23% da variação de Hc e no modelo complementar 95.80%. No entanto, um modelo que descrevesse a variação de Hc em função destas duas variáveis não teria o mesmo valor preditivo que o mais complexo descrito na tabela 2.7, e seria igualmente desprovido de utilidade na comparação entre abrigos pois que a Te não está incluída nos modelos ajustados para outros abrigos. Assim estudou-se, para a totalidade dos dados disponíveis, a variação de Hc em função de He , a qual é dada pela seguinte relação:

$$Hc = 0.96345 He, R^2_{aj} = 0.9845, n = 6390$$

Abrigo Branco Aberto

Com base em 1024 registos horários simultâneos da HR no interior do Abrigo

Branco Aberto Hba , e da He , Te , Re e Tba relativos a períodos compreendidos entre 17 de Abril e 3 de Junho de 1992 (cerca de 42 dias), seleccionou-se como melhor modelo preditivo da variação de Hba o que resulta da aplicação da tabela 2.8, com $R^2_{aj} = 0.9835$, $n = 513$ e um Δ Erro da aplicação ao grupo complementar de 2.98 %.

Análise de Regressão múltipla para a variação de Hba

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão	P
He	1.661690	0.619631×10^{-1}	0.0000
He^2	-0.624628	0.660482×10^{-1}	0.0000
Tba^2	-2.340180	0.465596	0.0000
Te^3	11.704100	1.675000	0.0000
$HeRe$	-0.153575	0.167677×10^{-1}	0.0000

Tabela 2.8 Análise de regressão para a variação da humidade relativa do ar no interior do Branco Aberto, Hba em função da humidade relativa exterior, He , da PAR exterior Re , da temperatura no exterior Te e no interior do Abrigo Branco Aberto Tba .

Neste modelo 98.99% da variação de Hba é explicada por He . No modelo complementar (com um Δ Erro = 5.00% do erro "mínimo"), He explica 98.92% da variação de Hba . Para a totalidade dos dados a variação de Hba em função de He é dada pela seguinte relação:

$$Hba = 1.07437 He, R^2_{aj} = 0.9721, n = 1024$$

Abrigo Branco Fechado

Com base em 706 registos horários simultâneos da HR no interior do Abrigo Baixo Hbf , e da He , Te , Re e Tbf relativos ao período compreendido entre 19 de Fevereiro e 20 de Março de 1991 (cerca de 29 dias), seleccionou-se como melhor modelo preditivo da variação de Hbf o que resulta da aplicação da tabela 2.9, com $R^2_{aj} = 0.9988$, $n = 352$ e um Δ Erro da aplicação ao grupo complementar correspondente a 10.18% do erro "mínimo". Neste modelo 99.86% da variação de Hbf é explicada por He . No modelo complementar (com um Δ Erro = 22.74% do erro "mínimo"), He explica 99.86% da variação de Hbf .

Análise de Regressão múltipla para a variação de Hbf

Parâmetro	Coefficiente	Erro Padrão	P
He	3.931410	0.634962	0.0000
He^2	-10.520200	2.427590	0.0000
Te^2	1.436470	0.332665	0.0000
Tbf^2	6.650200	1.241530	0.0000
He^3	13.218100	3.051570	0.0000
Tbf^3	-70.058100	8.430530	0.0000
He^4	-5.652860	1.259590	0.0000
Tbf^4	127.491000	15.196600	0.0000
$HeRe$	0.641659×10^{-1}	0.108858×10^{-1}	0.0000

Tabela 2.9 Análise de regressão para a variação da humidade relativa do ar no interior do Abrigo Branco Fechado, Hbf em função da humidade relativa exterior, He , da PAR exterior Re e da temperatura no exterior Te e no interior do abrigo Tbf .

Assim, para a totalidade dos dados disponíveis ajustou-se um modelo para a variação de Hbf em função de He , sendo dada pela seguinte relação:

$$Hbf = 1.01847 He, R^2_{aj} = 0.9974, n = 706$$

Comparação entre abrigos

Para compararmos a variação da humidade relativa do ar no interior dos vários abrigos socorremo-nos das relações ajustadas que descrevem a sua variação como uma função exclusiva de He , segundo as quais:

$$Hi = 1.09814 He, R^2_{aj} = 0.9731, n = 935$$

$$Hc = 0.963449 He, R^2_{aj} = 0.9845, n = 6390$$

$$Hba = 1.07437 He, R^2_{aj} = 0.9721, n = 1024$$

$$Hbf = 1.01847 He, R^2_{aj} = 0.9974, n = 706$$

Conforme a figura 2.18 evidencia, as diferenças entre abrigos no que diz respeito à variação interna da humidade relativa do ar não são muito marcadas.

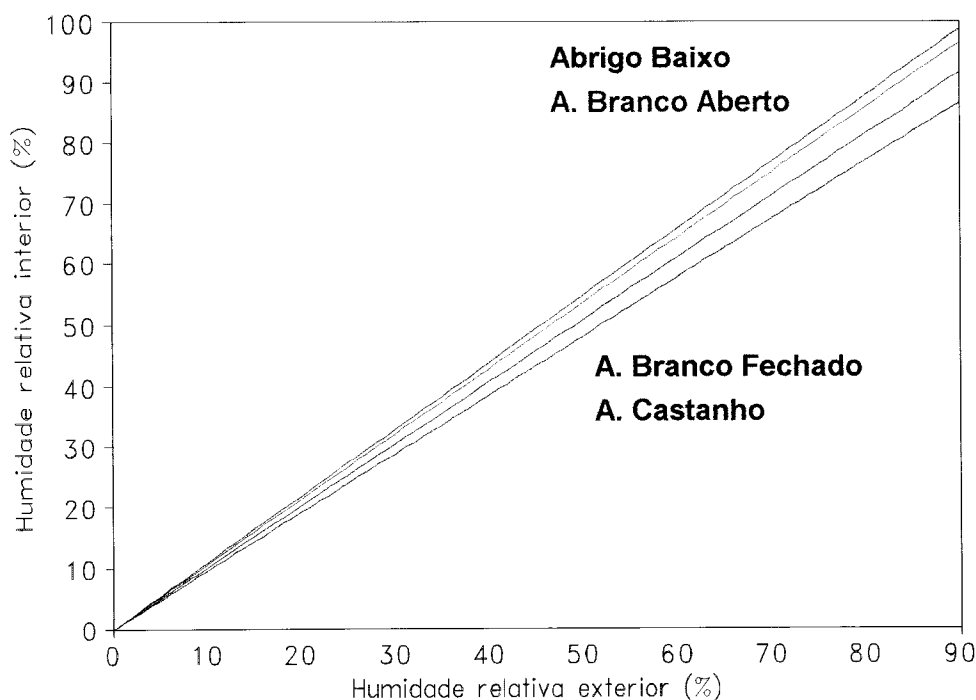


Figura 2.18 Variação da humidade relativa do ar no interior dos diferentes abrigos em função da variação da humidade relativa do ar no exterior.

Ordenando os abrigos por ordem ascendente da grandeza do coeficiente de *He* temos em 1º lugar o Abrigo Castanho, o único abrigo onde globalmente a HR acaba por ser ligeiramente mais baixa que no exterior, em 2º lugar o Abrigo Branco Fechado, em 3º o Aberto e por fim o Abrigo Baixo.

Para esta ordenação dos abrigos, inesperadamente indiferente à temperatura (veja-se ponto 2.3.3, pg. 63), poderá contribuir de forma determinante o factor planta (Evans e Potter, 1985; Rendle, 1985). O factor planta, variável e não quantificado, poderá explicar os valores ligeiramente superiores registados no Abrigo Baixo, já que este com um espaço interno consideravelmente mais exíguo que os restantes favorece à partida, o volume relativo ocupado pela planta no abrigo. A superfície foliar transpirante será em qualquer caso importante nesta conjuntura e como se verá adiante (capítulo 3) ela é também particularmente aumentada neste abrigo. O factor planta poderá igualmente explicar a posição do Abrigo Castanho, no qual o menor aumento da temperatura interna (relativamente aos restantes) faria esperar uma HR superior, e as posições relativas dos Abrigos Brancos (veja-se capítulos 3 e 4). Porém, esta última situação, que pode parecer

inesperada, explica-se também pelas as temperaturas ligeiramente mais elevadas no Abrigo Fechado.

2.4. Conclusões

Todos os abrigos reduzem a radiação fotossinteticamente activa disponível para as plantas no seu interior, redução que é mais importante sob luz intensa, mas a duração do dia não é praticamente alterada.

A temperatura do ar no interior durante o dia é consideravelmente aumentada, mas durante a noite é ligeiramente reduzida do que resultam temperaturas médias diárias e amplitudes térmicas diárias superiores no interior dos abrigos.

Em todos os abrigos a HR é aumentada durante o período nocturno, sendo frequente a observação de atmosferas saturadas de vapor de água durante a noite com excepção do período estival. Durante o Verão, apesar da humidade nocturna se manter mais elevada no interior dos abrigos, não se aproxima, em média, da saturação. Durante o dia, a HR nos abrigos mostrou tendência a ser ligeiramente inferior à exterior no Abrigo Castanho, muito semelhante, ou ligeiramente superior, à exterior nos Abrigos Brancos, sendo de notar que o Abrigo Aberto é mais húmido que o Fechado. Só no Abrigo Baixo se registaram HR's diurnas nitidamente superiores às do exterior. No seu conjunto a variação observada da humidade relativa no interior dos abrigos evidencia a importância determinante do factor planta neste parâmetro.

A redução da PAR disponível, acompanhada também pela alteração da qualidade da luz no interior dos abrigos, tenderá previsivelmente a reduzir a fotossíntese e produção de biomassa e a produzir um ajustamento do crescimento envolvendo possivelmente, entre outros aspectos, o aumento do crescimento em altura, a redução do crescimento em diâmetro e a alteração da partição de biomassa com prejuízo da biomassa radicular relativamente à biomassa aérea. No entanto, durante grande parte do ano podem ser esperados benefícios para o crescimento das plantas de uma temperatura mais elevada no interior dos abrigos, podendo pelo menos teoricamente, o balanço entre a redução da luz e uma temperatura mais favorável, conjugada com possíveis concentrações mais elevadas de CO₂ acabar por beneficiar a fotossíntese no interior dos abrigos.

Porém, as plantas abrigadas estão sujeitas a temperaturas mais extremas que as

plantas no exterior, implicando o uso de abrigos um aumento do risco de danos nas plantas, caso se registem temperaturas extremas, quer baixas quer elevadas. Comparando as condições no interior dos diferentes abrigos estudados observam-se diferenças bem marcadas na PAR, menos marcadas na HR, enquanto na temperatura do ar sobressaem sobretudo as semelhanças.

A presença de orifícios de arejamento, que não parece impedir a ocorrência de elevadas concentrações internas de CO₂ (Minter *et al.*, 1992), reduziu muito ligeiramente a temperatura média no interior do abrigo, atenuando as máximas e mínimas, com um concomitante aumento ligeiro da humidade relativa do ar. Assim, no nosso clima, a presença de orifícios laterais de arejamento, afigura-se como positiva, para o crescimento das plantas abrigadas.

2.5. Resumo

Os abrigos individuais de material plástico, transparente ou translúcido, usados na protecção de jovens árvores, alteram profundamente o microclima em redor das plantas abrigadas influenciando o seu desenvolvimento. Algumas dessas alterações são discutidas à luz da sua possível influência no crescimento.

No clima temperado sub-húmido com grande défice de água no Verão da região de Évora, procedeu-se à monitorização da radiação fotossinteticamente activa (PAR), temperatura e humidade relativa do ar (HR) em quatro abrigos diferentes, contendo jovens sobreiros em crescimento e no exterior, junto de uma planta não abrigada. As plantas, dispostas em grandes contentores, foi fornecida rega nos períodos de défice de precipitação. Usou-se um abrigo afunilado, com 6-8 cm de diâmetro e 0.75 m de altura, de polietileno transparente, fumado (Abrigo Baixo), sendo os três restantes, paralelepípedicos, de polipropileno canelado, translúcido, com 1.20 m de altura e 8 cm de aresta, de cor branca, dispondo ou não de orifícios laterais para arejamento (Abrigos Branco Aberto e Fechado) e de cor castanha sem orifícios de arejamento (Abrigo Alto ou Castanho).

Observou-se uma relativa constância na relação entre as condições interiores dos abrigos e as exteriores ao longo do ano. A duração do dia não é praticamente afectada pelos abrigos. A PAR é substancialmente reduzida em todos os abrigos, sendo a redução mais acentuada sob elevada intensidade luminosa. Durante a Primavera-Verão, a insolação directa do interior do abrigo ao meio do dia é mais importante que noutras épocas do ano o que poderá influenciar o futuro comportamento fotossintético das folhas em formação.

A temperatura do ar no interior dos abrigos é superior à do exterior durante todo o período diurno sendo as diferenças máximas observadas ao meio do dia. Ao nascer e pôr do Sol regista-se uma inversão de temperaturas entre exterior e o interior dos abrigos que não ocorre normalmente numa estufa, pelo que o "efeito de estufim" difere neste aspecto do "efeito de estufa". Quanto maior a elevação da temperatura durante o dia, num determinado abrigo, maior é igualmente a redução da temperatura nocturna. A elevação diurna da temperatura (ca. 2 C) no interior dos abrigos, é muito mais importante que a redução nocturna (ca. - 0.5 C) e assim

as plantas, no interior de um estufim, podem beneficiar, durante grande parte do ano, de temperaturas médias mais favoráveis à fotossíntese. Porém, dado que ficam sujeitas a temperaturas mais extremas, o risco de danos causados quer por baixas quer por elevadas temperaturas é aumentado pelo uso de abrigos.

A HR durante a noite é muito elevada e sempre próxima da saturação no interior dos abrigos, com excepção do período estival. Durante o dia, a HR tende a ser mais reduzida no interior do Abrigo Castanho do que no exterior, ligeiramente superior ou idêntica à exterior nos Abrigos Brancos e muito superior à ambiente no Abrigo Baixo, o único que se mostrou eficaz na manutenção de uma atmosfera interna húmida, o que poderá ser importante para o estabelecimento e crescimento das plantas. A relação entre a superfície transpirante da planta abrigada e o volume interno do abrigo aparenta ser um factor determinante na variação diurna da HR num abrigo. De uma forma geral, os modelos de regressão ajustados mostram diferenças marcadas entre abrigos na PAR, menos marcadas na HR e mínimas no respeito à temperatura.

3. Ensaio 1: Crescimento de sobreiros jovens em abrigos individuais	74
3.1. Introdução	75
3.2. Materiais e métodos	76
3.2.1. Condições meteorológicas durante o Ensaio	76
3.2.2. Material vegetal	78
3.2.3. Procedimento experimental	79
3.2.4. Análise numérica dos dados	83
3.3. Resultados e discussão	84
3.3.1. Crescimento em altura	84
3.3.2. Diâmetro do tronco	88
3.3.3. Ramificação	91
Número de ramos	91
Comprimento dos ramos produzidos	94
Comprimento médio dos ramos laterais	94
Comprimento total dos ramos laterais	96
3.3.4. Produção de folhas	99
Número de folhas e área foliar	99
Dimensões foliares	104
Densidade foliar e de área foliar	109
Área Foliar Específica	111
3.3.5. Desenvolvimento radicular	113
3.3.6. Produção de Biomassa	121
3.4. Conclusões	127
3.5. Resumo	127

3. Ensaio 1: Crescimento de sobreiros jovens em abrigos individuais

3.1. Introdução

O Ensaio 1 foi delineado de forma a permitir o acompanhamento do desenvolvimento aéreo dos jovens sobreiros, instalados ou não em abrigos individuais, através de medições não destrutivas efectuadas durante uma estação de crescimento e simultaneamente a permitir estimar o seu desenvolvimento radicular, bem como a produção global de biomassa no final da estação de crescimento, permitindo uma avaliação dos efeitos sobre o crescimento precoce do sobreiro da instalação no interior de abrigos individuais.

Os abrigos usados neste ensaio, como qualquer tipo de abrigo que se utilize ao redor de uma planta, além de constituírem uma barreira física para o crescimento lateral das plantas, alteram necessariamente as condições atmosféricas na vizinhança imediata da planta abrigada, de forma mais ou menos drástica, revolucionando o microclima em seu redor e afectando profundamente o seu desenvolvimento.

No capítulo 2 discutiram-se as alterações microambientais provocadas, pela presença dos abrigos que funcionam grosso modo como pequenas estufas ou estufins e caracterizaram-se as alterações micrometeorológicas provocadas, sob o nosso clima, na PAR, temperatura e humidade relativa do ar, pelos abrigos usados neste ensaio e igualmente empregues Ensaio de Campo (veja-se Capítulo 5).

Neste capítulo compara-se a evolução ou a expressão no final do ensaio de vários parâmetros que permitem caracterizar o crescimento das plantas, discutindo-se o efeito dos abrigos usados no desenvolvimento de sobreiros jovens nas condições particulares do Ensaio 1.

Quando este ensaio foi delineado conheciam-se já alguns trabalhos realizados Inglaterra (Tuley, 1983, 1985, Evans e Potter, 1985; Potter, 1988) envolvendo o crescimento de várias espécies arbóreas, incluindo várias espécies de *Quercus*; nesses estudos evidenciaram-se respostas diferentes consoante as espécies, na adaptação aos abrigos.

Tornava-se evidente que uma das principais questões a esclarecer era saber, para cada caso, se as alterações observadas correspondiam efectivamente a um estímulo do crescimento das plantas ou se pelo contrário, os efeitos observados na parte aérea das plantas abrigadas resultavam de simplesmente de uma diferente distribuição da biomassa.

Considerou-se importante, neste contexto, para além de analisar os efeitos produzidos na parte aérea das plantas, investigar cuidadosamente o efeito dos abrigos no desenvolvimento radicular bem como na produção global e partição de biomassa. Por esse motivo optou-se pela instalação das plantas em contentores de grandes dimensões, que não restringissem de forma importante o seu desenvolvimento e que permitissem, por outro lado, assegurar uma boa recuperação das raízes no final do ensaio.

3.2. Materiais e métodos

O Ensaio 1 foi realizado em condições de ar livre, num talhão da Horta da Herdade da Mitra, Évora, cuja localização e características já referimos anteriormente (veja-se ponto 2.2.2), entre 17 de Junho e 30 de Outubro de 1988.

3.2.1. Condições meteorológicas durante o Ensaio

Para o período em que decorreu o Ensaio 1 não existem registos oficiais relativos à Estação Meteorológica da Mitra, desactivada desde Março de 1987. As informações climáticas de que dispomos são os dados da estação meteorológica mais próxima, ou seja Évora, juntamente com os observados no local durante o

mês de Agosto de 1988 (Dias *et al.*, 1990). Na figura 3.1 apresentam-se gráficos da variação da temperatura média mensal (média das medianas diárias) e precipitação mensal acumulada (A), da temperatura média mensal das temperaturas máximas e mínimas diárias e insolação mensal acumulada (B) e da Humidade relativa do ar às 6 UTC (C), observados entre Maio e Novembro de 1988, o período em que as plantas permaneceram no local do ensaio.

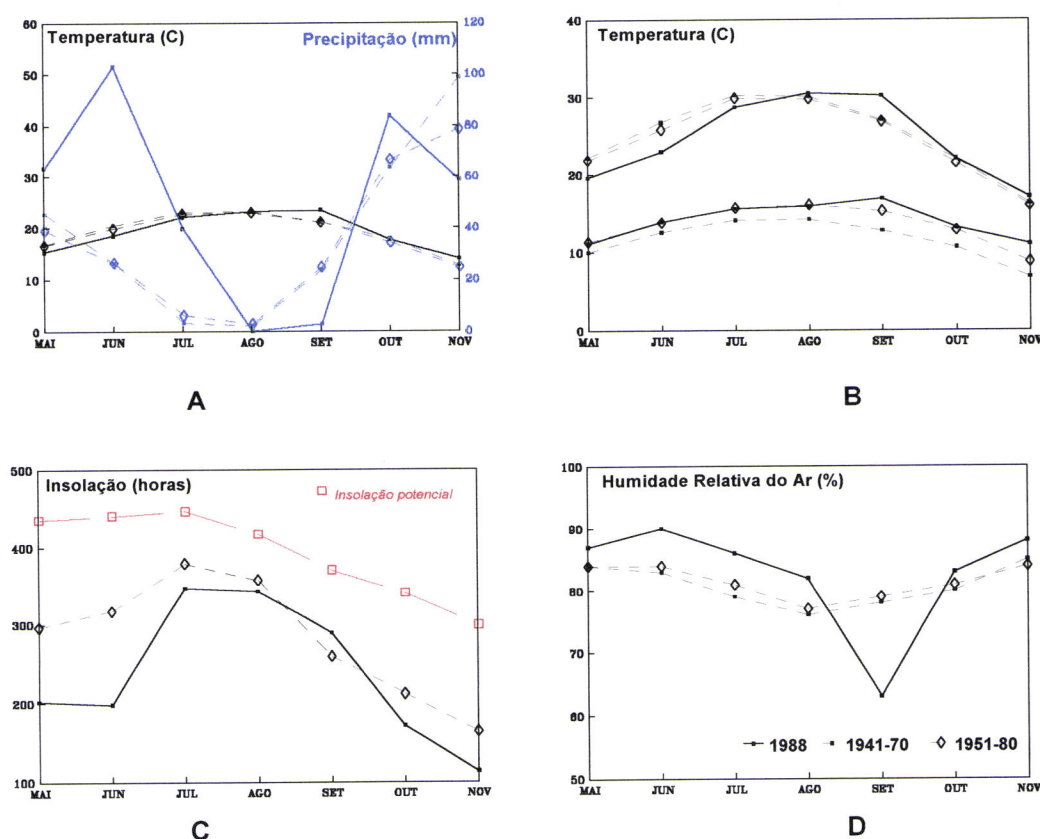


Figura 3.1 Gráficos da variação de **A.** Temperatura média mensal (das medianas diárias), e Precipitação mensal acumulada. **B.** Temperaturas médias mensais das temperaturas máximas e mínimas diárias. **C.** Insolação mensal acumulada e Insolação máxima potencial e **D.** Humidade relativa média mensal às 6 UTC. As linhas cheias referem-se a parâmetros meteorológicos observados na EMN de Évora em 1988, durante o período em que decorreu o Ensaio 1 e as linhas tracejadas aos valores observados na mesma estação durante dois períodos de trinta anos (entre 1914-70 e 1951-80).

Como referência são incluídos nos gráficos os valores médios destes parâmetros

registados na estação de Évora durante dois períodos de trinta anos entre 1941 e 1970 e entre 1951-1980 para o que se recorreu a informações disponibilizadas pelo Instituto de Meteorologia e Geofísica e aos dados apresentados por Reis e Gonçalves (1987) e Mendes *et al.* (1991). Da comparação entre os valores registados na Primavera-Verão de 1988 e os registados nos dois períodos de trinta anos, pode concluir-se que as temperaturas registadas na região de Évora nesse período foram normais para a época do ano, havendo apenas a assinalar a ocorrência de precipitação abundante e invulgar durante o mês de Junho, tornando este mês, normalmente seco num mês húmido. Também em Julho a precipitação foi relativamente elevada para a época, tornando o mês de Julho de 1988 relativamente menos seco do que em média os trinta anos considerados. Em Setembro, pelo contrário, a ocorrência de precipitação foi inferior ao habitual apresentando-se a Humidade Relativa do ar também abaixo dos valores normais. Assim Setembro de 1988 pode considerar-se um mês relativamente mais seco do que o normal.

3.2.2. Material vegetal

Neste estudo utilizaram-se plantas provenientes de lande do ano anterior, produção de Novembro/Dezembro, amavelmente fornecida pela Direcção dos Serviços Florestais de Évora. A colheita da lande foi efectuada na Herdade da Chamusca, Concelho de Mora, tendo em conta critérios de pureza e extensão dos povoamentos de sobre nessa área e boa qualidade da cortiça aí produzida.

No início de Janeiro as landes foram postas a germinar no interior de uma estufa-viveiro na Tapada da Ajuda, Lisboa, em sacos de plástico negro, perfurados no fundo. Os sacos, uma vez preenchidos com o substrato de crescimento, adquirem uma forma sensivelmente cilíndrica com 22 cm de altura e 6 cm de diâmetro, constituindo um contentor individual para a germinação e desenvolvimento inicial das plantas. Como substrato utilizou-se uma mistura de terra proveniente de viveiro (Emporsil, Cariceira, Tramagal, Abrantes), cujas características se resumem na tabela 3.1 e turfa 7:3 (v:v). À mistura foi fornecida uma adubação com super-fosfato a 18% (1100 g m⁻³). Os sacos colocados muito juntos, em tabuleiros plásticos com fundo de rede receberam rega manual consoante as necessidades.

No final do mês de Março, decorridos cerca de três meses no viveiro os

contentores com as jovens plantas foram transferidos para o exterior do viveiro, onde permaneceram em local ensombrado durante cerca de três semanas para aclimação às condições do exterior. No final de Abril as plantas foram transferidas em "caixa fechada" para o local do ensaio, situado a cerca de duas horas de viagem, onde completaram a sua aclimação ao exterior em condições de semi-ensombramento.

Textura	G, grosseira
pH (H ₂ O)	5.2, solo ácido
Matéria orgânica	2.6 %, baixo
Fósforo (P ₂ O ₅)	8 ppm, muito baixo
Potássio (K ₂ O)	67 ppm, médio
NEC. CAL (Ca CO ₃)	12 t/ha

Tabela 3.1 Características conhecidas de uma amostra da terra utilizada no substrato empregue no viveiro. Análise do Laboratório Rebelo da Silva, Ministério da Agricultura.

3.2.3. Procedimento experimental

Em 30 de Maio de 1988, trinta plântulas de sobreiro foram transplantadas dos sacos de plástico onde se desenvolviam para novos contentores. Utilizaram-se contentores cilíndricos em PVC rígido, cinzento claro com 1.20 m de comprimento e 20 cm de diâmetro preenchidos com uma mistura 1:1 (v:v) de terra colhida no local, nos 20 cm superficiais do solo e areia branca de rio não crivada. Para assegurar a sua estabilidade, os contentores foram enterrados a 20 cm de profundidade, tendo-se colocado na interface com o solo, uma camada de argila expandida ($\varnothing$ 8-15 mm) com sensivelmente 2 cm de altura, com o objectivo de facilitar o arejamento e drenagem da coluna de terra no interior do contentor e ainda de permitir uma clara separação entre o interior e exterior dos contentores na altura da recuperação das raízes (figura 3.2). Na tabela 3.2 apresentam-se as características conhecidas da terra utilizada, podendo classificar-se o solo de origem como hidromórfico segundo a Carta-Esboço dos Solos da Herdade da Mitra (Departamento de Geociências, UE, 1979). A opção de utilizar uma mistura de terra e areia como substrato teve em conta por um lado factores de ordem económica que nos levaram a rejeitar a utilização de preparados comerciais disponíveis no mercado por excessivamente dispendiosos dado o volume envolvido. Por outro lado, havendo conveniência em recorrer à terra do local e

tendo em conta as características pouco favoráveis às culturas deste tipo de solo que se apresenta extremamente seco e compactado na época seca e excessivamente "frio" ou asfíxiante no Inverno (Cardoso, 1965) tornava-se necessário proceder à sua correcção com vista a garantir condições de drenagem e arejamento convenientes dentro dos contentores para o que se recorreu à mistura com areia branca de rio relativamente grossa e misturada com elementos grosseiros ($\varnothing$ superior a 2 mm) recolhida na Ribeira de Peramanca.

Textura	m, média
pH(H ₂ O)	7.7, pouco alcalino
Fósforo (P ₂ O ₅)	345 ppm, muito alto
Azoto (NO ₃)	7 ppm
Potássio (K ₂ O)	166 ppm, alto
NEC. CAL (Ca CO ₃)	0 t/ha
Cálcio (Ca)	7.10 meq/100g
Magnésio (Mg)	2.10 meq/100g
Sódio(Na)	0.40 meq/100g

Tabela 3.2 Características de uma amostra de terra colhida nos 20 cm superficiais de solo no local do ensaio. Análise do Laboratório Químico-Agrícola da Universidade de Évora.

Os contentores foram dispostos em três linhas com orientação Norte-Sul com um compasso de 2 m nas linhas e entre linhas, começando a linha central avançada de 1 m a Oeste em relação às laterais, obtendo-se uma distribuição espacial tipo quadrado latino que apresenta a vantagem de poupar espaço e diminuir a incidência de ensombramento mútuo (figura 3.2). Após o transplante para os tubos de PVC, as plantas foram regadas semanalmente até 30 de Setembro, passando a partir de então e até final do ensaio a depender da precipitação. A partir do dia 17 de Junho, foram aplicados dois tipos de abrigo individual a conjuntos de 10 plantas seleccionadas aleatoriamente, deixando como Testemunha um conjunto de 10 plantas a que não foi aplicado nenhum abrigo. A distribuição resultante dos vários tratamentos no Ensaio 1 está esquematicamente representada na figura 3.2b.

Os abrigos utilizados, também empregues no ensaio de campo descrito no capítulo 5, são modelos comerciais de material plástico que designaremos abreviadamente por Abrigo Baixo e Abrigo Alto e foram descritos anteriormente (ponto 2.2.1).

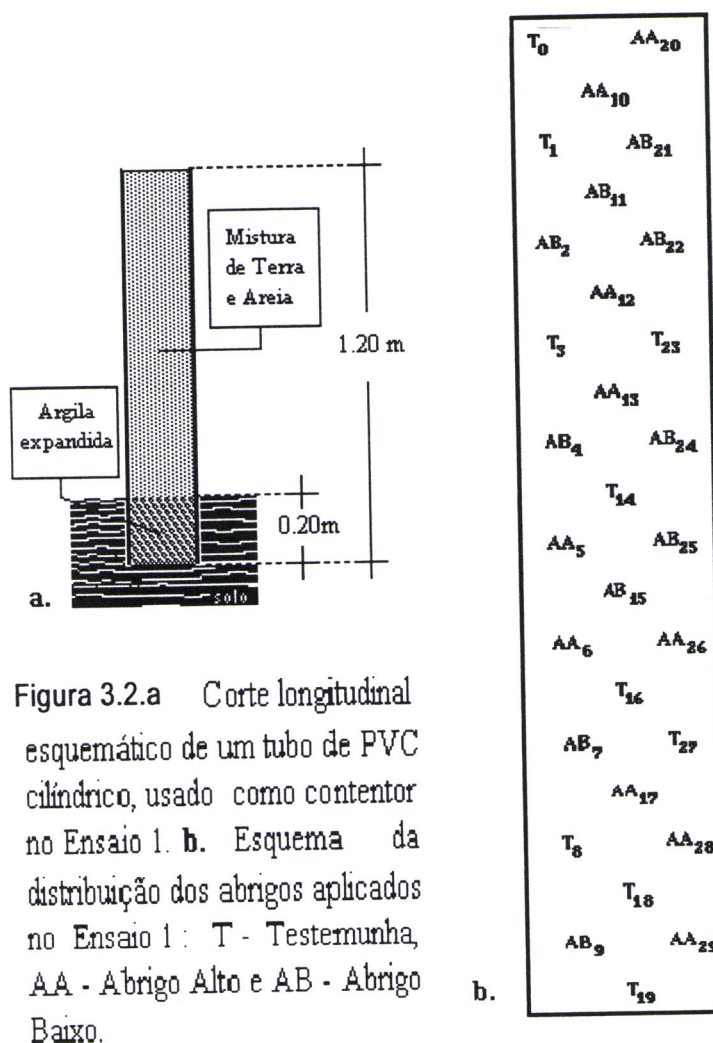


Figura 3.2.a Corte longitudinal esquemático de um tubo de PVC cilíndrico, usado como contentor no Ensaio 1. b. Esquema da distribuição dos abrigos aplicados no Ensaio 1: T - Testemunha, AA - Abrigo Alto e AB - Abrigo Baixo.

O crescimento das plantas no interior e exterior dos abrigos foi acompanhado por meio de determinações não destrutivas de alguns parâmetros fenológicos ao longo do ensaio 1. Nos dias 17 de Junho, 12 de Junho, 28 de Junho, 14 de Setembro e 28 de Outubro de 1988 efectuaram-se as seguintes determinações em todas as plantas de cada tratamento. (1) Comprimento do ramo principal, (2) Comprimento dos ramos laterais, (3) Número de ramos laterais, (4) Número de folhas dos ramo principal, (5) Número de folhas dos ramos laterais. As dimensões foliares, comprimento e largura do limbo das folhas, foram também medidas em todas as plantas imediatamente antes do início da aplicação dos abrigos a 17 de Junho e posteriormente, ao longo do ensaio, em duas plantas escolhidas

aleatoriamente por tratamento.

Calculou-se posteriormente a área foliar para o que se procedeu ao ajustamento de um modelo de regressão linear relacionando as dimensões lineares do limbo e área foliar. Os procedimentos seguidos no ajustamento e selecção do modelo usado encontram-se descritos em anexo. Segundo o modelo seleccionado, que não incluiu a largura foliar, a área foliar A , expressa em milímetros quadrados, é calculada a partir do comprimento do limbo foliar C , expresso em milímetros:

$$A = 0.551457501 C^2$$

O diâmetro do colo só foi medido no final do ensaio imediatamente após o corte das plantas, com o auxílio de uma craveira graduada em décimas de milímetro, visto que o diâmetro dos contentores e a disposição das plantas no seu interior impossibilitaram a sua determinação deste parâmetro ao longo do Ensaio 1.

De 29 de Outubro a 25 de Novembro procedeu-se ao corte das plantas para determinação da biomassa. Dada a morosidade do processo, houve o cuidado de processar em cada dia um número igual de plantas de cada tratamento. As plantas foram cortadas ao nível do colo separando-se assim a parte aérea da subterrânea. Na parte aérea, separaram-se logo em seguida os ramos laterais do ramo principal acondicionando-se em sacos plásticos. Estes foram mantidos a baixa temperatura no interior de uma caixa térmica até serem transportados para o laboratório onde os caules e folhas foram separados.

A fim de se poder determinar posteriormente a área foliar, as folhas foram dispostas sobre uma folha de papel branco colocado por sua vez sobre uma placa rígida de madeira prensada (platex). Sobre o conjunto colocou-se cuidadosamente uma placa de vidro anti-reflexo de 2 mm de espessura. As folhas ficaram assim ligeiramente comprimidas sobre o fundo branco do papel e o vidro, sendo então fotocopiadas. Houve o cuidado de afixar um quadrado de papel milimétrico na face interior da placa de vidro (a que fica em contacto com as folhas) e de comparar sempre a fotocópia com o original verificando a fidelidade dos resultados.

As raízes foram cuidadosamente recuperadas. Tal como a parte aérea foram transportadas para o laboratório em sacos plásticos mantidos a baixa temperatura no interior de uma caixa térmica preparada para o efeito. No laboratório foram cuidadosamente lavadas e fotografadas imersas em água fria no interior de

tabuleiros brancos com o objectivo de permitir a comparação posterior da morfologia radicular. Após secagem com o auxílio de ventilação fria procedeu-se à separação das raízes em classes de diâmetro definidas tendo em conta a morfologia geral apresentada por estas. Consideraram-se quatro classes de diâmetro: (1) raízes de diâmetro igual ou inferior a 1 mm, (2) raízes de diâmetro superior a 1 mm e igual ou inferior a 2 mm, (3) raízes de diâmetro superior a 2 mm e igual ou inferior a 5 mm e finalmente (4) raízes de diâmetro superior a 5 mm. Dentro de cada classe de diâmetro as raízes foram medidas directamente com uma régua graduada em milímetros ou foi medido 1 m de raiz sempre que o comprimento das raízes da classe excedia consideravelmente esse valor, de forma a por extrapolação e uma vez conhecidos os respectivos pesos secos, obter uma estimativa aproximada do comprimento das raízes.

Todo o material vegetal recolhido foi colocado logo que possível numa estufa Cassel de ventilação forçada, a 80 °C, em recipientes de folha de alumínio, durante um período mínimo de 72 h. Após a secagem os recipientes contendo o material vegetal foram fechados e transferidos para um excicador de forma a permitir o seu arrefecimento em ambiente seco e determinado o peso seco, utilizando-se para tal uma balança de precisão Sartorius.

3.2.4. Análise numérica dos dados

Na análise do crescimento tentou-se o ajustamento de modelos de regressão da variação dos parâmetros estudados em função do tempo, dos tratamentos aplicados e da interacção entre eles. Seguiram-se de uma forma geral os procedimentos descritos por Draper e Smith (1981) sendo, nalguns casos, alguns detalhes da análise apresentados juntamente com os resultados. Consideraram-se como possíveis factores de variação, para além do tempo, variáveis de tipo atributo relativas aos tratamentos aplicados as quais foram transformadas em três vectores para o factor Abrigo: Abrigo Baixo: 1,0,0; Abrigo Alto: 0,1,0 e Testemunha: 0,0,1. O ajustamento dos modelos efectuou-se pelo método dos mínimos quadrados. Os dados de tempo, expresso em dias foram previamente transformados por multiplicação por 10^{-3} , os dados das diferentes variáveis estudadas foram também transformados por divisão por 10 ou por potências variáveis de base 10 conforme a sua grandeza.

À partida, considerando o tempo, um termo quadrático para o tempo, as variáveis tipo atributo do factor abrigo e das todas as interacções pertinentes de 1º grau entre variáveis, das quais se excluem naturalmente as interacções entre as variáveis que codificam o factor abrigo, tomaram-se como candidatas um total de onze variáveis. Utilizou-se o módulo STEP de Statgraphics (1989), seguindo-se uma selecção por etapas ascendente, com uma probabilidade nominal de erro do tipo I de entrada ou saída de variáveis do modelo de $\alpha \approx 0.05$.

Nos parâmetros de que se dispõe apenas de dados referentes ao final do ensaio como sejam a biomassa, o diâmetro do colo, o comprimento das raízes e a área foliar os tratamentos foram comparados por meio de testes t de Student precedidos quando necessário de transformação dos dados por divisão por 10 ou potências de base 10, utilizou-se o módulo TOWSAM de Statgraphics (STCS, 1989). Sempre que não se observou homogeneidade de variâncias recorreu-se ao teste não paramétrico de Mann-Whitney para a comparação das amostras, utilizando o módulo WILCOX de Statgraphics (STCS, 1989). A probabilidade de erro tipo I para a rejeição da ou das hipóteses nulas foi $\alpha = 0.05$.

3.3. Resultados e Discussão

3.3.1. Crescimento em altura

Na tabela 3.3 encontram-se resumidos os dados relativos à variação da altura das plantas dos diferentes tratamentos ao longo do tempo. No início do Ensaio 1, as plantas tinham aproximadamente 15 cm de altura.

Tempo (dias)	Tratamentos	Altura mm		
		Testemunha	Abrigo Baixo	Abrigo Alto
0	Média	137.7	157.7	157.8
	Erro	9.7	15.0	17.3
25	Média	199.1	284.2	266.1
	Erro	13.6	19.6	30.9
41	Média	207.5	364.4	293.8
	Erro	15.5	25.4	43.0
89	Média	254.7	508.2	422.4
	Erro	18.7	34.6	50.3
133	Média	252.0	526.5	442.9
	Erro	20.8	40.5	40.4

Tabela 3.3 Variação da altura média e erro padrão nas plantas testemunha e abrigadas ao longo do tempo, contado a partir do início dos tratamentos.

No final da estação de crescimento notavam-se diferenças nítidas entre os abrigos. A altura média das plantas aproximava-se dos 25 cm na Testemunha, dos 50 cm no Abrigo Alto e dos 45 cm no Abrigo Baixo. Na figura 3.3 pode observar-se a evolução deste parâmetro na primeira estação de crescimento das plantas.

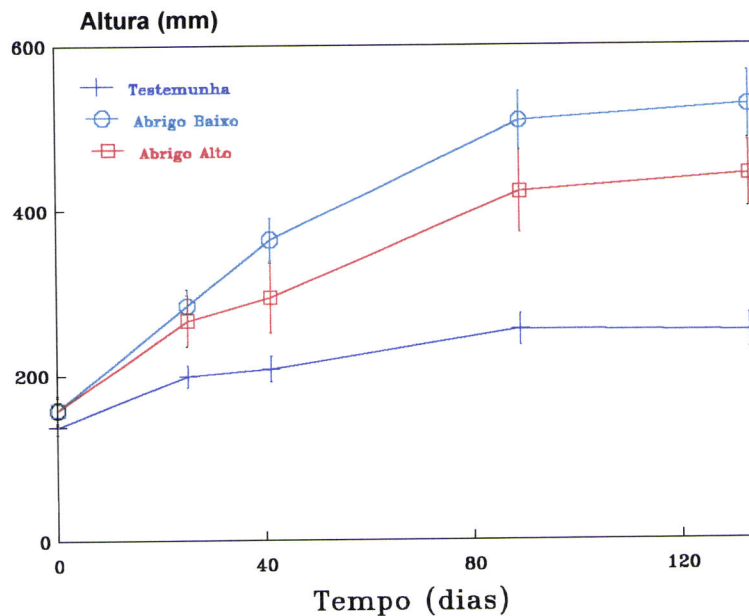


Figura 3.3 Altura média e erro padrão dos tratamentos Abrigo Baixo, Abrigo Alto e Testemunha ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 1.

A variação da altura das plantas ao longo do tempo foi estudada por meio de uma análise de regressão baseada em 150 observações. Segundo o modelo ajustado, a variação da altura, A , com o tempo, T , pode ser descrita por uma equação com a fórmula geral seguinte com um $R^2_{aj} = 0.6784$:

$$A = \exp (a + b T + c T^2 + d T Z_1 + e T Z_3 + f T^2 Z_1)$$

onde $\exp$ representa a base dos logaritmos neperianos, a é a constante que representa a ordenada na origem ou seja a altura média no tempo zero, b , c , d , e e f são coeficientes que afectam os termos significativos da equação e Z_1 e Z_3 são as variáveis mudas que codificam o factor Abrigo assumindo o valor 1 respectivamente para o Abrigo Baixo e Testemunha. Por substituição destas

variáveis pelos valores que assumem nos diferentes tratamentos, pode simplificar-se a equação transformando-a numa equação geral, aplicável a todos os tratamentos, com a fórmula seguinte:

$$A = a' \cdot \exp (b' T + c' T^2) \quad (2)$$

onde, considerando a altura A expressa em milímetros a' , b' e c' assumem os valores apresentados na tabela 3.4.

Tratamento	a'	$b' \times 10^{-3}$	$c' \times 10^{-6}$
Abrigo Baixo	160.511289	17.113121	-56.975183
Abrigo Alto	160.511289	15.816877	-56.975183
Testemunha	160.511289	6.635789	-23.084253

Tabela 3.4 Coeficientes do modelo descritivo da variação da altura (expressa em milímetros) com o tempo (expresso em dias contados a partir da colocação dos abrigos) durante o Ensaio 1, entre 17 de Junho e 28 de Outubro de 1988.

Na figura 3.4 pode observar-se o relativamente bom ajustamento entre o modelo ajustado e os valores observados no período em causa.

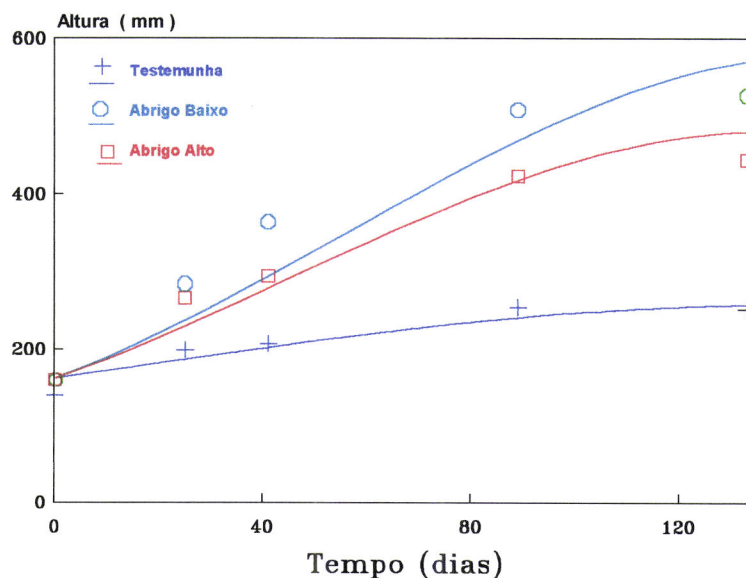


Figura 3.4 Curvas ajustadas e valores médios observados para a variação da altura de sobreiros jovens crescendo no interior de dois tipos de abrigo e no seu exterior durante o Ensaio 1.

O modelo descritivo ajustado permite esclarecer as questões fundamentais que se colocam quanto à variação da altura. Verifica-se que, independentemente do tratamento, a altura aumenta exponencialmente com o tempo mas esse aumento é afectado por um factor de atenuação dado pelo termo quadrático do tempo de coeficiente negativo. Há uma variação significativa associada aos tratamentos que sendo inicialmente idênticos (mesmo a') divergem devido a diferenças na taxa de incremento linear com o tempo b' .

O estímulo do crescimento em altura é frequentemente observado em plantas abrigadas (Tuley, 1983, 1985; Davies, 1985; Rendle, 1985; Tchuente, 1987; Applegate e Bragg, 1989; Lantagne *et al.*, 1990, Lantagne, 1991, 1995, 1996; Beetson *et al.*, 1991; Ponder, 1991, 1995, 1997; Allen, 1992; Burger *et al.*, 1992, 1997; Collet e Frochot, 1992; Kittredge *et al.*, 1992; Mayhead e Jenkins, 1992; Minter *et al.*, 1992; Svihra *et al.*, 1993; Torbert e Johnson, 1993; Applegate e Robson, 1994; Jones *et al.*, 1996; Kjelgren, 1994; Lehman, 1994; Kost *et al.*, 1996; Kost *et al.*, 1997; Mayhead e Boothman, 1997; Witmer *et al.*, 1997; Hammatt, 1998; Kost *et al.*, 1998; Mayhead e Price, 1998).

O estímulo do crescimento em altura tem sido atribuído a um ambiente mais favorável ao crescimento das plantas (Tuley, 1983, 1985; Evans e Potter, 1985; Potter, 1988; Beetson *et al.*, 1991; Burger *et al.*, 1992), mas poderá constituir sobretudo uma resposta bem conhecida (Kozlowski, 1971; Smith, 1981) à redução da intensidade luminosa. Nalguns casos, o maior crescimento em altura, foi observado em associação com uma maior produção de biomassa (Tuley, 1983; 1985) e engrossamento basal do tronco (Tuley, 1983, 1985; Applegate e Bragg, 1989). Porém, nem sempre o estímulo do crescimento em altura, observado no interior de abrigos, é acompanhado por alterações significativas da produção de global biomassa (Rendle, 1985), ou do engrossamento basal do tronco (Minter *et al.*, 1992; Burger *et al.*, 1992; Lehman, 1994; Ponder, 1995; Jones *et al.*, 1996; Witmer *et al.*, 1997), estando mais frequentemente associado à redução do engrossamento basal do tronco (Rendle, 1985; Davies, 1985; Ponder, 1991; Collet e Frochot, 1992; Kittredge *et al.*, 1992; Mayhead e Jenkins, 1992; Burger *et al.*, 1992, 1997; Minter *et al.*, 1992; Kjelgren, 1994; Jones *et al.*, 1996; Mayhead e Boothman, 1997; Witmer *et al.*, 1997) e da produção global de biomassa (Mayhead e Jenkins, 1992; Burger *et al.*, 1997; Mayhead e Boothman, 1997). Nos casos em que um aumento da produção de biomassa e crescimento radial do

tronco acompanham o estímulo do crescimento em altura, estaremos certamente em presença de um ambiente mais favorável ao crescimento das plantas, porém, nos casos em que tal não sucede, o estímulo do alongamento observado nos abrigos, poderá resultar de uma alteração da forma de crescimento mais do que um verdadeiro estímulo do crescimento com aumentada produção de biomassa (Lantagne, 1991).

Potter (1987a) observou que em abrigos produzindo diferentes graus de ensombramento, aplicados a carvalhos, freixos e faias, se verificava um estímulo do crescimento em altura crescente com o grau de ensombramento provocado pelos abrigos, o qual era acompanhado por um decréscimo também crescente do alargamento do tronco. Segundo este autor, verificava-se um certo grau de estiolamento a partir de reduções correspondentes a 55% da luz incidente, medidos na base dos abrigos. Se nos jovens sobreiros houver uma resposta à redução da luz idêntica à observada por Potter nestas experiências, e abstraindo-nos do facto de termos medido a luz a uma altura diferente no interior do abrigo, o estímulo do crescimento em altura observado no Abrigo Baixo (40.60% de redução da luz), poder-se-á possivelmente explicar por condições mais favoráveis no interior do abrigo (de temperatura, humidade e concentração de CO₂, entre outras). Porém, o estímulo do crescimento em altura observado no Abrigo Alto (78.59% de redução da luz), corresponderia basicamente a um simples estiolamento em resposta à redução da intensidade luminosa. O facto do estímulo do crescimento em altura ser mais intenso no Abrigo Baixo, onde a luz é menos reduzida parece sustentar esta hipótese cujo esclarecimento só poderá fazer-se por confrontação com as medidas de diâmetro do tronco e produção de biomassa.

3.3.2. Diâmetro do Tronco

Os resultados observados após uma estação de crescimento, no final do Ensaio, estão resumidos na tabela 3.5, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. Apesar de não significativas estatisticamente, as ligeiras diferenças que se notam entre os tratamentos, não são desprovidas de significado biológico e definem em nossa opinião, a tendência para a evolução deste parâmetro. Tendo o crescimento radial do tronco uma evolução relativamente lenta, é frequente as diferenças observadas neste parâmetro ao fim de pouco tempo ou no final da

primeira estação de crescimento não serem estatisticamente significativas, mas tornam-se significativas algum tempo mais tarde ou nas estações de crescimento seguintes (Rendle, 1985; Kittredge *et al.*, 1992; Mayhead e Jenkins, 1992, Mayhead e Boothman, 1997). Como se verá adiante (capítulo 4, ponto 4.3.2), ao fim de duas estações de crescimento, as diferenças neste parâmetro, entre Abrigo Castanho e Testemunha tornaram-se significativas. Assim julgamos que estes resultados se harmonizam com a hipótese de que há um estímulo geral do crescimento no Abrigo Baixo enquanto no Abrigo Alto se verifica um simples estiolamento. Torna-se porém necessário a sua confrontação com os dados de produção de biomassa.

	Testemunha	Abrigo Baixo	Abrigo Alto
Diâmetro médio do colo (cm)	5.25	5.39	5.04
Erro padrão (cm)	0.19	0.18	0.16
Comparação entre tratamentos	Testemunha vs. A. Baixo	Testemunha vs. A. Alto	A. Baixo vs A. Alto
t de Student	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

Tabela 3.5 Diâmetro médio do colo e respectivo erro padrão no final do Ensaio 1 nas plantas testemunha e abrigadas, $n = 10$. *ns* indica que as diferenças entre os tratamentos não são estatisticamente significativas ($P > 0.05$).

Tuley (1985) observou estímulos do crescimento em diâmetro do tronco a várias alturas (5; 25 e 45 cm acima do colo) em jovens plantas de *Quercus petraea* no interior de abrigos, dois e três anos após a colocação dos abrigos. Lamentavelmente as características dos abrigos usados nestas experiências, nomeadamente no que diz respeito à intercepção de luz, não são indicadas. Porém, Davies (1985) em experiências conduzidas igualmente em Inglaterra com a mesma espécie, observou após duas estações de crescimento, a redução significativa da área basal do tronco nas plantas em abrigos translúcidos com 1.20m de altura e 8 cm de aresta. Nas mesmas experiências com sicômoro (*Acer pseudoplatanus* L.), este investigador observou igualmente uma redução significativa, e mais acentuada, da área basal do tronco nas plantas abrigadas após duas estações de crescimento.

Em *Quercus robur*, Rendle (1985), não observou diferenças significativas no diâmetro do tronco, medido 5 cm acima do colo, entre as plantas abrigadas e não

abrigadas, em abrigos de polipropileno branco canelado com 1.20 m de altura e 10 cm de aresta, após uma estação de crescimento. Após duas estações de crescimento as diferenças tornaram-se significativas, sendo o diâmetro reduzido nas plantas abrigadas. Applegate e Bragg (1989) observaram maiores áreas basais em *Toona australis* (F.Muell.) Harms entre 2 e 9 meses após a aplicação de abrigos de PVC (Growtubes), com 1, 2 e 3 m de altura. A redução do alargamento do tronco é no entanto mais frequentemente observada (Burger *et al.*, 1992, 1997; Collet e Frochot, 1992; Kittredge *et al.*, 1992; Mayhead e Jenkins, 1992; Minter *et al.*, 1992; Kjelgren, 1994; Kelgren e Rupp, 1997; Mayhead e Boothman, 1997; Mayhead e Price, 1998), em diversos tipos de abrigo com diferentes espécies e sob diferentes climas. O factor essencial, para os diferentes resultados obtidos poderá ser a intensidade luminosa no interior do abrigo, como indiciam os trabalhos de Potter (1987). Efectivamente sempre que se verifique uma redução importante da luz no interior do abrigo é de esperar a redução da fotossíntese, da biomassa produzida a todos os níveis e do alargamento do tronco das plantas.

Os resultados descritos por Beetson *et al.* (1991) parecem poder relacionar-se com esta questão. Estes autores observaram em duas espécies florestais australianas, *Eucalyptus cloeziana* F. Muell e *Grevillea robusta* (R.Br.)Cunn., um maior crescimento do diâmetro do colo, durante um ano, em plantas colocadas abrigos (Growtube) com 0.9 m de altura do que na testemunha não abrigada. Em abrigos mais altos, com 1.9 e 2.9 m de altura, o crescimento foi mais reduzido, especialmente no abrigo mais alto. Estes diferentes resultados deverão ter fundamentalmente que ver com diferenças na redução da luz provocada pelo abrigos, a qual será presumivelmente tanto maior quanto mais altos eles forem, embora evidentemente outros actores estejam em jogo entre os quais o tempo que estas plantas de crescimento rápido levam a sair dos abrigos (cerca de 2, 5 e 8 -10 meses respectivamente).

É de notar que para alguma variação observada no efeito dos abrigos sobre o crescimento radial do caule deverá contribuir o facto de para o mesmo abrigo, dado que a redução da luz tende a ser mais importante sob elevadas intensidades luminosas (veja-se capítulo 2), será de esperar uma maior redução da intensidade luminosa interior num clima mais "luminoso" como o português do que num clima de maior nebulosidade. Conforme se discutiu anteriormente (veja-se ponto 2.1.4),

a ausência de vento no interior dos abrigos poderá contribuir também para a redução do crescimento radial do tronco das plantas e do seu grau de afunilamento.

3.3.3. Ramificação

Número de ramos

No início do Ensaio 1 apenas 23% das plantas se encontravam já ramificadas e o número de ramos era muito baixo, sendo a média de 1.43 ramos por planta ramificada. A distribuição aleatória dos vários tratamentos resultou pouco igualitária. Na Testemunha ficaram duas plantas ramificadas, cada uma com um único ramo; no Abrigo Baixo apenas uma planta tinha dois raminhos e no Abrigo Alto havia três plantas ramificadas, três com um único ramo e uma com três ramos.

No final do Ensaio, todas as plantas sem exceção, tinham desenvolvido ramos laterais, variando o número médio de ramos por planta entre 9 na Testemunha, 10.6 no Abrigo Alto e 23.3 no Abrigo Baixo.

Tempo (dias)	Número de Ramos Laterais		
	Testemunha	Abrigo Baixo	Abrigo Alto
0	0.200 ± 0.133	0.200 ± 0.200	0.600 ± 0.306
25	4.000 ± 0.856	6.500 ± 1.579	4.500 ± 1.360
41	4.200 ± 0.800	12.500 ± 1.753	6.500 ± 1.572
89	6.200 ± 1.254	14.600 ± 1.863	6.900 ± 1.410
133	9.000 ± 2.033	23.300 ± 3.493	10.600 ± 2.583

Tabela 3.6 Variação do número médio de ramos laterais por planta (incluíram-se na média as plantas não ramificadas) e respectivo erro padrão ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 1 (n = 10).

Na tabela 3.6 estão resumidos os dados relativos à evolução do número de ramos presentes nas plantas ao longo do tempo. Na figura 3.6A pode observar-se a

variação deste parâmetro ao longo do tempo e na figura 3.6B apresenta-se o modelo de regressão curvilínea ajustado para a sua variação em função do tempo.

O modelo ajustado para a variação do número de ramos, NR , em função do tempo, T , expresso em dias e baseado em 150 dados observados, com um $R^2_{aj} = 0.7724$, descreve essa variação como:

$$NR'_{\text{Abrigo Baixo}} = \{ [\exp (2.307002 T' - 5.938728 T'^2)] \} - 1$$

$$NR'_{\text{A. Alto e Testemunha}} = \{ [\exp (1.416809 T' - 5.938728 T'^2)] \} - 1$$

onde $NR' = NR \times 10^{-2}$ e $T' = T \times 10^{-3}$. Conforme o modelo, a variação do número de ramos ao longo do tempo difere entre o Abrigo Baixo, onde a produção de novos ramos é nitidamente estimulada, e os restantes tratamentos que não diferem entre si.

Entre o Abrigo Alto e a Testemunha não há diferenças significativas na evolução do número de ramos produzido mas é de notar, que o número médio de ramos no final da estação de crescimento é ligeiramente mais elevado nas plantas do Abrigo Alto do que nas plantas Testemunha.

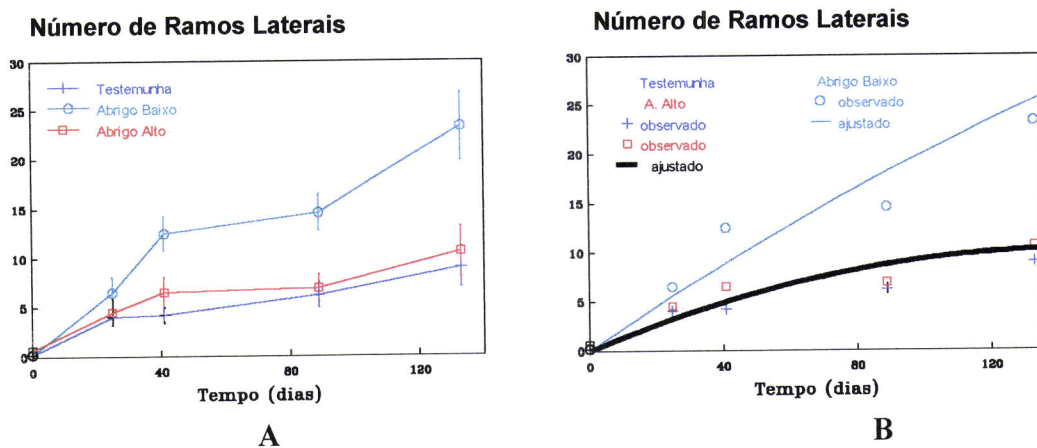


Figura 3.6 A. Gráficos da variação do número médio de ramos laterais, nas plantas abrigadas e testemunha e respectivo erro padrão. **B.** Modelo de regressão curvilínea ajustado para a variação do número de ramos em função do tempo.

Pelo menos neste abrigo, senão em ambos, seria, à partida de esperar uma redução da produção de ramos laterais devido ao ensombramento. Com efeito, sob

condições de baixa intensidade luminosa é de esperar uma redução da produção de ramos laterais devido ao reforço da dominância apical, que tem, nestas condições a vantagem evidente de permitir à planta concentrar a sua energia no crescimento em altura. Os fabricantes de abrigos não deixam de referir a inibição da ramificação como uma vantagem a esperar do uso dos seus produtos, permitindo a produção de caules direitos e madeira sem nós, de qualidade superior.

No entanto, a influência dos abrigos, intermediada por múltiplos factores, sobre a ramificação das plantas, um processo também ele de grande complexidade e variabilidade inter-específica (Brunig, 1976; Jankiewicz e Stecki, 1976), parece variar grandemente conforme a espécie e as condições do abrigo. Em jovens cerejeiras, *Prunus avium* L., provenientes de propagação vegetativa foi observada a inibição quase total da ramificação do tronco nas plantas abrigadas em abrigos (Tubex) de polipropileno canelado verde com 0.6 m de altura, após uma estação de crescimento (Hammatt, 1998). Quando, na mesma espécie, foram usados abrigos artesanais de grandes dimensões, em rede de ensombramento de polietano verde (30-35% de ensombramento), tendo à partida 60 cm de altura (a altura dos abrigos foi aumentada de forma a acompanhar o crescimento das plantas) e diâmetros compreendidos entre 25 e 100 cm, observou--se uma redução (50%) do número de cerejeiras que ramificavam sem que o número de ramos por árvore ramificada tenha sido afectado pela presença dos abrigos (Collet e Frochot, 1992). Na cerejeira, com a sua típica explosão subapical dos ramos laterais numa copa regular (Tchuyente, 1987; Hammatt, 1998), a ramificação poderá estar sob uma influência mais forte do ápice caulinar, do que outras árvores onde os gomos axilares não se encontrem tão concentrados. Tchuyente (1987) observou, nesta espécie, uma ausência total de ramificação quer em abrigos, quer no exterior, após uma estação de crescimento. Em robínias (*Robinia pseudacacia* L.) e carvalhos (*Quercus borealis* M.), o mesmo autor observou geralmente uma redução do número de ramos produzidos nas plantas abrigadas enquanto em nogueiras híbridas (*Juglans regia* × *nigra*), as que melhor se desenvolveram no interior de abrigos, nos estudos efectuados por este investigador, as jovens árvores abrigadas mostraram tendência (diferenças não significativas) a ramificar mais.

No nosso estudo, o número de ramos produzido não é significativamente alterado pelo Abrigo Alto, apesar do elevado grau de ensombramento provocado por este abrigo, os jovens sobreiros conseguem crescer mais depressa em altura no

seu interior, sem necessidade de investir exclusivamente no crescimento em altura, podendo assim continuar a ramificar-se normalmente.

O facto de no Abrigo Baixo a produção de ramos ser estimulada em conjunto com o estímulo do crescimento em altura e do alargamento do colo parece inserir-se num padrão geral de estímulo, sugerindo que este abrigo cria condições realmente favoráveis ao desenvolvimento dos jovens sobreiros. De notar também que o aumento da produção de ramos laterais é uma resposta observada ao aumento da concentração atmosférica de CO₂ (Bowes, 1993, Ziska *et al.*, 1998) que poderá ocorrer no interior dos abrigos e contrariar o efeito do ensombramento no processo de ramificação.

Comprimento dos ramos produzidos

Comprimento médio dos ramos laterais

O comprimento médio dos ramos laterais, **CMR**, é dado para cada planta pela razão entre o somatório do comprimento (expresso em milímetros) de todos os ramos presentes na planta e o número de ramos. Para a média de cada tratamento consideraram-se apenas as plantas ramificadas. Na tabela 3.7 estão resumidos os resultados respeitantes a este parâmetro observados ao longo do Ensaio 1.

Tempo (dias)	Comprimento médio dos ramos (mm)		
	Testemunha	Abrigo Baixo	Abrigo Alto
0	29.50 ± 11.40	62.00	44.83 ± 11.45
25	28.25 ± 5.87	23.40 ± 7.01	24.64 ± 6.68
41	52.87 ± 11.78	30.56 ± 5.62	23.99 ± 7.15
89	107.40 ± 19.94	88.77 ± 13.00	76.14 ± 17.37
133	83.96 ± 14.54	80.97 ± 13.71	59.96 ± 10.72

Tabela 3.7 Variação do comprimento médio dos ramos laterais presentes por planta (não se incluíram na média as plantas não ramificadas) e respectivo erro padrão ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 1.

Apesar de se observarem valores algo dissemelhantes à partida, que se podem

atribuir à variabilidade própria dos pequenos números, o comprimento médio dos ramos laterais tende a convergir, nos três tratamentos, sendo no final do ensaio de cerca de 13 mm. O desenvolvimento dos ramos produzidos, evolui de forma significativamente diferente nos diferentes tratamentos conforme expressa o modelo ajustado para este parâmetro, para o qual, são fundamentais na separação dos tratamentos, os valores iniciais, quando o número de plantas ramificadas e o número de ramos era muito reduzido.

$$CMR' = [\exp (a + 21.827004 T' - 69.883215 T'^2)] - 1$$

onde $CMR' = CMR \times 10^{-2}$ e, $T' = T \times 10^{-3}$ e a é a constante ou seja o comprimento médio dos ramos no tempo zero, assumindo o valor 2.790638 na Testemunha, 2.633583 no Abrigo Baixo e 2.356637 no Abrigo Alto. O modelo baseado em 150 observações tem um $R^2_{aj} = 0.9460$.

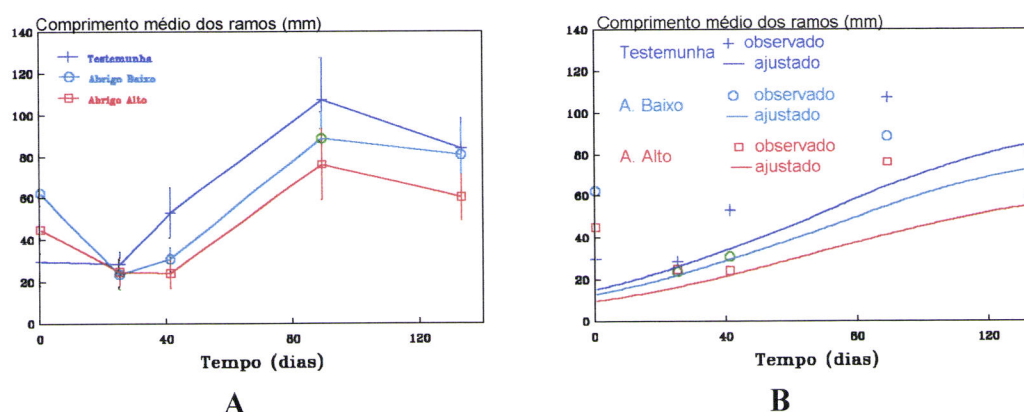


Figura 3.7. A. Gráficos da variação do comprimento médio dos ramos laterais, nas plantas abrigadas e testemunha e respectivo erro padrão. **B.** Modelo de regressão curvilinear ajustado para a variação do comprimento médio dos ramos em função do tempo.

Na figura 3.7 pode observar-se a evolução do comprimento médio dos ramos laterais, e do modelo ajustado para este parâmetro, em função do tempo.

Após um primeira fase de adaptação ao abrigo, a variação do comprimento médio de um ramo ao longo do ensaio mostra oscilações devidas a tratar-se de um

parâmetro composto. Sempre que as medições coincidam com o surgimento de novos ramos, o *CMR* tenderá a baixar. Assim, a presença, a dado momento, de muitos ramos novos e pouco desenvolvidos corresponde a uma depressão do *CMR*, posteriormente estes ramos desenvolvem-se, a presença de ramos muito pouco desenvolvidos perde alguma importância e o comprimento médio eleva-se, mais tarde surge um novo fluxo de novos ramos e observa-se nova redução do *CMR*. Neste aspecto não há nenhum desfasamento temporal entre os tratamentos que mostram uma certa sincronia.

As diferenças observadas no final do Ensaio 1, no comprimento médio dos ramos laterais, quando comparadas por testes *t* de Student não se revelam estatisticamente significativas como é bem patente na figura 3.7A.

Estes resultados são diferentes dos relatados por Collet e Frochot (1992) na cerejeira, onde foi encontrada uma redução importante nas dimensões dos ramos produzidos no interior de abrigos. Diferem também das observações de Burger *et al.* (1992) em *Quercus ilex* L. e *Cedrus deodara* Loud., que referem a formação de ramos mais pequenos, na primeira espécie, e mais longos na segunda, no interior dos mesmos abrigos. Também neste parâmetro da ramificação, uma grande variabilidade inter-específica parece afectar a resposta das plantas ao ambiente dos abrigos.

Comprimento total dos ramos laterais

O comprimento total de ramos laterais é dado pelo somatório do comprimento de todos os ramos individuais presentes numa planta. No início do Ensaio 1 poucas plantas se encontravam ramificadas, o número de ramos presente nessas poucas plantas era baixo e o seu desenvolvimento reduzido. O comprimento total de ramos nas plantas de um tratamento (foram considerados os zeros) variou, em média, entre valores iniciais, naturalmente bastante baixos, compreendidos entre 6 e 29 mm para no final do ensaio atingirem os 546-578 mm na Testemunha e Abrigo Alto respectivamente e cerca de 1600 mm no Abrigo Baixo. Na tabela 3.8 estão resumidos os resultados observados para este parâmetro e na figura 3.8 pode visualizar-se a sua evolução ao longo do tempo do ensaio, bem como a do modelo ajustado aos dados.

Segundo o modelo ajustado para a variação do comprimento dos ramos, *CR*, em

função do tempo T , baseado em 150 observações e com um $R^2_{aj} = 0.8198$, com $CR' = CR \times 10^{-2}$ e $T' = T \times 10^{-3}$ que:

$$CR'_{A. Baixo} = [\exp (1.115570 T')]-1$$

$$CR'_{A. Alto e Testemunha} = [\exp (0.441542 T')]-1$$

o que revela que a taxa de aumento do comprimento dos ramos no Abrigo Baixo é superior à observada no Abrigo Alto e Testemunha que não diferem entre si.

Tempo (dias)	Comprimento dos ramos laterais (mm)			CRP/CT		
	Testemunha	Abrigo Baixo	Abrigo Alto	Testemunha	Abrigo Baixo	Abrigo Alto
0	5.90 ± 5.47	12.40 ± 12.40	29.40 ± 18.14	0.972 ± 0.025	0.957 ± 0.043	0.889 ± 0.064
25	111.10 ± 27.44	150.30 ± 39.52	150.90 ± 71.70	0.684 ± 0.061	0.710 ± 0.065	0.757 ± 0.083
41	171.90 ± 23.33	343.50 ± 61.41	190.20 ± 75.49	0.568 ± 0.046	0.549 ± 0.049	0.717 ± 0.076
89	476.20 ± 50.85	1181.10 ± 156.19	464.50 ± 119.06	0.365 ± 0.032	0.321 ± 0.028	0.548 ± 0.061
133	546.00 ± 48.18	1599.60 ± 218.33	578.30 ± 144.45	0.322 ± 0.027	0.259 ± 0.017	0.512 ± 0.071

Tabela 3.8 Variação do comprimento total de ramos laterais presentes por planta (incluíram-se na média as plantas não ramificadas) e da razão entre o comprimento do ramo principal, CRP e o comprimento total de caules, CT (ramo principal + Ramos laterais) e respectivos erros padrão ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 1.

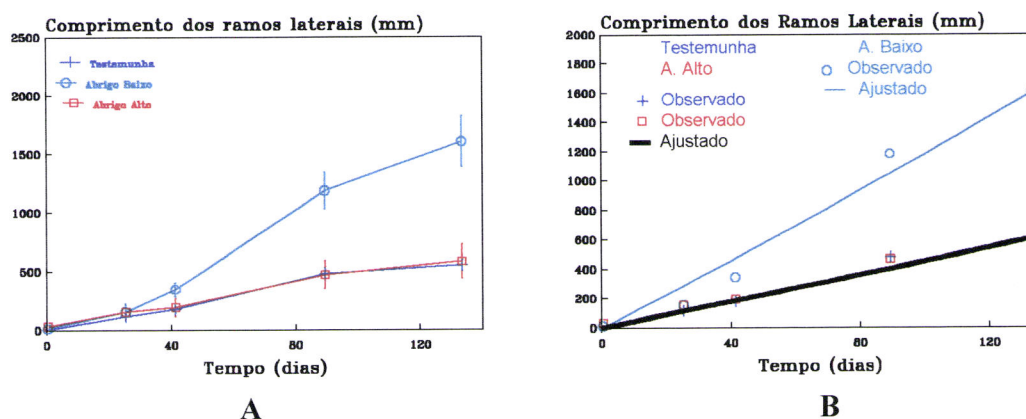


Figura 3.8 A. Gráficos da variação do comprimento dos ramos laterais, nas plantas abrigadas e testemunha e respectivo erro padrão. **B.** Modelo de regressão curvilinear ajustado para a variação do comprimento total dos ramos em função do tempo.

A discrepância entre os valores observados no Abrigo Baixo e nos restantes tratamentos pode atribuir-se basicamente ao estímulo da produção de ramos laterais a partir dos gomos axilares, desencadeado por este abrigo nos jovens sobreiros. Como se viu, o número de ramos foi muito aumentado no Abrigo Baixo e a evolução do número é muito semelhante à do comprimento total de ramos (comparem-se as figuras 3.6 e 3.8), além disso, como também se viu, o comprimento médio dos ramos laterais não difere significativamente entre os abrigos no final do ensaio.

Conforme se resume na Tabela 3.8 e evidencia a figura 3.9, a importância relativa do comprimento do conjunto dos ramos laterais para o comprimento total das plantas, aumenta com o tempo em todos os tratamentos, correspondendo a uma perda progressiva de importância relativa do ramo principal. Esta é ligeiramente acentuada no interior do Abrigo Baixo e consideravelmente reduzida pelo Abrigo Alto.

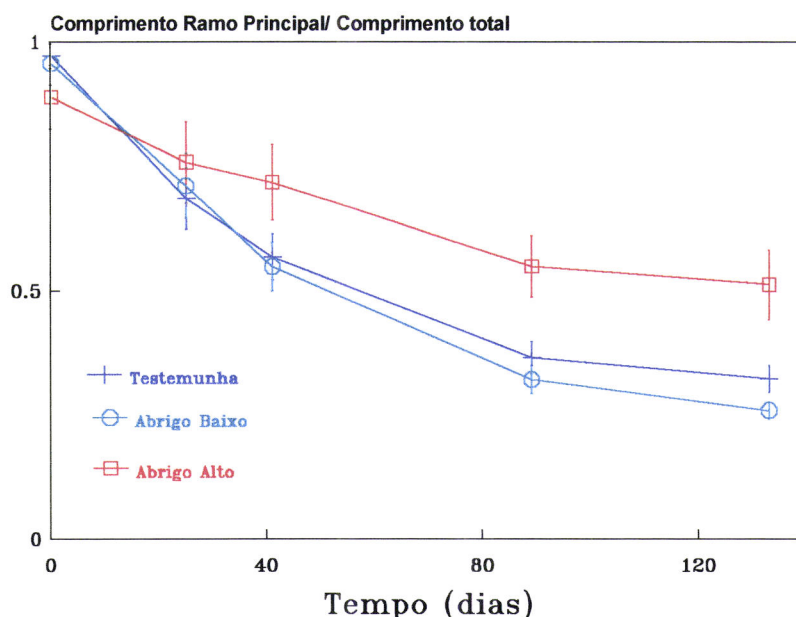


Figura 3.9 Gráficos da variação da razão média entre o comprimento do ramo principal e o comprimento dos total de caules e respectivo erro padrão, ao longo do tempo, nos abrigos e testemunha.

No Abrigo Alto em consequência de haver estímulo do crescimento do ramo principal das plantas e nenhum efeito no crescimento dos ramos, a importância relativa do ramo principal em termos de comprimento de caule na planta decresce

com o passar do tempo de uma forma mais lenta que na Testemunha, chegando ao final do ensaio com uma importância ainda superior, em média, à dos ramos laterais, o que já não acontece nem na Testemunha nem no outro abrigo. A razão média entre o comprimento do ramo principal e o comprimento dos ramos laterais é alterada pelo emprego do Abrigo Alto que no final do ensaio é significativamente superior à da Testemunha e Abrigo Baixo que não diferem entre si.

No caso particular do sobreiro, a redução da importância da ramificação como efeito de um abrigo, seria desejável podendo eventualmente eliminar a necessidade de efectuar a dispendiosa poda estrutural ou reduzir-lhe consideravelmente o custo.

3.3.4. Produção de folhas

Número de folhas e área foliar

A variação do número e área foliar ao longo do tempo do ensaio, foi seguida em duas plantas por tratamento ao longo. A existência de diferenças significativas entre os valores finais das amostras e a totalidade das plantas explica que se tomem a variação do número de folhas e área foliar destas " amostras" apenas como indicadores e que não se tenha procedido à análise numérica da sua variação.

No início do Ensaio 1, como esperado, não se encontraram diferenças significativas nas comparações efectuadas entre os grupos a tratar com uma única excepção referente ao comprimento foliar médio no ramo principal. O conjunto de plantas que viria a receber o Abrigo Alto superiorizava-se significativamente neste parâmetro relativamente ao conjunto das futuras plantas Testemunha..

A evolução do número de folhas e da área foliar nas plantas (figura 3.10) corresponde ao balanço entre o número de folhas produzidas e o número de folhas perdidas, aspecto que não foi possível quantificar de forma prática e segura. Considerando a totalidade da planta, verifica-se que o número de folhas é sempre crescente com o decorrer do tempo nos três tratamentos. A variação do número de folhas ao longo do tempo é sensivelmente semelhante na Testemunha e no Abrigo Alto como se pode concluir da análise da figura 3.10A.

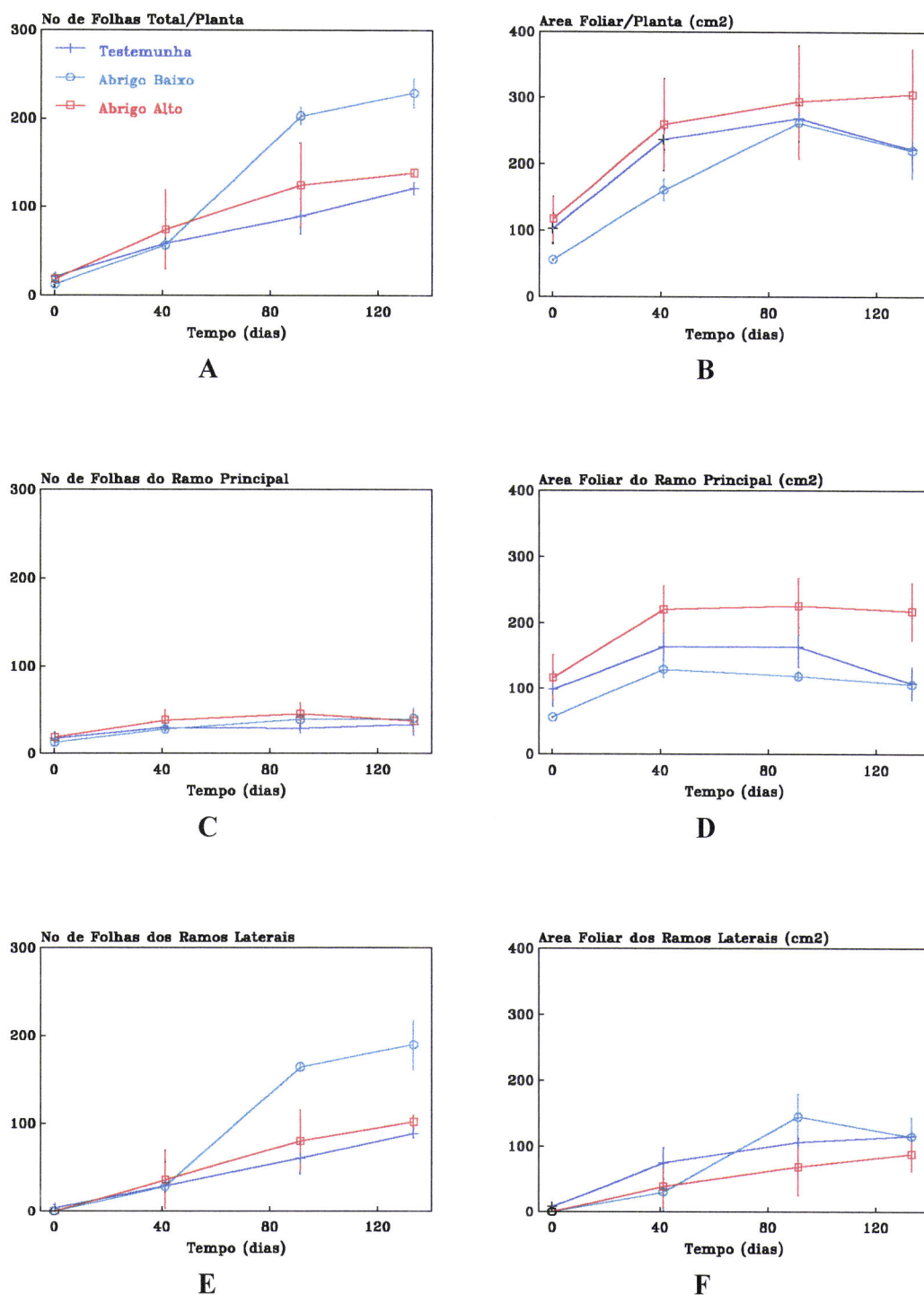


Figura 3.10 Gráficos da variação do número médio de folhas e da área foliar média ao longo do tempo e respectivos erros padrão, relativos à totalidade das folhas de uma planta (A e B), às folhas do ramo principal (C e D) e às folhas dos ramos laterais (E e F).

No Abrigo Baixo o número de folhas começa a divergir acentuadamente dos outros tratamentos sensivelmente a partir do 40º dia após a aplicação dos tratamentos, com uma taxa de incremento muito superior, de forma que no final do ensaio o número médio de folhas no Abrigo Baixo é sensivelmente duplo do presente nos outros tratamentos. Pode ainda notar-se que a taxa de aumento do número de folhas se atenua nitidamente no final do ensaio em ambos os Abrigos mas não na Testemunha. A comparação da variação do número de folhas ao nível do ramo principal e dos ramos laterais (figura 3.10 C e E) revela que o balanço global do número de folhas reflecte de forma muito aproximada a variação do número e comprimento total dos ramos laterais, qualquer que seja o tratamento (figuras 3.6 e 3.8). No ramo principal, a variação do número de folhas presentes ao longo do tempo do ensaio é relativamente pequena em todos os tratamentos (figura 3.10 C), enquanto que nos ramos laterais, o número de folhas aumenta consideravelmente em todos os tratamentos mas em especial no Abrigo Baixo (figura 3.10 E).

Da análise conjunta da variação do número de folhas e da área foliar pode concluir-se em primeiro lugar que não há uma relação directa entre ambas do que se retira que flutuações importantes na área média das folhas deverão ao longo do tempo. Apesar do número médio de folhas presente nas plantas ser sempre crescente, a evolução da área foliar descreve uma curva com uma primeira fase ascendente seguida de uma fase descendente nos tratamentos Testemunha e Abrigo Baixo. Em ambos os casos, ao decréscimo da área foliar corresponde um aumento do número de folhas. Assim sendo, este decréscimo terá que interpretar-se como resultante da substituição de folhas relativamente grandes por outras que sendo mais numerosas serão necessariamente mais pequenas.

Na Testemunha, o decréscimo da área foliar total nas plantas resulta apenas de um decréscimo ao nível do ramo principal. No Abrigo Baixo resulta de um decréscimo que se estende a toda a planta, sendo mais acentuado nos ramos. No Abrigo Alto a evolução da área foliar total processa-se de forma diferente, descrevendo uma curva sempre ascendente embora com um incremento mais atenuado na fase final do período de tempo examinado. Nestas plantas regista-se uma ligeira redução da área foliar no ramo principal mas esta é superada pelo aumento de área foliar dos ramos laterais.

Conforme se torna claro após análise da figura 3.11, no que diz respeito ao



número de folhas, a importância relativa do ramo principal nas plantas decresce rapidamente em todos os tratamentos, mas no que diz respeito à área foliar, o decréscimo da contribuição do ramo principal processa-se de uma forma muito mais lenta de modo que no final do ensaio é ainda relativamente elevada, sobretudo no Abrigo Alto.

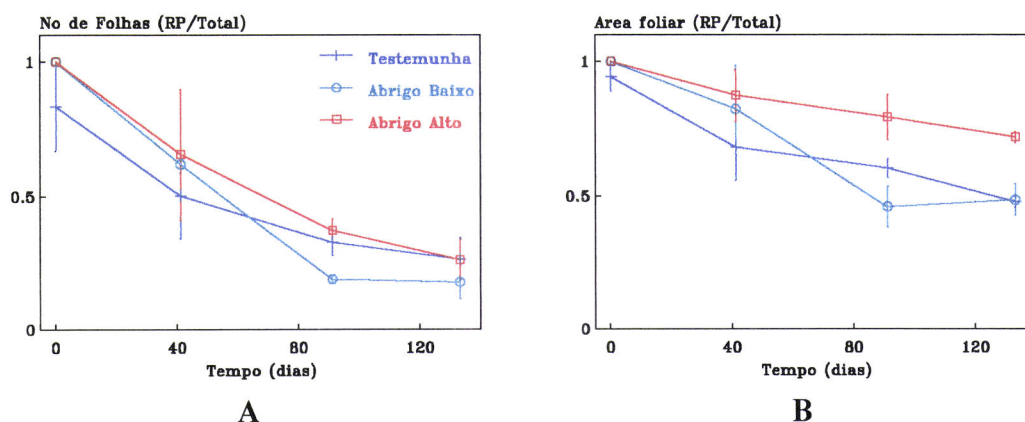


Figura 3.11 Variação da **A.** Razão entre o número de folhas do ramo principal e o número de folhas total e da **B.** Razão entre a área foliar do ramo principal e a área foliar total ao longo do tempo em amostras de duas plantas por tratamento. Valores médios e erro padrão.

No final do ensaio, conforme se resume na figura 3.12, e considerando já a totalidade das plantas, o número de folhas presentes no ramo principal é superior nos abrigos, correspondendo a uma área foliar também superior nos abrigos que não diferem entre si nem no número de folhas nem na área foliar do ramo principal. Nos ramos, o número de folhas é superior no Abrigo Baixo relativamente à Testemunha e Abrigo Alto que não diferem. Globalmente, há um aumento significativo do número de folhas e área foliar totais nas plantas que cresceram no Abrigo Baixo, resultante de aumentos significativos no ramo principal e ramificações. No Abrigo Alto não há praticamente alteração no número de folhas produzidas mas observa-se um ligeiro aumento (não significativo) da área foliar relativamente à Testemunha devido ao aumento significativo da área foliar no Ramo Principal. Estes resultados confirmam um padrão de estímulo generalizado do crescimento das plantas no Abrigo Baixo e de um estímulo localizado no Ramo Principal no Abrigo Alto. O aumento da área foliar e também do número de folhas,

sendo este um meio de aumentar a área foliar, oferece vantagens evidentes num ambiente de luz reduzida.

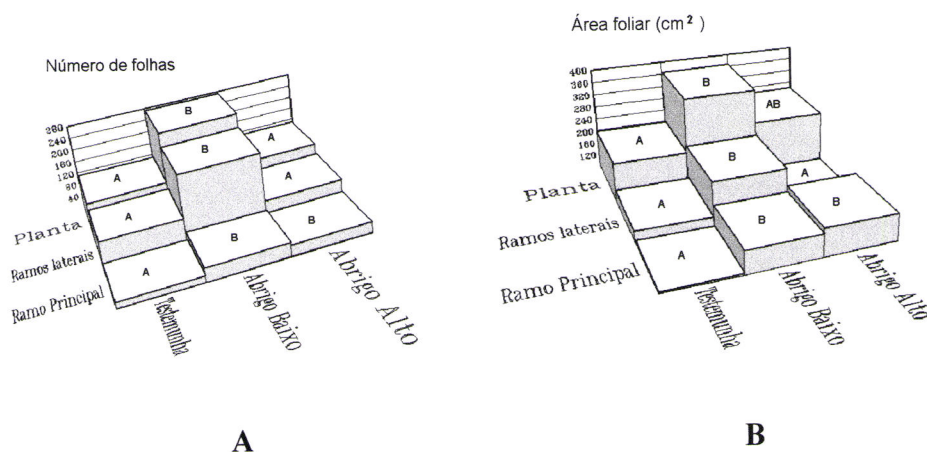


Figura 3.12 A. Número de folhas e **B.** Área foliar, nas plantas, ramos laterais e ramo principal na Testemunha, Abrigo Baixo e Abrigo Alto, no final do Ensaio 1. Para o mesmo parâmetro, os tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem significativamente ($P > 0.05$).

No entanto, os trabalhos sobre o crescimento de plantas no interior de abrigos, raramente se debruçam sobre estes parâmetros. Tchente (1987) verifica não existirem diferenças significativas na área foliar total em plantas abrigadas e testemunha, após uma estação de crescimento em *Robinia pseudacacia* L., *Prunus avium* L., *Quercus borealis* M., e *Juglans regia* × *nigra*, embora note algumas diferenças na resposta aos abrigos quanto à evolução do número de folhas. Assim na robínia observou uma redução significativa do número de folhas nas plantas abrigadas, na cerejeira apenas uma ligeira redução (não significativa), no carvalho houve maior produção de folhas no interior de abrigos não arejados do que no interior de abrigos arejados ou de rede, finalmente na nogueira não houve alteração significativa do número de folhas produzidas. Kjelgren (1994) pelo contrário, no âmbito de uma experiência de transpiração, observa uma elevação da área foliar em cafeeiros desenvolvidos quatro meses (entre meio de Abril e meio de Agosto) no interior de abrigos. Kjelgren e Rupp (1997a) determinaram também a área foliar, no âmbito de outra experiência de transpiração, em plantas de freixo (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh) e bordo (*Acer platanoides* L.), que cresceram durante um período idêntico no interior de abrigos, parecendo lícito deduzir que não

observaram, neste caso diferenças significativas na área foliar, uma vez que não referem os resultados.

Dimensões foliares

A variação das dimensões foliares, comprimento e largura do limbo, foi observada ao longo do ensaio em amostras de duas plantas (figura 3.13).

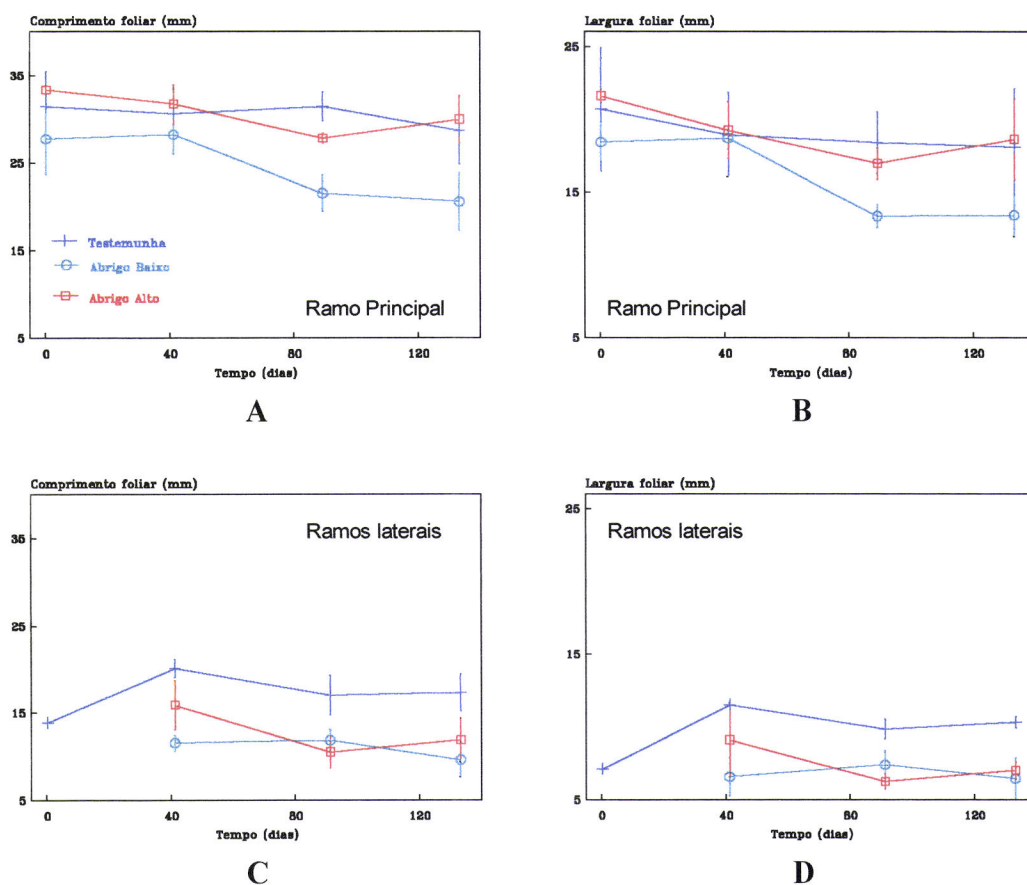


Figura 3.13 Gráficos da variação dos valores médios e erro padrão do comprimento e largura foliares, no ramo principal (A e B) e laterais (C e D).

Ao nível do ramo principal, verificou-se que as dimensões dos eixos foliares na Testemunha e o Abrigo Alto se mantêm extremamente próximas e ambas exibem uma tendência muito ligeiramente decrescente com o tempo. Enquanto isto, no Abrigo Baixo há um decréscimo mais acentuado do comprimento e largura do

limbo com o decorrer do tempo. Nos ramos laterais, as dimensões foliares, são sempre bastante inferiores às observadas no ramo principal, apresentando por outro lado uma maior estabilidade, ao longo do tempo. É de notar que os eixos foliares, exibem valores mais elevados na Testemunha que se distancia dos abrigos, cujas dimensões foliares se mantêm muito próximas.

A análise dos dados relativos a todas as plantas no final do ensaio mostra, no entanto, como se resume na figura 3.14, que as folhas das plantas do Abrigo Baixo, quer do ramo principal, quer dos laterais, têm os dois eixos foliares significativamente inferiores aos das folhas correspondentes na Testemunha e Abrigo Alto, que não diferem significativamente entre si.

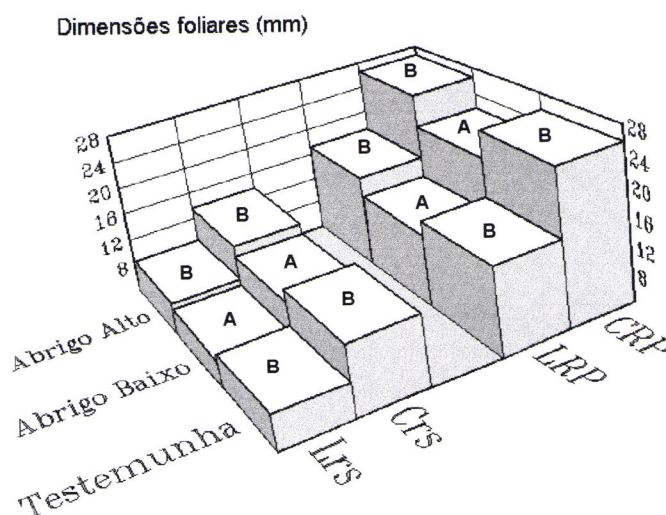


Figura 3.14 Dimensões foliares expressas em milímetros, C para Comprimento e L para Largura relativas a folhas do ramo principal (RP) e dos ramos laterais (rs) das plantas Testemunha, de Abrigo Baixo e de Abrigo Alto. Tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem significativamente para o mesmo parâmetro ($P \geq 0.05$).

A área foliar média de uma folha, calculada a partir do comprimento do seu eixo maior, evolui, como não poderia deixar de ser, de forma semelhante à evolução daquele. Nas plantas "amostra", variação da área média das folhas ao longo do tempo, resulta, no entanto mais acentuada (dado que se trata de uma potência), do que a variação do comprimento foliar, a partir do qual foi calculada. Conforme

pode ver-se na figura 3.15 B e D, a área média de uma folha tem tendência decrescente com o tempo, nos três tratamentos e mostra uma evolução particularmente caprichosa no Abrigo Alto. Pelo contrário a razão comprimento/largura mostra-se extremamente estável ao longo do tempo, nas plantas amostra, sobretudo no que diz respeito ao ramo principal.

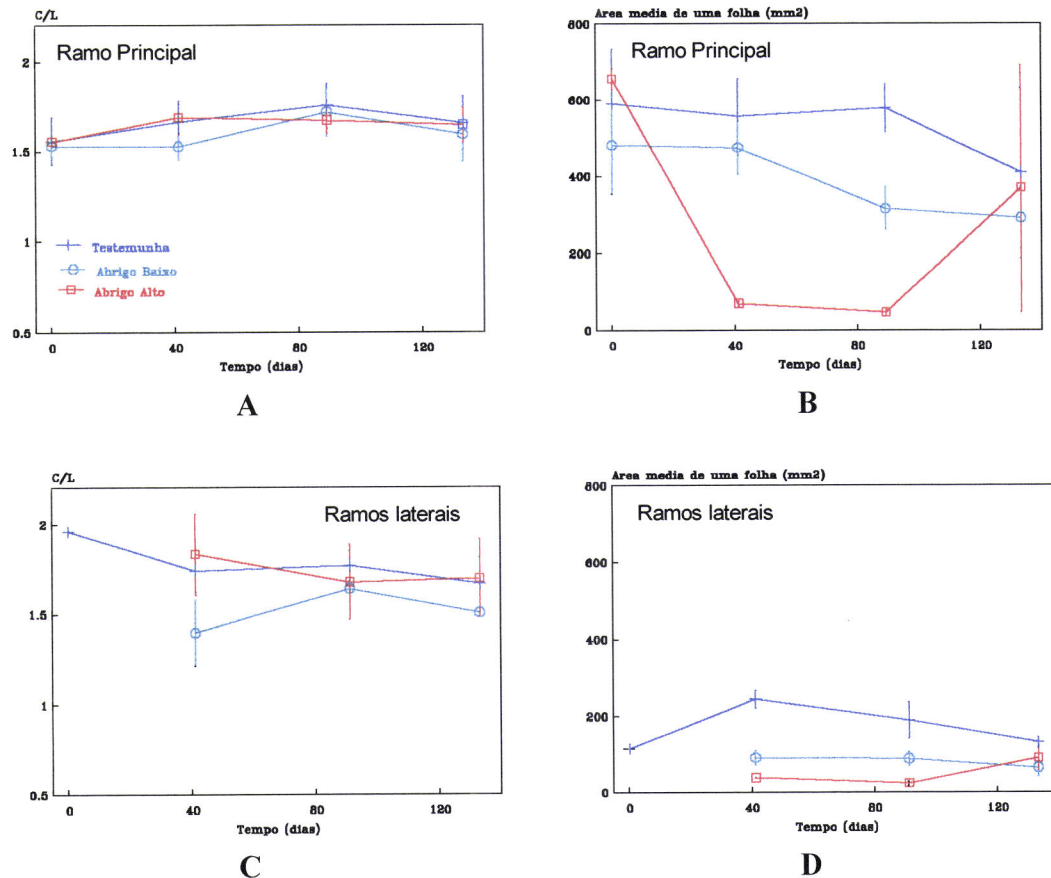


Figura 3.15 Gráficos da variação dos valores médios e respectivo erro padrão da Razão Comprimento/Largura (C/L) e da Área média de uma folha, relativos às folhas do ramo principal (A e B) e às folhas dos ramos laterais (C e D).

Os resultados observados no final do ensaio revelam discrepâncias entre as plantas amostra e a totalidade das plantas de cada tratamento. Assim, no final do ensaio temos em média, no Abrigo Baixo folhas significativamente mais pequenas do que na Testemunha e Abrigo Alto quer se considerem todas as folhas da planta, quer separadamente as folhas do ramo principal e laterais. Para este parâmetro, a

amostragem efectuada parece assim, ter sido insuficiente para uma avaliação correcta da situação, dado que os valores finais na amostra não diferem entre si para os vários tratamentos, não sendo essa a situação quando se considera a totalidade das plantas.

Também no que diz respeito à razão C/L, no final do ensaio, encontram-se diferenças significativas entre os tratamentos que não se observaram quando se consideraram amostras de duas plantas. As diferenças na razão C/L entre as folhas dos ramos dos diferentes tratamentos não são significativas mas no ramo principal as folhas das plantas abrigadas têm uma razão C/L significativamente inferior às da Testemunha, sendo consequentemente folhas tendencialmente mais arredondadas que as daquela (figura 3.16).

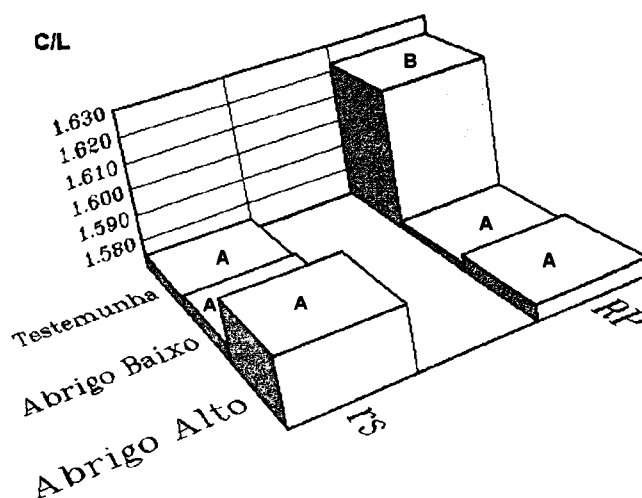


Figura 3.16 Razão média entre o comprimento e a largura do limbo das folhas (C/L) do ramo principal (RP) e dos ramos laterais (rs) nas plantas Testemunha, de Abrigo Baixo e de Abrigo Alto.

Podem notar-se igualmente alguns contrastes entre os diferentes tratamentos quanto a este parâmetro. Na Testemunha, é marcada a diferença entre as folhas do ramo principal e as dos ramos laterais, sendo nas primeiras a razão C/L significativamente superior e assim as folhas do ramo principal das plantas são consideravelmente mais alongadas que as dos ramos laterais. Nos abrigos,

sobretudo no Abrigo Baixo atenuam-se as diferenças (que não são significativas) na razão C/L e consequentemente no alongamento relativo do limbo das folhas entre o ramo principal e os laterais. Comparando as plantas abrigadas com as testemunha, verifica-se que ambos os abrigos reduzem a razão C/L das folhas do ramo principal anulando as diferenças no alongamento relativo das folhas entre o ramo principal e os laterais.

As dimensões e outras características das folhas abrigadas podem interpretar-se como uma resposta ao ambiente em que se desenvolveram. Como afirma Taylor (1975), o clima de uma folha individual é quase uma condição única para essa folha e seriam necessários vários climas para descrever o ambiente da folhagem de uma árvore ou de uma floresta. Isto também é válido para o interior dos abrigos. Apesar disso, os resultados parecem indicar que as dimensões foliares das folhas abrigadas respondem basicamente a um balanço entre um "pedido" de maior expansão foliar feito pela reduzida intensidade e alterada qualidade luminosa e um "pedido" de menor expansão feito pela temperatura elevada. No Abrigo Alto aparentemente as respostas a esses dois "pedidos" equilibram-se, resultando folhas de dimensões idênticas às Testemunha. No Abrigo Baixo a influência da elevada temperatura parece sobrepor-se à influência da redução da luz o que se compreende por neste abrigo a redução da luz ser consideravelmente menos importante do que no Abrigo Alto.

Em folhas de forma elíptica, a redução da razão C/L observada nas folhas do ramo principal das plantas abrigadas, corresponde a um aumento da Dimensão foliar conforme definida por Taylor (1975) a qual afecta as trocas de calor e vapor de água pela sua influência na resistência oferecida pela camada limite. Basicamente, quanto menor for a dimensão foliar (que se reduz substancialmente, por exemplo, por um recorte marginal profundo sem alteração considerável da superfície foliar), menor será a resistência oferecida pela camada limite às trocas de calor e vapor de água. Assim é de certa forma surpreendente que nas folhas abrigadas do ramo principal assumam formas mais arredondadas que tenderão a aumentar a espessura da camada limite e consequentemente a resistência oferecida por esta à difusão do vapor de água, que se sabe ser muito aumentada no ambiente pouco ventilado dos abrigos (Kjellgren, 1994; Kjellgren e Rupp, 1997a; Bergez e Dupraz, 1997). Estes resultados, são porém parcialmente semelhantes aos observados por Burger *et al.* (1992) em *Quercus ilex* L. que notaram que as folhas

das plantas abrigadas eram mais curtas e pequenas que as testemunha.

Densidade foliar e de área foliar

A "densidade" foliar e a "densidade" de área foliar na parte aérea da plantas foram avaliadas respectivamente através da razão entre o número de folhas e o comprimento dos caules a área foliar e o comprimento dos caules.

A densidade foliar, em plantas relativamente pequenas como as do nosso estudo, está sujeita a oscilações importantes ao longo do tempo, as quais têm sobretudo que ver com as fases de crescimento dos ramos laterais. Dado que o sobreiro cresce de forma descontínua, através de surtos sucessivos e mais ou menos espaçados no tempo, quando a maioria dos ramos se encontra no início de um surto de crescimento a densidade foliar, avaliada pela relação entre o número de folhas e o comprimento dos caules, aumenta de forma impressionante pois as folhas em desenvolvimento nas pontas jovens estão ainda muito próximas, precedendo o processo de individualização das folhas a partir do gomo terminal do ramo o seu afastamento por alongamento do caule. Enquanto isto, a variação da densidade de área foliar não está sujeita obviamente a flutuações tão marcadas.

Assim interessa sobretudo estudar estes parâmetros, particularmente o primeiro, durante períodos em que as plantas não se encontrem em crescimento activo, pelo que nos limitamos a analisar a densidade foliar no final do ensaio. Na figura 3.17 apresentam-se os dados relativos à densidade foliar e a comparação entre tratamentos. A densidade foliar, expressa como o número de folhas por centímetro de caule de não se altera significativamente com os tratamentos no ramo principal ou nos ramos laterais das plantas; porém, no seu conjunto, a densidade foliar da parte aérea é reduzida no Abrigo Alto relativamente à Testemunha e Abrigo Baixo que não diferem entre si.

Porém, quando se analisa a área foliar por unidade de comprimento, que designamos como densidade de área foliar, verifica-se que é no Abrigo Baixo e não no Abrigo Alto que há uma redução significativa relativamente à Testemunha. Para essa redução contribuem valores inferiores quer no ramo principal quer dos ramos laterais relativamente às plantas dos outros tratamentos. No Abrigo Alto, a redução da densidade foliar por unidade de comprimento de caule evidencia o alongamento dos entre-nós.

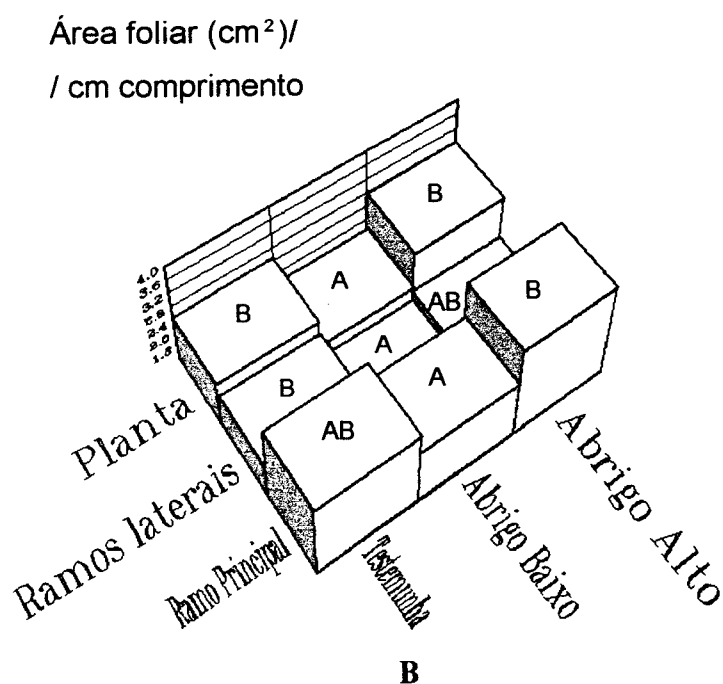
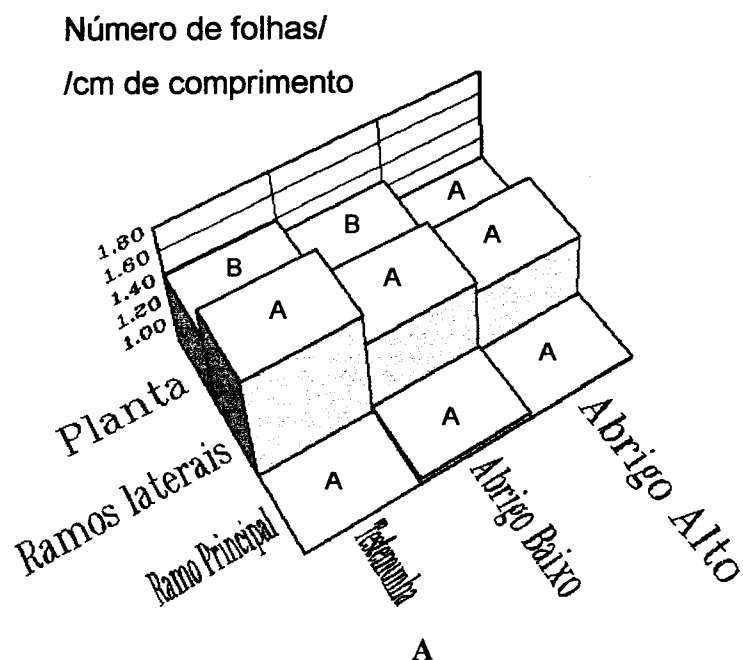


Figura 3.17 A. Densidade foliar média e B. Densidade de área foliar média, expressas respectivamente, pelo número de folhas e pela área foliar em cm^2 por cm de comprimento do caule no final do Ensaio 1 no ramo principal, ramos laterais e totalidade da planta nos diferentes tratamentos. Para o mesmo parâmetro, tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem entre si ($P > 0.05$).

A produção de um menor número de folhas por unidade de comprimento do caule é de certa forma compensado pelo aumento das dimensões foliares, pelo que não são significativas as diferenças entre Abrigo Alto e Testemunha na densidade de área foliar. Estas alterações são ambas atribuíveis à redução da intensidade e alteração da qualidade da luz que se evidencia mais uma vez como o factor crítico no interior do Abrigo Alto.

No Abrigo Baixo a densidade foliar não é significativamente alterada, não havendo portanto maior alongamento dos entre-nós mas a densidade de área foliar é reduzida porque as folhas produzidas tem em média dimensões mais reduzidas. As condições no interior do Abrigo Baixo, particularmente a combinação entre as condições de luz e temperatura parecem limitar a expansão do limbo foliar. No entanto, apesar de se verificar uma redução significativa da densidade de área foliar por unidade de comprimento de caule, não parece daí resultar prejuízo para o crescimento das plantas cuja área foliar total é em média muito aumentada.

Área Foliar Específica

A área foliar específica (área foliar por unidade de biomassa foliar), foi determinada para o conjunto das folhas do ramo principal de cada planta, dos ramos laterais e de todas as folhas em cada planta, no final do ensaio, a partir das medidas de área foliar e biomassa foliar. Este parâmetro é normalmente determinado em discos foliares retirados de porções da lâmina foliar em que se evitam as nervuras de maior dimensão, assumindo-se como uma medida da espessura da lâmina foliar. Apesar de não ter sido esse o nosso procedimento e de termos usado folhas inteiras, estando os pecíolos incluídos na biomassa foliar, este parâmetro permite-nos comparar os tratamentos através numa medida que exprime ainda basicamente a relação entre a área e o peso foliar.

A área foliar específica, normalmente expressa em decímetros quadrados de superfície foliar contendo estomas por grama de peso seco (Evans, 1972), é considerada um parâmetro importante na definição de grupos funcionais de plantas na resposta aos factores ambientais (Mousseau, 1999).

Como se pode ver na figura 3.18, onde se resumem os resultados obtidos no final do ensaio, quando se considera a totalidade das folhas das plantas encontramos uma área foliar específica significativamente diferente entre os abrigos que não

diferem relativamente à Testemunha. A área foliar específica é mais elevada no interior dos abrigos e em especial no Abrigo Alto. Já nos resultados parcelares ao nível dos ramos laterais e ramo principal as diferenças entre abrigos e testemunha não são tão acentuadas. Em todos os casos evidencia-se uma tendência para o aumento da área foliar específica nas plantas abrigadas.

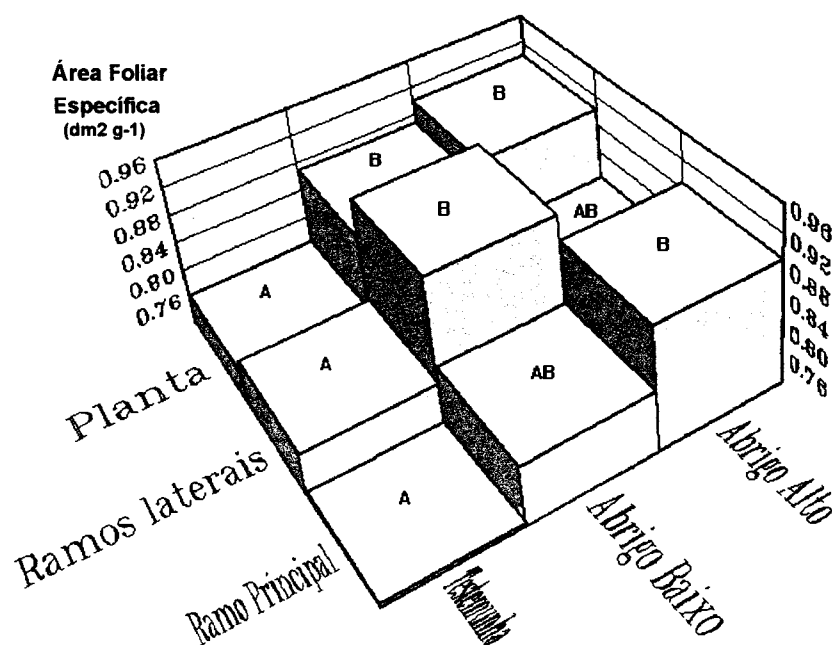


Figura 3.18 Área Foliar Específica das folhas presentes no ramo principal, ramos laterais e totalidade da planta, no final do Ensaio 1. Para o mesmo parâmetro, tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($P > 0.05$).

Kjelgren (1994) e Kjelgren e Rupp (1997a) observaram igualmente o aumento da área foliar específica em plantas de três espécies diferentes crescendo no interior de abrigos, sendo em ambos os casos as determinações efectuadas em discos foliares.

Dado que este parâmetro é sobretudo sensível à variação da intensidade luminosa e disponibilidade de nutrientes (Mousseau, 1999), a sua alteração no interior dos abrigos é de atribuir às condições de relativo ensombramento. No entanto, a alteração dos níveis de luz no interior de copas de sobreiros adultos não parece ser suficiente para afectar significativamente o peso foliar específico, em folhas ocupando diferentes posições na copa, apesar de na frequência estomática e dimensões das células-guarda dos estomas se terem observado alterações

significativas atribuíveis à variação dos níveis de luz (Nóbrega e Pereira, 1992).

A área foliar específica pode ser considerada como uma medida indirecta da espessura foliar, sabendo-se que esta tende a aumentar sob elevada irradiância devido em grande medida, ao aumento da espessura do mesófilo envolvendo frequentemente a diferenciação adicional de parênquima em paliçada que sob baixas intensidades luminosas formaria células esponjosas (Dale, 1988). A redução da espessura foliar foi observada num estudo histológico incidindo sobre folhas de jovens sobreiros desenvolvidas no interior destes abrigos e ao ar livre. A redução observada na espessura do limbo foi superior no Abrigo Alto que no Abrigo Baixo (Dias *et al.*, 1992). Neste estudo, a espessura da epiderme foliar (+ cutícula) e a proporção de mesófilo em paliçada variou de forma idêntica à da espessura foliar, embora na espessura total do mesófilo se atenuassem as diferenças entre os dois abrigos.

Segundo Dale (1988), as alterações da espessura foliar induzidas pela variação da intensidade luminosa podem explicar-se pela acumulação de assimilados sob condições de elevada irradiância a qual leva a uma quebra do potencial osmótico nas células do mesófilo com um correspondente aumento da turgescência celular e manutenção do potencial para o crescimento, também ligado à distensão da parede celular induzida pela luz, podendo a concentração elevada de carboidratos solúveis nas células do mesófilo favorecer a formação de novas paredes celulares. No que diz respeito às células epidérmicas, a maior disponibilidade de substratos potenciais para as paredes celulares poderá não ser acompanhada pela capacidade de expansão da parede.

3.3.5. Desenvolvimento radicular

No final do ensaio todas as raízes ultrapassavam os tubos de 1.20 m de altura onde estavam incluídas, penetrando no solo abaixo deles. Tornou-se, assim, impraticável determinar a profundidade exacta alcançada pelo sistema radicular e em muitos casos difícil recuperar as raízes que progrediam para lá dos tubos.

Na estrutura e desenvolvimento das raízes não se notaram diferenças evidentes entre os tratamentos nem na ocasião do desentubamento das raízes nem posteriormente quando se compararam visualmente através de fotografias sucessivamente obtidas com as raízes mergulhadas em água (para que pudessem

retomar uma posição aproximada daquela que ocupariam na terra). Nas figuras 3.19 a 3.21 podem observar-se algumas das raízes, duas por cada tratamento onde se evidencia uma estrutura básica comum a todas as raízes, na qual se pode distinguir uma zona superficial com aproximadamente 22 cm com uma ou, mais raramente, duas raízes grossas, seguida de uma zona de enrolamento, correspondente ao final do primeiro contentor. A partir dessa zona onde a raiz se enrola assumindo formas variadas, surge uma cabeleira de raízes, longas e ramificadas entre as quais não é, em geral, possível definir um eixo principal. A partir da zona de ramificação partem entre 4 a 10 raízes longas, profusamente ramificadas, curta e longamente, que atingiram em regra, a base do contentor de PVC a 1.20 m de profundidade.

Ao nível do comprimento medido e estimado das raízes não se encontraram diferenças significativas nem para a totalidade da raiz nem para as diferentes fracções radiculares consideradas. Não obstante, pode registar-se, em média, um maior crescimento em comprimento das raízes no conjunto das plantas do Abrigo Baixo, devido basicamente ao maior desenvolvimento das raízes mais finas, com menos de 1 mm de diâmetro, que constituem a fracção que mais contribui em todas as plantas para o comprimento radicular total (veja-se figura 3.22A).

Na biomassa radicular, não se encontraram diferenças significativas ao nível de nenhuma das diferentes fracções radiculares consideradas. Porém a biomassa radicular total difere significativamente entre os dois abrigos ($p = 0.047$) sem que se tenha registado entre eles e a testemunha diferenças significativas. Também neste parâmetro na ordenação dos tratamentos por ordem de grandeza, temos em primeiro lugar o Abrigo Baixo, seguido da Testemunha e Abrigo Alto. A fracção de raízes mais importante na biomassa radicular e determinante das diferenças entre tratamentos é basicamente a das raízes mais grossas, com mais de 5 mm de diâmetro (embora não haja diferenças significativas). Nas fracções constituída pelas raízes mais finas as diferenças entre tratamentos são mínimas.

Tuley (1985) refere escavações efectuadas em plantações *Quercus petraea* (Matt.)Liebl, que mostraram não haver concentração de raízes junto aos abrigos e nas quais se registou um aumento da produção de biomassa a todos os níveis nas plantas abrigadas, radicular incluído, após três estações de crescimento. Ponder (1991) observou, a par com o estímulo do crescimento em altura, maior crescimento radicular em *Juglans nigra* L., após uma estação de crescimento, com



Figura 3.19 Aspecto das raízes de duas plantas Testemunha, dispostas em água, no final do ensaio após desentubamento e lavagem. A escala presente nas imagens corresponde a uma régua de 10 cm, graduada em milímetros.

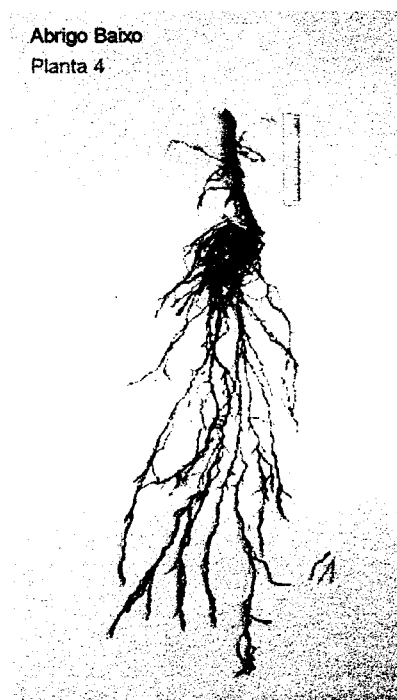
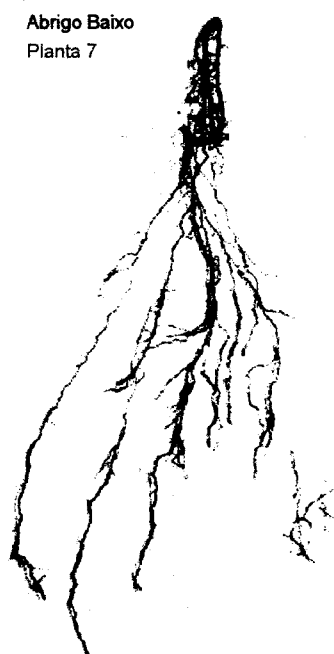


Figura 3.20 Aspecto das raízes de duas plantas colocadas em Abrigo Baixo, dispostas em água, no final do ensaio após desentubamento e lavagem. A escala presente nas imagens corresponde a uma régua de 10 cm, graduada em milímetros.

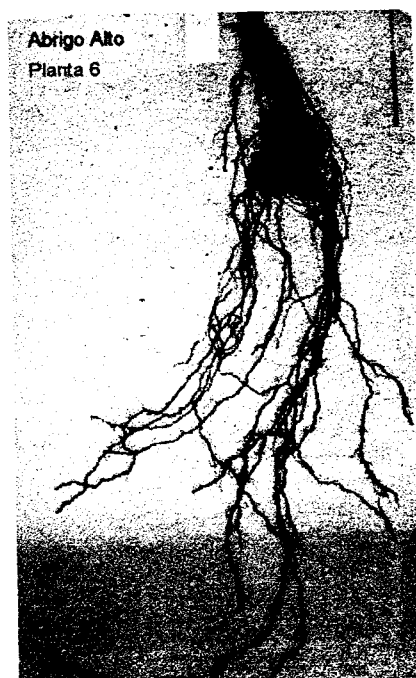
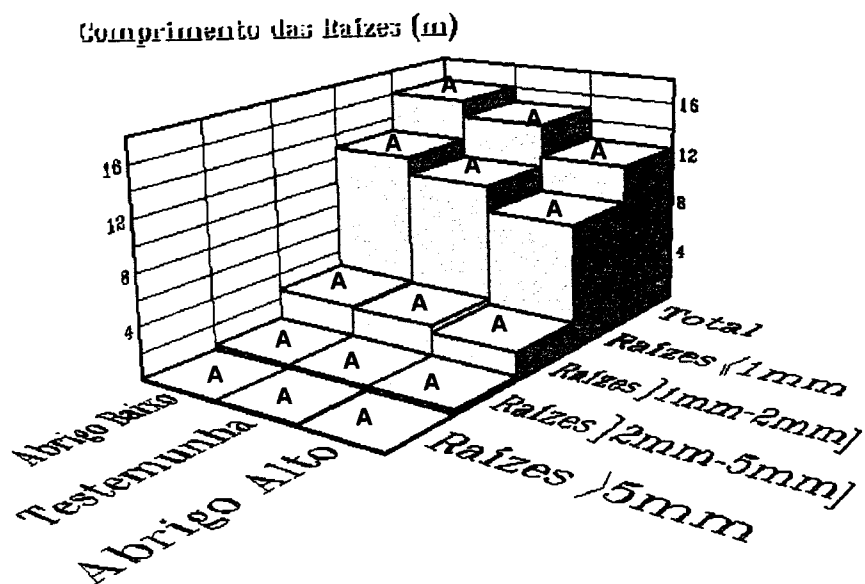


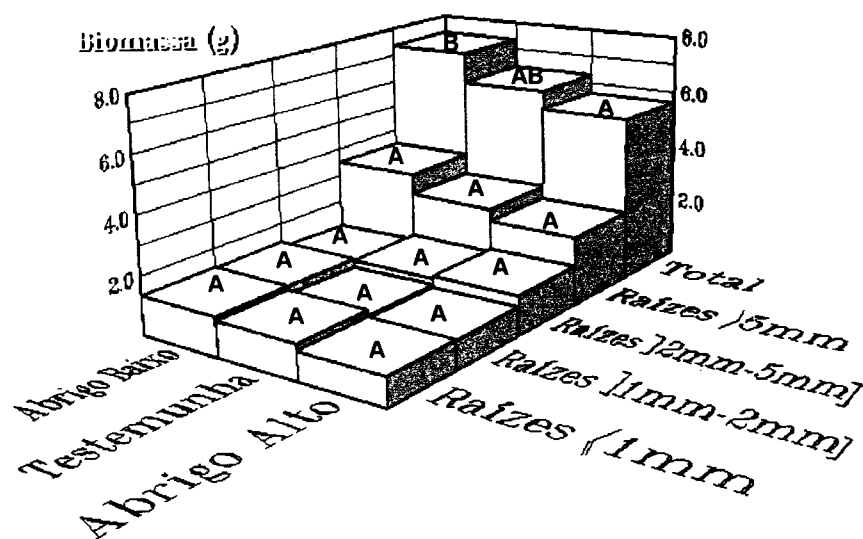
Figura 3.20 Aspecto das raízes de duas plantas colocadas em Abrigos Altos, dispostas em água no final do ensaio após desentubamento e lavagem. A escala presente nas imagens corresponde a uma régua de 10 cm graduada em milímetros.

um aumento do comprimento de raízes jovens, e volume ocupado por raízes. Este último poderia explicar, segundo o autor, a concentração mais elevada em fósforo, um nutriente relativamente imóvel, nas folhas das plantas abrigadas. Três anos após a plantação, resultados idênticos foram obtidos com *Quercus rubra*, verificando-se nas plantas abrigadas um aumento do comprimento e biomassa radiculares, bem como biomassa da raiz principal (Ponder, 1995).

A redução do desenvolvimento radicular foi, no entanto, observada em várias experiências envolvendo o uso de abrigos individuais. Rendle (1985) observou reduções significativas da biomassa radicular em *Quercus robur* em plantas abrigadas após dois anos. Um ano após a aplicação dos abrigos as diferenças não eram significativas. Collet e Frochot (1992) observaram uma redução significativa da biomassa radicular produzida em jovens cerejeiras (*Prunus avium* L.) após um ano no interior de abrigos de grande diâmetro confeccionados com rede de ensombramento verde. Neste caso a redução da biomassa radicular foi acompanhada por uma redução equivalente na biomassa aérea e a assim a razão entre as duas biomassas não foi alterada. Mayhead e Jenkins (1992) observaram reduções significativas da biomassa radicular e diâmetro ocupado por raízes em jovens *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. após três anos no interior de abrigos translúcidos com 1.2 m de altura e 10 cm de diâmetro, dispondo ou não de orifícios de arejamento (12 com 2.5 cm de diâmetro). Ambas as reduções foram mais acentuadas no abrigo não arejado e acompanhadas de reduções significativas da razão biomassa radicular/biomassa aérea. Burger *et al.* (1992) observaram reduções significativas no peso fresco das raízes em jovens plantas abrigadas de *Cedrus deodara* Loud., *Quercus ilex* L. e *Magnolia grandiflora* L, após 10 meses nos abrigos e nas duas últimas espécies, uma redução da razão peso fresco radicular/ peso fresco da parte aérea. Noutros trabalhos com as mesmas espécies permanecendo dois anos no interior dos abrigos, Svihra *et al.* (1993) não observaram diferenças na produção de biomassa radicular mas a razão biomassa radicular/biomassa aérea foi significativamente reduzida. Burger *et al.* (1997) observaram reduções do comprimento radicular e área ocupada pelas raízes nas plantas abrigadas de seis espécies ornamentais *Fraxinus latifolia* Benth., *Ginkgo biloba* L., *Lagerstroemia indica* L. 'Watermelon Red', *Platanus racemosa* Nutt., *Quercus lobata* Née e *Sequoia sempervirens*(D.Don) Endl..



A



B

Figura 3.22 A. Comprimento radicular médio expresso em metros e B. Biomassa radicular média expressa em gramas por planta nos Abrigos e Testemunha considerando a totalidade das raízes e as frações de raízes de diâmetro superior a 5 mm, de diâmetro superior a 2 mm e menor ou igual a 5 mm, de diâmetro superior a 1 mm e menor ou igual a 2 mm e de diâmetro menor ou igual a 1 mm. Tratamentos com a mesma letra não diferem significativamente para o mesmo parâmetro ($P > 0.05$).

Numa outra espécie também incluída nas experiências de Burger *et al.* (1997), *Quercus agrifolia* Née, o comprimento radicular e área ocupada pelas raízes não foi afectada. A biomassa radicular foi significativamente reduzida após três meses no abrigo em três das espécies (*F. latifolia*, *G. biloba* e *P. racemosa*) e após dois anos, em todas as espécies envolvidas na experiência à excepção de *Q. agrifolia* em que não foi afectada pela presença do abrigo. A redução da biomassa radicular foi acompanhada em quatro casos (*G. biloba*, *L. indica*, *Q. lobata*, *S. sempervirens*) pela redução da razão biomassa radicular/ biomassa aérea. Numa outra experiência com *Populus euamericana* cv. Giacometti, crescendo em solução nutritiva arejada, com e sem abrigos no interior de uma estufa, os mesmos autores observaram importantes reduções da biomassa radicular e da razão biomassa radicular / biomassa aérea nas plantas abrigadas. Svihra *et al.* (1996) observaram igualmente redução do diâmetro da área ocupada por raízes, do seu peso fresco e seco em plantas abrigadas de *Sequoia sempervirens* após quatro estações de crescimento. Mayhead e Boothman (1997) em experiências com três abrigos de alturas diferentes, em *Quercus petraea*, observaram a redução da biomassa radicular e da razão biomassa radicular/biomassa aérea após quatro estações de crescimento, em plantas abrigadas, decrescendo ambos os parâmetros com o aumento de altura dos abrigos.

O ambiente que rodeia a parte aérea das plantas pode, como se sabe, afectar o desenvolvimento das raízes e a razão raiz parte aérea. A intensidade luminosa, uma distribuição espectral alterada, a temperatura e a concentração de CO₂, factores todos eles alterados pela presença dos abrigos, encontram-se entre os factores que podem influenciar o desenvolvimento raízes e a razão raiz / parte aérea (veja-se Wilson, 1988). Nomeadamente, o aumento da razão vermelho longínquo / vermelho próximo que ocorre em condições de ensombramento natural e fim do dia e se verifica supostamente no interior dos abrigos pode influenciar a distribuição de biomassa com detrimento para o crescimento radicular relativo e razão biomassa radicular / biomassa aérea (Kasperbauer e Hunt, 1992). No mesmo sentido actua a redução da intensidade luminosa e todos os factores que possam reduzir a disponibilidade de fotossintetatos, enquanto que factores que possam beneficiar a fotossíntese como uma concentração de CO₂ mais elevada ou uma temperatura mais favorável agirão em sentido inverso (veja-se Wilson, 1988).

Assim, apesar das diferenças observadas entre abrigos e testemunha não se

poderem considerar estatisticamente significativas, elas não são mais uma vez, em nosso entender, desprovidas de significado biológico. A biomassa radicular e o comprimento das raízes tendem a aumentar no Abrigo Baixo e reduzir-se no Abrigo Alto relativamente à Testemunha, sendo possivelmente apenas uma questão de tempo para que as diferenças adquiram significado estatístico.

Assim, enquanto no Abrigo Alto a redução do desenvolvimento das raízes parece poder explicar-se pela prevalência de factores que tenderão a reduzir a fotossíntese entre os quais ayulta a redução da intensidade luminosa; o aumento do desenvolvimento radicular no Abrigo Baixo parece poder explicar-se pela prevalência de factores que tendem a favorecer a fotossíntese o que é consentâneo com um padrão geral de estímulo do crescimento que se poderá atribuir à conjugação de condições favoráveis de temperaturas, humidades e concentrações de CO₂ que parecem poder compensar o efeito da redução da menor redução da intensidade luminosa.

3.3.6. Produção de Biomassa

No tabela 3.9 resumem-se os dados obtidos no final do Ensaio 1 que se apresentam graficamente nas figuras 3.23 e 3.24. A biomassa média no final do ensaio é claramente superior nas plantas de Abrigo Baixo relativamente às de Abrigo Alto e Testemunha que não diferem entre si. Este resultado reflecte bem o que se passa a todos os níveis considerados na partição de biomassa já que os valores médios relativos ao conjunto das plantas do Abrigo Baixo se superioriza sempre em termos absolutos e geralmente também estatísticos, aos valores observados nos outros tratamentos. As únicas excepções são a biomassa radicular onde apesar de serem mais elevados os valores observados neste abrigo, não são significativas as diferenças entre tratamentos e na biomassa foliar do ramo principal onde o Abrigo Alto tem uma biomassa ligeiramente mais elevada (diferenças não significativas $p = 0.909$).

A biomassa média total no final do ensaio é claramente superior nas plantas do Abrigo Baixo relativamente às plantas Testemunha ($p = 0.021$) e às do Abrigo Alto ($p = 0.003$) que não diferem entre ($p = 0.982$). As plantas desenvolvidas em ambos os abrigos a biomassa aérea é privilegiada em detrimento da radicular em

Tratamento Biomassa	Testemunha		Abrigo Baixo		Abrigo Alto	
	média (g)	erro (g)	média (g)	erro (g)	média (g)	erro (g)
Total	11.314	0.958	15.437	1.310	11.279	1.120
Aérea	4.985	0.520	8.055	0.876	5.629	0.663
Radicular	6.330	0.493	7.381	0.596	5.651	0.550
Caulinar	2.330	0.264	3.907	0.424	2.781	0.361
Foliar	2.655	0.277	4.148	0.472	2.848	0.321
Caulinar RP	1.483	0.196	2.368	0.253	2.173	0.249
Caulinar Ramos	0.847	0.131	1.540	0.238	0.608	0.157
Foliar RP	1.157	0.150	1.837	0.184	1.864	0.132
Foliar Ramos	1.498	0.168	2.311	0.379	1.093	0.243
Ramo Principal	2.640	0.320	4.205	0.397	4.037	0.373
Ramos	2.345	0.286	3.850	0.611	1.592	0.406
Aérea/Radicular	0.788	0.048	1.102	0.113	1.015	0.080
Radicular/Total	0.563	0.016	0.485	0.020	0.504	0.022
Caulinar/Total	0.204	0.011	0.250	0.009	0.243	0.014
Foliar/Total	0.233	0.010	0.265	0.013	0.253	0.012
RP/Total	0.233	0.017	0.274	0.012	0.365	0.020
Ramos/Total	0.204	0.014	0.241	0.024	0.131	0.022

Tabela 3.9 Biomassa média e erro padrão da média no final do Ensaio 1 nas plantas Testemunha e abrigadas, considerando a totalidade da planta, as porções aérea, radicular, caulinar, foliar e ainda o ramo principal (RP) e os ramos laterais. Razões médias da biomassa aérea e radicular e razões de peso radicular, caulinar, foliar, do ramo principal e dos ramos laterais (ver explicação no texto).

comparação com as testemunha. Nas plantas Testemunha a biomassa radicular é superior à biomassa aérea, no Abrigo Alto biomassa aérea e radicular têm valores muito próximos, com uma vantagem mínima da biomassa radicular e finalmente, no Abrigo Baixo a biomassa aérea média das plantas ultrapassa a sua biomassa radicular (figura 3.23). A biomassa aérea é mais elevada no Abrigo Baixo que difere significativamente da Testemunha ($p = 0.007$) e do Abrigo Alto ($p = 0.040$) não se registando diferenças significativas entre os abrigos ($p = 0.454$) para este

parâmetro.

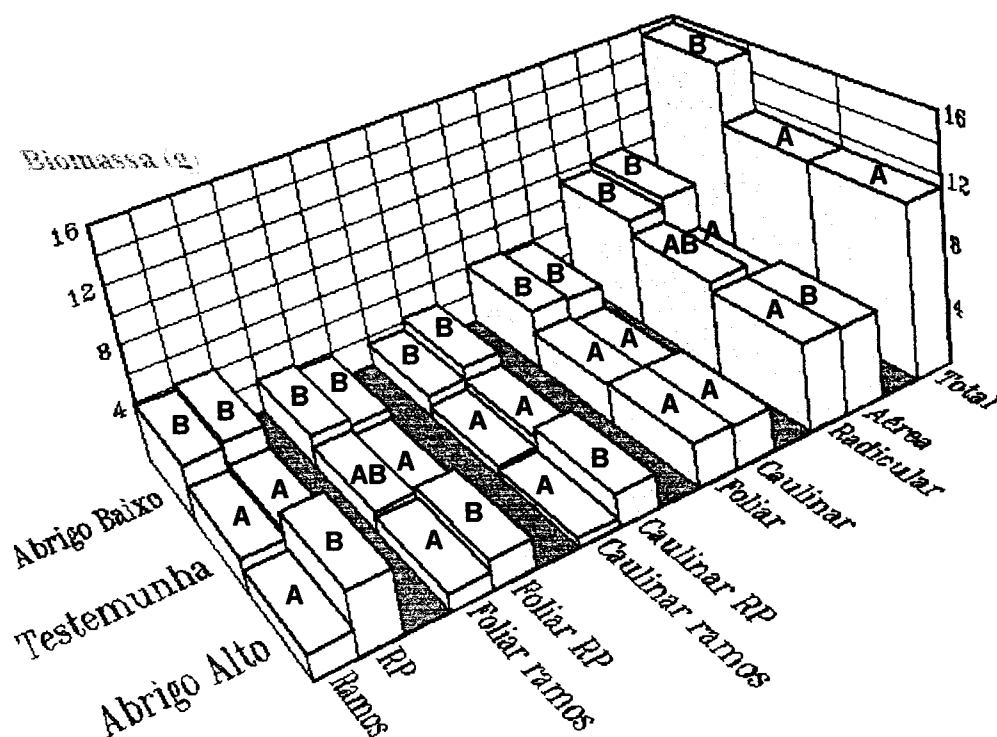


Figura 3.23 Biomassa média, expressa em gramas, no final do ensaio 1 nas plantas Testemunha, de Abrigo Baixo e de Abrigo Alto. Considera-se a totalidade das plantas, as porções aérea e radicular, caulinar e foliar, caulinar do ramo principal (abreviadamente RP), caulinar dos ramos laterais, foliar do ramo principal e foliar dos ramos laterais; o ramo principal e os ramos laterais. Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si para ($P > 0.05$).

Não obstante estar reduzida relativamente à biomassa aérea, em termos absolutos, como se viu a biomassa radicular produzida no Abrigo Baixo suplanta a da Testemunha que por sua vez é também ligeiramente superior à do Abrigo Alto. As diferenças entre a Testemunha e os Abrigos não são significativas ($p = 0.370$ na comparação com o Alto e $p = 0.191$ na comparação com o Baixo) mas a comparação entre os Abrigos revela já a existência de diferenças significativas entre eles ($p = 0.047$).

No que diz respeito à partição da biomassa aérea é de notar que em todos os tratamentos se regista um investimento superior, embora muito ligeiro, em

biomassa foliar relativamente à caulinar. Tanto a biomassa foliar como a caulinar diferem entre o Abrigo Baixo, com valores superiores, e os restantes tratamentos que não diferem entre si. Enquanto isto, verifica-se que os abrigos alteram a distribuição da biomassa aérea privilegiando o ramo principal que em média tem nas plantas abrigadas maior biomassa que os laterais enquanto nas testemunha a biomassa retida nos ramos laterais supera a do ramo principal.

No seu conjunto, a biomassa do ramo principal, não difere entre os abrigos ($p = 0.591$) mas difere entre estes e a Testemunha ($p = 0.043$ na comparação com o Abrigo Alto e $p = 0.013$ na comparação com o Abrigo Baixo) com valores inferiores. Enquanto isto a biomassa global dos ramos laterais difere entre o Abrigo Baixo, onde é superior, e os outros tratamentos que não diferem entre si.

A biomassa média das folhas no ramo principal altera-se significativamente com o emprego dos estufins. Estes não diferem entre si ($p = 0.591$) mas distinguem-se da Testemunha ($p = 0.002$, na comparação entre Abrigo Alto e Testemunha e $p = 0.010$ na comparação entre aquela e o Abrigo Baixo), onde a biomassa foliar do ramo principal é mais reduzida. Nos ramos laterais a situação é diferente, a biomassa foliar é superior no Abrigo Baixo que difere do Abrigo Alto ($p = 0.004$) e da Testemunha ($p = 0.020$), enquanto Testemunha e Abrigo Alto não diferem significativamente entre si ($p = 0.257$).

A biomassa caulinar do ramo principal das plantas é aumentada em ambos os abrigos que não diferem entre si ($p = 0.591$) e diferem da Testemunha ($p = 0.043$ na comparação com o Abrigo Alto e $p = 0.013$ na comparação com o Abrigo Baixo). Já a biomassa caulinar nos ramos laterais é superior no Abrigo Baixo à Testemunha ($p = 0.020$) e ao Abrigo Alto ($p = 0.004$) que não diferem entre si ($p = 0.257$).

A Razão entre a Biomassa Aérea e a Biomassa Radicular eleva-se nas plantas abrigadas, onde é ligeiramente superior à unidade, mostrando que a biomassa aérea tende a superiorizar-se à radicular. Entre os dois Abrigos não há diferenças ($p = 0.540$) mas ambos diferem da Testemunha ($p = 0.026$ na comparação com o Abrigo Alto, e $p < 0.020$ na comparação com o Abrigo Baixo).

A razão entre a biomassa radicular e a biomassa total, também designada por Razão de Peso Radicular (RPR) (Evans, 1972), é assim também significativamente reduzida nos abrigos que não diferem entre si ($p = 0.527$), diferindo da testemunha ($p = 0.006$, Abrigo Baixo e $p = 0.004$, Abrigo Alto). A redução da RPR pode

constituir uma desvantagem em situações de campo em que haja competição com outras plantas (Evans, 1972). A Razão de Peso Caulinar (RPC), calculada como a razão entre a biomassa caulinar e a biomassa total (Evans, 1972), não difere entre os Abrigos ($p=0.705$), que apresentam valores superiores aos da Testemunha, de que diferem significativamente ($p=0.037$; $p=0.005$ respectivamente nas comparações com os abrigos Alto e Baixo). Por seu lado, a Razão média de Peso Foliar (RPF), calculada, planta a planta como a razão entre a biomassa foliar e a biomassa total (Evans, 1972), mantém-se praticamente inalterada pelos tratamentos não diferindo significativamente entre eles.

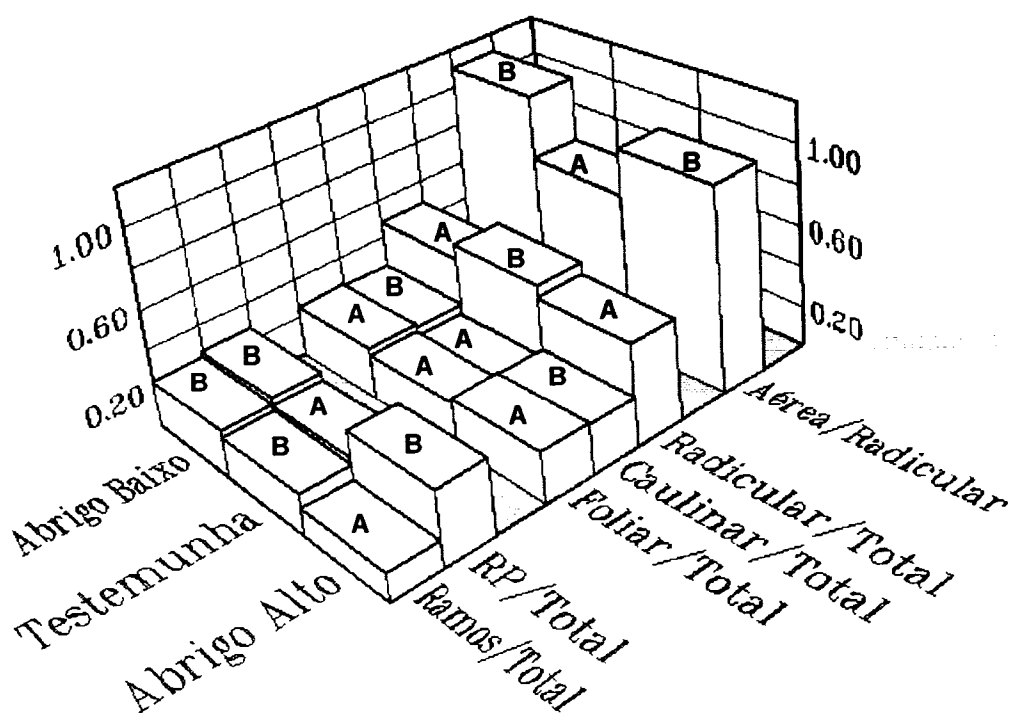


Figura 3.24 Variação da Razão média entre a Biomassa Aérea e a Radicular, da Razão média de Peso Radicular, Caulinar e Foliar, e da Razão média de Peso do Ramo Principal e dos ramos laterais. Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si para ($P > 0.05$).

A contribuição relativa da biomassa do Ramo Principal para a biomassa total, calculada pela razão entre ambas que se poderá designar por Razão de Peso do

Ramo Principal (à semelhança das outras razões já definidas) difere entre o Abrigo Alto, em que é superior, e os restantes tratamentos que não diferem entre si.

Por sua vez, a contribuição relativa da biomassa dos ramos para a biomassa total, calculada como a razão entre ambas, que se poderá designar como Razão de Peso dos Ramos, não difere entre a Testemunha e o Abrigo Baixo sendo inferior no Abrigo Alto.

Globalmente os resultados relativos à biomassa produzida confirmam, de certa forma, o que se vinha evidenciando a partir dos parâmetros anteriormente analisados. No respeito às plantas desenvolvidas no Abrigo Baixo, em que se observa um aumento da biomassa total correspondente a um aumento generalizado da biomassa a todos os níveis, confirma-se a existência de um estímulo efectivo do crescimento dos jovens sobreiros nesta fase de desenvolvimento, sob o clima e as condições do ensaio, nomeadamente sem stress hídrico. Não obstante, o aumento observado na razão biomassa aérea/ biomassa radicular é preocupante, apesar do ligeiro estímulo (não significativo) observado no comprimento e biomassa radiculares, pois pode comprometer a instalação das plantas no campo e a sua sobrevivência ao período estival. Verifica-se ainda que à maior produção e desenvolvimento dos ramos laterais nas plantas deste abrigo corresponde uma alteração significativa da biomassa das ramificações; porém, a razão de peso dos ramos não é significativamente alterada neste abrigo pois há, concomitantemente, um aumento geral da biomassa.

No Abrigo Alto não há alteração significativa da biomassa total produzida. Assim, o estímulo observado do crescimento em altura deve-se a uma diferente alocação de assimilados. Confirma-se que importância relativa da ramificação se reduz e a do ramo principal aumenta, pois, ao invés do que sucede no Abrigo Baixo, o crescimento dos ramos laterais, cujo número, comprimento total e biomassa não se altera, não acompanha o maior crescimento do ramo principal. Observa-se igualmente o aumento da razão biomassa aérea/ biomassa radicular que neste caso é acompanhado por uma ligeira redução (não significativa) do desenvolvimento e biomassa radicular. No entanto, num estudo de campo efectuado com jovens sobreiros instalados no interior destes abrigos (veja-se capítulo 5), não se observaram alterações significativas da sobrevivência atribuíveis à presença dos abrigos pelo que as preocupações suscitadas pela alteração da razão biomassa aérea / biomassa radicular não se revelaram, neste caso, justificadas.

3.4. Conclusões

Nas condições do Abrigo Baixo observou-se um estímulo generalizado do crescimento dos jovens sobreiros com um correspondente aumento da biomassa produzida. Possivelmente o aumento da área foliar das plantas, neste abrigo, poderá explicar estes resultados permitindo concebivelmente compensar a desvantagem da redução da intensidade luminosa e explicar o estímulo do crescimento, o qual terá naturalmente que basear-se num aumento da assimilação líquida de CO_2 .

No Abrigo Alto observou-se um estímulo do crescimento em altura e do crescimento do ramo principal da plantas, a que corresponde uma diminuição (passiva, já que não se alteram os valores absolutos) da importância relativa da ramificação. O estímulo observado não corresponde a uma alteração significativa da produção total de biomassa. Porém, neste abrigo, é claramente de esperar uma redução da taxa fotossintética a nível da unidade de superfície foliar dada a importante redução da intensidade luminosa que dificilmente poderá ser compensada pelas condições teoricamente mais favoráveis de temperatura, humidade e eventualmente CO_2 (veja-se capítulo 6). Apesar disto, nas condições proporcionadas pelo Abrigo Alto, os jovens sobreiros conseguiram, nesta fase de desenvolvimento, compensar a desvantagem da redução da luz, possivelmente através do ligeiro aumento observado na área foliar das plantas.

Ambos os abrigos alteraram a razão biomassa aérea/biomassa radicular com possíveis desvantagens para a instalação das plantas no campo e a sua sobrevivência ao período estival.

3.5. Resumo

Para estudar o efeito de abrigos individuais no crescimento de sobreiros jovens instalaram-se trinta plântulas com cerca de 5 meses de idade em tubos de PVC com 1.20 m de altura e 30 cm de diâmetro preenchidos com uma mistura de terra e areia. Os tubos foram dispostos em quadrado latino, em três filas com orientação Este-Oeste e os tratamentos constituídos por dois abrigos e testemunha, distribuídos aleatoriamente. O crescimento das plantas foi acompanhado por meio de determinações não destrutivas e no final da estação de crescimento, as plantas foram retiradas dos tubos e determinada a biomassa.

Ambos os abrigos estimularam o crescimento em altura dos jovens sobreiros, sendo o estímulo mais acentuado no Abrigo Baixo que no Alto. O diâmetro do

colo não foi significativamente afectado notando-se, no entanto, um ligeiro aumento no Abrigo Baixo e um ligeiro decréscimo no Abrigo Alto. A produção de ramos laterais não se altera no Abrigo Alto mas é estimulada no Abrigo Baixo onde se regista consequentemente um aumento do comprimento da ramificação. O número de folhas e área foliar são significativamente aumentados em toda a planta no Abrigo Baixo e no ramo principal no Abrigo Alto. A expansão do limbo das folhas é reduzida no Abrigo Baixo e a razão entre o comprimento e largura foliares altera-se em ambos os abrigos, no ramo principal das plantas, tornando-se as folhas abrigadas mais largas e arredondadas o que tenderá a aumentar a resistência oferecida pela camada limite à difusão do vapor de água. A área foliar específica é superior nas plantas abrigadas o que indicia uma aclimação à sombra. O comprimento das raízes não foi significativamente afectado, notando-se mais uma vez a ordenação de grandezas: Abrigo Baixo, Testemunha, Abrigo Alto que também se encontra na biomassa radicular, a qual difere significativamente entre os abrigos. A produção de biomassa é aumentada no Abrigo Baixo para o que poderá contribuir a maior área foliar produzida. No Abrigo Alto não há alteração da biomassa produzida o que poderá explicar-se pelo aumento da área foliar das plantas, sendo improváveis taxas de assimilação líquida no interior superiores ou sequer semelhantes às do exterior dada a considerável redução da luz. Nos abrigos, o peso radicular relativo é reduzido, o caulinar aumentado e o foliar não é afectado. A razão entre a biomassa aérea e a radicular aumenta o que é também consentâneo com a redução da intensidade luminosa.

4. Ensaio 2: Crescimento de sobreiros jovens em abrigos individuais	129
4.1. Introdução	131
4.2. Materiais e métodos	132
4.2.1. Material vegetal	132
4.2.2. Procedimento	133
4.2.3. Análise numérica dos dados	136
4.3. Resultados e discussão	137
4.3.1. Crescimento em altura	137
4.3.2. Crescimento em espessura	142
Diâmetro do colo	142
Diâmetro do tronco	147
4.3.3. Ramificação	149
Número de ramos	149
Desenvolvimento dos ramos e complexidade da ramificação	154
Comprimento total de ramos laterais	165
Comprimento médio dos ramos laterais	171
Comprimento do ramo principal/Comprimento dos ramos laterais	174
4.3.4. Produção de folhas	176
Número de folhas	176
Densidade foliar	186
Dimensões foliares	189
Distribuição das folhas no perfil de altura	192
Área foliar e sua distribuição no perfil de altura	194
Área foliar específica	200
4.3.5. Produção de Biomassa	203
Distribuição da biomassa aérea no perfil de altura	209
4.3.6. Razão de área foliar	222
4.4. Conclusões	224
4.5. Resumo	225

4. Ensaio 2: Crescimento de jovens sobreiros em abrigos individuais

4.1. Introdução

O Ensaio 2 foi delineado, tal como o ensaio 1, de forma a permitir o acompanhamento do desenvolvimento aéreo dos jovens sobreiros instalados ou não em abrigos individuais e avaliar no final a produção de biomassa tanto aérea como radicular. Assim, optou-se novamente por instalar as plantas em contentores de grandes dimensões que não restringissem de forma importante o desenvolvimento das plantas e permitissem uma boa recuperação das raízes.

Na análise da distribuição da biomassa aérea no final do ensaio dedicou-se alguma atenção à sua distribuição espacial em seis estratos de um perfil vertical definido conforme a altura da planta. Pretendia-se um maior esclarecimento sobre a morfologia da parte aérea e se esta era ou não alterada e de que forma pelo uso dos abrigos.

Manteve-se um dos abrigos, o Abrigo Alto ou Castanho, já usado no ensaio 1 e usaram-se outros dois, confeccionados no mesmo material, polipropileno canelado, alveolar, com a mesma forma e dimensões com os quais se pretendia avaliar o efeito da cor e da existência de orifícios laterais de ventilação no microclima interior (veja-se capítulo 2) e no crescimento das plantas. Com as plantas envasadas tornou-se necessário, como anteriormente, o fornecimento de rega nos períodos de défice de precipitação.

O Ensaio 2 manteve-se durante duas estações de crescimento, pois pretendia-se estudar por um período mais prolongado, os efeitos dos abrigos nos parâmetros já analisados. Durante este período, as plantas abrigadas mantiveram-se, na sua maioria, no interior dos abrigos cujo topo é em regra alcançado no final da segunda estação de crescimento, não se colocando assim a questão do efeito da emergência dos abrigos no crescimento das plantas. No caso do sobreiro, dado o seu crescimento lento, com abrigos desta altura o efeito da emergência só se coloca mais tarde, no 3º ou 4º anos no interior dos abrigos.

4.2. Materiais e métodos

O Ensaio 2 decorreu, tal como o Ensaio 1, no local descrito no ponto 2.2.2. na Horta da Herdade da Mitra, próximo de Évora entre 29 de Maio de 1991 e 19 de Janeiro de 1993.

4.2.1. Material vegetal

Utilizaram-se plântulas provenientes de viveiro, amavelmente cedidas pelos serviços da CELBI, obtidas a partir de lande seleccionada no ano anterior e desenvolvidas em "paper pot" com substrato turfa. No início do mês de Março de 1991 as plantas foram transferidas para o local da experiência, onde permaneceram à sombra cerca de três semanas para aclimação às novas condições do exterior. A 26 de Março quarenta plantas de aspecto saudável e vigoroso foram transplantadas para vasos de grandes dimensões colocados a céu aberto onde completaram a sua aclimação.

Os abrigos foram aplicados cerca de dois meses mais tarde, permanecendo as plantas nesses vasos até ao final do ensaio. Quando foram aplicados os tratamentos, os jovens sobreiros tinham em média cerca de 18 cm de altura, três a quatro ramos originados no eixo principal das plantas que mediam no seu conjunto cerca de 11 cm. Estavam presentes cerca de 27 folhas, das quais 23 no ramo principal e 4 nos ramos laterais.

Sempre que necessário foi fornecida uma rega gota a gota à profundidade de aproximadamente 20 cm com água do poço próximo, através de um sistema de

rega automática que durante os períodos secos funcionou ao início da noite durante 30 minutos debitando aproximadamente 4 l de água por vaso.

4.2.2. Procedimento

Os quarenta vasos que serviram de contentores para as plantas durante o ensaio, dispuseram-se em quadrado latino em quatro linhas de orientação Norte-Sul afastadas de 2 m. Na linha, o compasso entre os vasos era igualmente de 2 m.

Na aplicação de três tipos diferentes de abrigo individual a conjuntos de 10 plantas seguiu uma distribuição aleatória, deixando um conjunto remanescente a que não foi aplicado tratamento algum e que serviu de Testemunha. Na figura 4.1 pode observar-se o aspecto geral do Ensaio 2, perto do seu termo. Manteve-se a aplicação do abrigo anteriormente designado como Abrigo Alto ou Castanho, e aqui designado como Castanho (já que tem a mesma altura dos outros) e utilizaram-se dois novos abrigos designados por Abrigo Branco Aberto e Abrigo Branco Fechado (descrição no capítulo 2, ponto 2.2.1).

Os vasos, em PVC, com uma capacidade aproximada de 50 l, têm 50 cm de altura, com 37 cm de diâmetro de boca e 30 cm na base, com cinco orifícios de 1.2 cm de diâmetro a permitirem o escoamento. Os vasos foram cheios com uma mistura 1:1 (v:v) de areia branca de rio, recolhida nas margens da ribeira da Peramanca, e terra colhida no local do ensaio, nos primeiros 20 cm de solo, constando as suas características gerais da tabela 3.2 (capítulo, ponto 3.2.3). Com o objectivo de facilitar a drenagem e arejamento, na base dos vasos aplicou-se uma camada com 5 cm de altura, de argila expandida com calibre compreendido entre 3 e 5 mm. Nos 20 cm superficiais de cada vaso, a mistura de terra e areia foi enriquecida com terra (1:16, v:v) contendo estrume de minhoca (designação comercial "Monchique"). A superfície externa dos vasos foi pintada com tinta plástica branca de forma a aumentar a reflexão da radiação solar reduzindo assim o risco de sobre-aquecimento das raízes nos contentores.

O crescimento das plantas no interior dos abrigos foi acompanhado com medições não destrutivas ao longo do tempo em que decorreu o ensaio, enquanto se procedia ao registo da temperatura, humidade relativa do ar e PAR no interior e exterior dos abrigos.

No dia 29 de Maio de 1991, registou-se a altura das plantas, diâmetro do colo e

número de ramos presentes e aplicaram-se os abrigos. A medição não destrutiva dos diferentes parâmetros estudados foi efectuada nos dias 5 de Junho, 19 e 20 de Junho, 28 de Junho, 16 de Julho, 29 de Julho, 31 de Agosto, 2 de Outubro de 1991 e 20 de Janeiro, 11 e 12 de Março, 16 de Março, 6 de Abril, 12, 14 e 19 de Outubro, 3 de Novembro e 20 de Dezembro de 1992.

A altura, diâmetro do colo, número e comprimento dos ramos laterais, bem como o número de folhas presentes no ramo principal e laterais foram registados ao longo do ensaio com a regularidade possível. A altura das plantas foi medida com auxílio de uma fita métrica metálica, graduada em milímetros e o diâmetro do colo com auxílio de uma craveira Tajima com precisão de 0.05 mm.

A 19 de Janeiro de 1993 iniciou-se o corte das plantas e recuperação das raízes que decorreu até ao final do mês de Janeiro de 1993. Dada a morosidade do processo, houve o cuidado de processar em cada dia um número igual de plantas de cada tratamento. Procedeu-se em tudo como anteriormente, no Ensaio 1 (veja-se ponto 3.2.3), exceptuando que não foram efectuadas medições do comprimento das raízes nem separação destas por classes de diâmetro. Na parte aérea das plantas foram efectuadas seis secções, correspondentes a estratos horizontais de um sexto da altura da planta. Em cada estrato procedeu-se de imediato, à separação das folhas e caules do ramo principal e laterais. As raízes foram cuidadosamente desenvasadas e recuperadas. Todo o material vegetal assim que recolhido foi mantido em sacos plásticos, a baixa temperatura no interior de uma caixa térmica e transportado para o laboratório onde se procedeu à determinação do peso seco. A fim de se poder determinar a área foliar, as folhas (frescas) foram fotocopiadas como anteriormente. O comprimento e largura foliares foram medidos na fotocópia com o auxílio de uma régua graduada em milímetros e calculada a razão comprimento/largura e a área foliar.

Tendo-se registado mortalidade durante o ensaio que afectou todos os tratamentos com excepção da Testemunha, consideraram-se para todos os parâmetros, apenas os registos referentes às plantas que permaneceram vivas até final do ensaio. A mortalidade directamente atribuível na maior parte dos casos ao ataque de insectos (*Coleoptera*) que roeram visivelmente o floema das jovens árvores, foi significativamente diferente no Abrigo Castanho, onde os efectivos ficaram reduzidos a metade, da dos restantes tratamentos que não apresentaram diferenças significativas. Possivelmente as condições deste abrigo ou as



Figura 4.1. Aspecto do Ensaio 2, **a.** visto de Nordeste e **b.** visto de Sudoeste, Horta da Herdade da Mitra em Dezembro de 1992.

características das plantas nele desenvolvidas terão sido por algum motivo, mais atractivas para os insectos. Uma incidência aumentada de insectos e doenças tem sido observada noutros *Quercus* abrigados (Minter *et al.*, 1992), tendo sido também por nós observada, não só neste mas também nos restantes ensaios descritos neste trabalho (capítulo 3 e 5), nomeadamente de afideos, reconhecidamente prejudiciais, mas também de vespas que não causam aparentemente outro transtorno senão o dificultarem a medição das plantas. Allen (1994), estudou a incidência de insectos e doenças em plantas abrigadas e não abrigadas, verificando estarem as primeiras sujeitas a maiores danos o que não impediu, no entanto, o estímulo do crescimento em altura. Os abrigos parecem assim, poder proporcionar, não só às plantas, boas condições de crescimento particularmente no início da Primavera quando as temperaturas exteriores ainda são demasiado frias para o desenvolvimento de algumas pragas.

4.2.3. Análise numérica dos dados

Na análise do crescimento tentou-se o ajustamento de modelos de regressão curvilínea para a variação dos parâmetros fenológicos acompanhados ao longo do ensaio em função do tempo, seguiram-se em geral os procedimentos descritos por Draper e Smith (1981). Sempre que foi possível estabelecer modelos descritivos significativos para uma variável compararam-se os modelos obtidos nos diferentes tratamentos através de testes de homogeneidade de declives seguidos de testes *a posteriori* para a diferença de declives. Sempre que se verificou haver homogeneidade de declives entre os modelos ajustados para os diferentes tratamentos, procedeu-se ao seu ajustamento recalculando-se as equações. Tendo em conta a especificidade de cada análise alguns pormenores são referidos em conjunto com a apresentação dos resultados.

Os dados obtidos no final do Ensaio relativos à biomassa e sua distribuição, diâmetro do tronco, dimensões e área foliar foram comparados por meio de testes *t* de Student utilizando-se o módulo TWOSAM de Statgraphics (STSC, 1989) ou por meio de testes não paramétricos de Mann-Whitney, utilizando o módulo WILCOX de Statgraphics (STSC, 1989), sempre que não havia homogeneidade de variâncias. A probabilidade de erro tipo I para a rejeição da ou das hipóteses nulas foi $\alpha = 0.05$.

4.3. Resultados e discussão

4.3.1. Crescimento em altura

Na figura 4.2 apresentam-se os resultados relativos à altura das plantas dos diferentes tratamentos ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2.

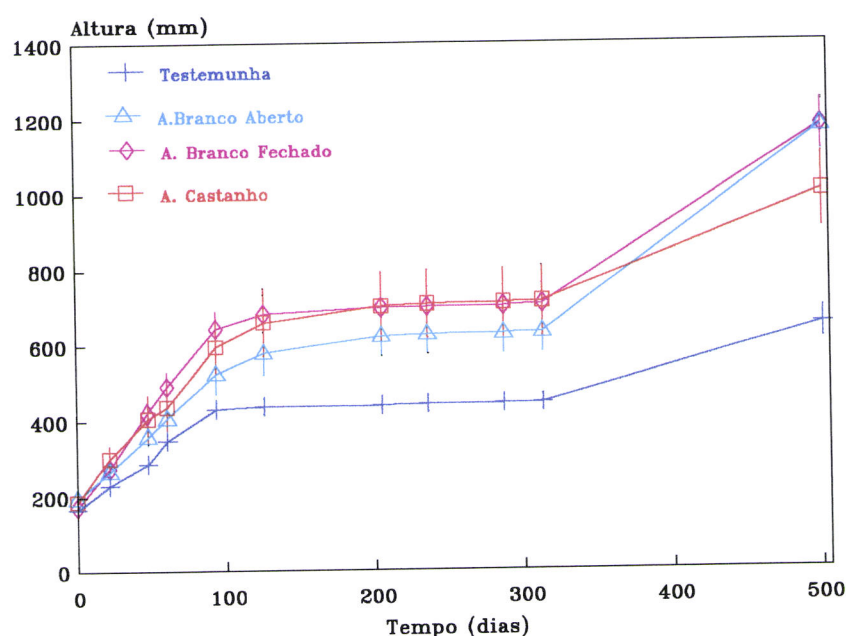


Figura 4.2 Gráfico da variação da altura média das plantas, expressa em milímetros e erro padrão nos diferentes tratamentos aplicados ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2.

Na análise do crescimento em altura consideram-se como possíveis factores de variação para além do tempo, variáveis de tipo atributo, nomeadamente os quatro tratamentos em presença e três períodos de tempo, dois de crescimento activo correspondentes à Primavera-Verão e um de não crescimento correspondente ao Outono e Inverno. As variáveis de atributo resultaram da criação de quatro vectores para o factor Abrigo (Abrigo Branco Aberto: 1,0,0,0; Abrigo Branco Fechado: 0,1,0,0; Abrigo Castanho: 0,0,1,0 e Testemunha: 0,0,0,1). Os períodos de crescimento activo avaliaram-se em conjunto criando-se uma variável muda para a distinção entre a primeira estação de crescimento e a segunda (1ª fase de

crescimento activo: 1; 2ª fase de crescimento activo: 0). A fase de não crescimento foi analisada separadamente.

Os valores de altura, expressa em milímetros, foram previamente transformados por multiplicação por 10^{-4} e os dados relativos ao tempo, expresso em dias contados a partir da aplicação dos abrigos, por multiplicação por 10^{-3} . O modelo investigado incluía à partida todas as variáveis e um termo quadrático para o tempo considerando igualmente todas as interacções de primeiro grau (com excepção das interacções envolvendo as variáveis necessárias para a descrição do tipo de abrigo), num total de 21 termos.

Para os períodos de crescimento, a variação da altura A com o tempo T , pode ser descrita por uma equação à qual os 248 valores observados se ajustam com um $R^2_{aj} = 0.8597$, com a fórmula geral seguinte:

$$A = \exp(a + bT + cZ_1 + dZ_5 + eTZ_1 + fT^2Z_1 + gT^2Z_5 + hZ_1Z_2)$$

em que *exp* representa a base dos logaritmos neperianos, a a constante ou ordenada na origem, b, c, d, e, f, g e h os coeficientes que afectam cada termo da equação, Z_1 é a variável muda que codifica a fase de crescimento assumindo o valor 1 no primeiro período de crescimento e o valor zero no segundo, Z_2 e Z_5 são variáveis mudas que codificam o factor Abrigo assumindo o valor 1 respectivamente para o Abrigo Branco Aberto e para a Testemunha.

Substituindo Z_1 , Z_2 e Z_5 pelos valores numéricos que assumem para os diferentes abrigos e períodos de crescimento obtém-se uma equação simplificada que descreve, em cada caso, a relação entre a altura A e o tempo T , com a fórmula geral seguinte:

$$A = a' \exp(b' T + c' T^2)$$

Na tabela 4.1 listam-se os coeficientes assumidos nos diferentes tratamentos e situações considerados no estudo. Da análise do modelo (veja-se figura 4.3) pode concluir-se que durante as fases de crescimento activo a altura aumenta exponencialmente com o tempo, processando-se o crescimento na primeira fase a uma taxa superior à da segunda. Com efeito a componente linear da taxa de crescimento (b) é idêntica em cada uma das fases para todos os tratamentos, sendo

muito superior na primeira fase ($b_{1^a \text{ fase}} > b_{2^a \text{ fase}}$). A componente quadrática de coeficiente negativo (c) constituiu um factor de retroacção negativa da taxa de crescimento e introduz diferenças entre os tratamentos, sendo idêntica nos três Abrigos em cada período de crescimento e superior (de coeficiente mais negativo) na Testemunha, estando ausente dos abrigos no 2º período de crescimento. Podem assim considerar-se dois grupos distintos quanto ao crescimento em altura, um formado pelos Abrigos e outro constituído pela Testemunha.

Abrigo	Período de crescimento	a'	$b' \times 10^{-3}$	$c' \times 10^{-6}$
Branco Aberto	1º	179.279559	17.957972	-69.766535
	2º	273.901177	2.816176	-
Branco Fechado e Castanho	1º	198.00068	17.957972	-69.766535
	2º	273.901177	2.816176	-
Testemunha	1º	150.172911	17.957972	-70.937802
	2º	207.740015	2.816176	-1.171267

Tabela 4.1 Coeficientes do modelo descritivo da variação da altura (expressa em milímetros) com o tempo (expresso em dias contados a partir da colocação dos abrigos) nos dois períodos de crescimento activo das plantas observados durante o Ensaio 2. Considerou-se o 1º período de crescimento com início a 29 de Maio e fim a 2 de Outubro de 1991 e o 2º com início a 6 de Abril e fim a 12 de Outubro de 1992.

Tomando igualmente em consideração as diferenças existentes na constante (a) que ponderam situações diferentes no início dos períodos de crescimento podem definir-se três grupos de tratamentos quanto à variação da altura com o tempo na primeira fase de crescimento, por ordem decrescente da taxa de crescimento: (1) o Abrigo Branco Fechado e o Abrigo Castanho, (2) o Abrigo Branco Aberto e (3) a Testemunha.

Na segunda fase de crescimento a constante é idêntica para os três abrigos bem como a taxa de crescimento resultando apenas dois grupos: um formado pelos abrigos e outro pela Testemunha.

A variação da altura com o tempo na fase definida como de não crescimento, com início em 2 de Outubro de 1991 e final em 6 de Abril de 1992, foi investigada separadamente, conforme já referido, seguindo-se procedimento idêntico. O modelo investigado incluía à partida todas as variáveis consideradas no caso das fases de crescimento com excepção da variável muda para o factor fase de

crescimento (Z_1) e todas as interacções de primeiro grau entre elas num total de 14 termos. Verificou-se não haver efectivamente variação significativa da altura com o tempo, sendo apenas significativa a constante e as variáveis para o factor Abrigo Z_2 e Z_5 , que assumem o valor 1 para o Abrigo Branco Aberto e Testemunha respectivamente. O modelo ajustado para a variação da altura A no período de não crescimento, com um $R^2_{aj} = 0.4479$ para os 93 valores observados, tem a fórmula geral:

$$A = \exp (a + bZ_2 + cZ_5)$$

A altura permanece pois constante durante este período mas assume valores diferentes nos diferentes tratamentos por substituição dos coeficientes e variáveis em presença pelos respectivos valores. Os tratamentos, como seria de esperar e mostra a figura 4.3, ficam agrupados tal como no primeiro período de crescimento: Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho permanecem juntos com o valor mais elevado (686 mm), temos em seguida o Abrigo Branco Aberto (611 mm) e por fim a Testemunha com a menor altura (440 mm).

Estes resultados não surpreendem. É sabido que o crescimento das árvores na primeira estação de crescimento é mais rápido que nas estações seguintes. Nessa fase, as jovens plantas parecem retirar um maior estímulo para o crescimento em altura do ambiente interno dos abrigos, graças a uma taxa metabólica superior. É interessante notar a superioridade relativa, durante essa primeira fase, do crescimento em altura nos Abrigos Fechados relativamente ao Aberto. No entanto os factores que poderão estar em jogo, num caso e outro são diferentes. Para explicar o maior crescimento relativo em altura no interior do Abrigo Branco Fechado por comparação com o Branco Aberto, poderemos apenas recorrer às diferenças de temperatura e humidade relativa do ar entre eles, já que a luz é idêntica e dificilmente é concebível que a humidade relativa do ar que tende a ser ligeiramente mais reduzida durante o dia neste abrigo (em virtude da temperatura mais elevada) se possa relacionar com o maior crescimento em altura (veja-se capítulo 2).

No Abrigo Castanho, a temperatura tende a ser menos elevada do que no Abrigo Branco Aberto, sendo a luz mais reduzida. Neste caso o maior crescimento em altura pode atribuir-se à redução da luz. As diferenças entre os

abrigos dissipam-se, no entanto, e no final da 2ª estação de crescimento, as plantas do Abrigo Branco Aberto recuperaram do seu ligeiro atraso.

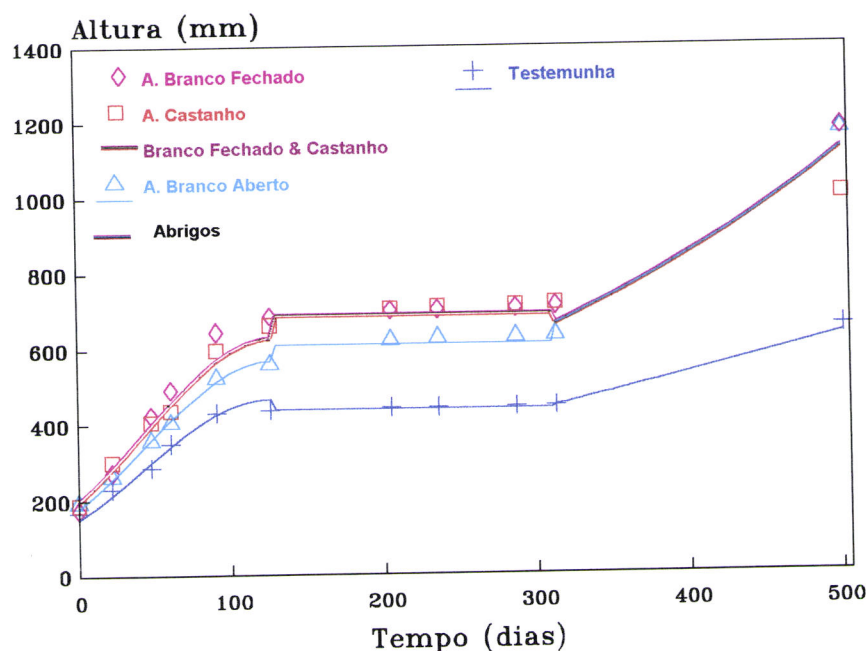


Figura 4.3 Curvas ajustadas e valores médios observados para a variação da altura, expressa em milímetros ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2.

Como anteriormente referido (capítulo 3, ponto 3.3.3) o estímulo do crescimento em altura é normalmente observado em plantas abrigadas, podendo ser explicado pela redução da intensidade luminosa ou envolver simultaneamente um estímulo do crescimento devido a um ambiente geral mais favorável criado pelos abrigos. Potter (1987a) em experiências realizadas com carvalhos, faias e freixos verificou que estímulos crescentes do crescimento em altura eram acompanhados por reduções também crescentes do engrossamento do tronco em resposta a intensidades luminosas progressivamente mais baixa entre 55% e 85% de redução da luz incidente, medidas na base dos abrigos.

Apesar das nossas medições da intensidade da PAR terem sido efectuadas próximo do topo do abrigo, a redução era já bastante superior em ambos os casos, sendo cerca de 65% para os Abrigos Brancos e de 78% para o Abrigo Castanho. Assim, se a resposta dos jovens sobreiros, for idêntica à observada naquelas

plantas, o aumento do crescimento em altura poderá explicar-se simplesmente como uma resposta à redução da intensidade luminosa. Seria de esperar igualmente um maior crescimento em altura no abrigo onde é maior a redução da luz, conforme também observado por aquele autor. Esse maior crescimento é observado efectivamente, mas apenas durante a primeira estação de crescimento, anulando-se posteriormente as diferenças entre abrigos. Aparentemente um acumular de desvantagens condiciona de forma importante o crescimento em altura dos jovens sobreiros no Abrigo Castanho, podendo explicar que se não mantenha na segunda estação de crescimento a resposta a uma maior redução da intensidade luminosa.

4.3.2. Crescimento em espessura

Diâmetro do colo

Na figura 4.4 apresentam-se os resultados relativos à variação do diâmetro do colo nos diferentes tratamentos ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2.

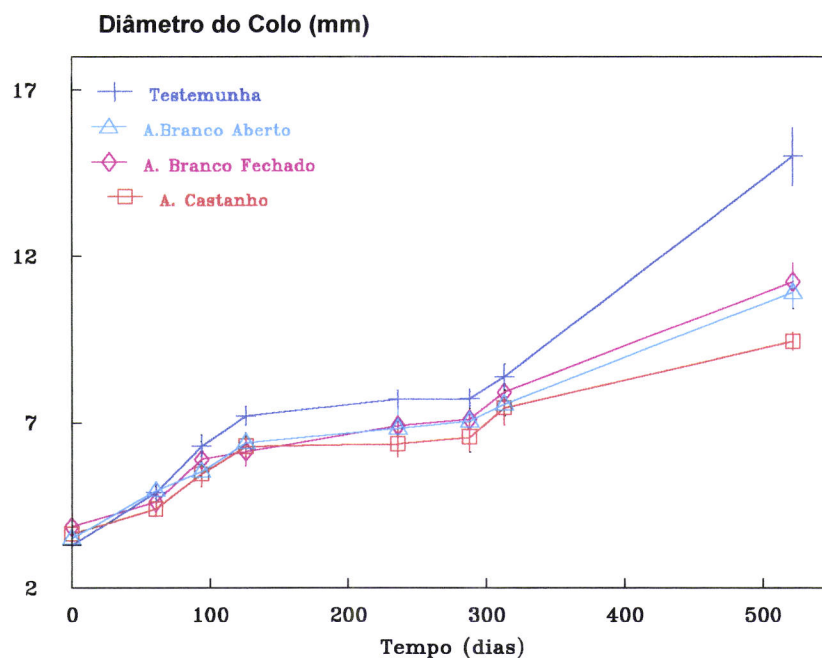


Figura 4.4 Gráfico da variação do diâmetro médio do colo e respectivo erro padrão, expressos em milímetro, no decurso do Ensaio 2.

Procedeu-se à análise de regressão da variação do diâmetro do colo com o tempo utilizando os procedimentos já descritos, considerando-se o colo expresso em centímetros e os valores do tempo, expresso em dias após a aplicação dos Abrigos, transformados por multiplicação por 10^{-3} . Considerou-se a existência de dois períodos de crescimento activo que se analisaram em conjunto. O primeiro, relativo à Primavera-Verão de 1991, coincide com o observado para a altura, decorrendo entre o dia 0 (29 de Maio) e o dia 126 (2 de Outubro). Já o segundo período de crescimento activo se inicia mais precocemente para o colo, decorrendo entre o dia 288 (12 de Março de 1992) e o dia 522 (2 de Novembro de 1992). Este facto não é estranho já que geralmente as árvores engrossam ao longo de um período de tempo maior do que aquele em que alongam (Kramer e Kozlowski, 1960). O modelo investigado incluía à partida além do factor tempo (T) e de um termo quadrático para o tempo (T^2), cinco variáveis mudas para factor fase de crescimento (Z_1) e Abrigo (Z_2, Z_3, Z_4 e Z_5), todas as interacções de primeiro grau com sentido entre as variáveis, perfazendo um total de 21 termos.

Para os períodos de crescimento a variação do Diâmetro do colo, C , com o tempo T , pode ser descrita por uma equação de fórmula geral:

$$C = a + bT + cZ_1 + dT Z_1 + eT^2 Z_4 + fT^2 Z_5$$

que se ajusta significativamente aos 217 valores observados com um $R^2_{aj} = 0.8487$. Em que a representa a constante ou ordenada na origem, b, c, d, e e f os coeficientes que afectam os termos da equação, Z_1 é a variável muda que codifica a fase de crescimento, assumindo o valor 1 no primeiro período de crescimento e o valor zero no segundo, Z_4 e Z_5 são variáveis mudas que codificam o factor Abrigo, assumindo o valor 1 respectivamente para a Testemunha e Abrigo Castanho.

Substituindo as variáveis mudas Z_1, Z_4 e Z_5 pelos valores numéricos que assumem para os diferentes períodos e abrigos obtém-se uma equação simplificada de fórmula geral:

$$C = a' + b'T + c'T^2$$

que descreve para cada tratamento a relação entre o diâmetro do colo e o tempo durante os períodos de crescimento. Na tabela 4.2 listam-se os valores assumidos

pelos coeficientes a' , b' e c' nos diferentes tratamentos e situações consideradas no estudo.

Abrigo	Periodo de crescimento	a'	$b' \times 10^{-2}$	$c' \times 10^{-3}$
Testemunha	1º	3.48385	2.38308	1.322795
	2º	1.95154	1.76769	1.322795
Branco	1º	3.4385	2.38308	-
	2º	1.9154	1.76769	-
Castanho	1º	3.48385	2.38308	-0.57846
	2º	1.95154	1.76769	-0.57846

Tabela 4.2 Coeficientes do modelo descritivo da variação do diâmetro do colo (expresso em milímetros) com o tempo (expresso em dias contados após a colocação dos abrigos) nos dois períodos de crescimento activo definidos para este parâmetro durante o Ensaio 2. Considerou-se o 1º período de crescimento com início a 29 de Maio e fim a 2 de Outubro de 1991 e o 2º com início a 12 de Março e fim a 2 de Novembro de 1992.

Da análise do modelo ajustado pode concluir-se que o diâmetro do colo aumenta linearmente com o tempo durante os dois períodos de crescimento activo, sendo o crescimento na primeira fase mais rápido do que na segunda ($b_{1^{\text{fase}}} > b_{2^{\text{fase}}}$) em todos os tratamentos. Podem considerar-se três grupos distintos quanto à evolução do crescimento em espessura definidos com base na presença ou ausência de uma componente quadrática do tempo que se adiciona à constante e taxa de crescimento linear as quais assumem valores idênticos para todos os tratamentos em cada período de crescimento.

Definem-se assim três grupos de diferente comportamento quanto ao alargamento do colo: (1) Testemunha, onde o crescimento em espessura é superior ao dos abrigos, havendo um incremento adicional dado pela componente quadrática de coeficiente, c , positivo e idêntico nas duas fases de crescimento. (2) Os dois Abrigos Brancos constituem um grupo de crescimento intermédio, apresentando uma taxa de crescimento inferior à Testemunha devido à ausência da componente quadrática e superior ao (3) Abrigo Castanho onde a componente quadrática é negativa correspondendo a uma retroacção negativa do crescimento em diâmetro que se intensifica à medida que o tempo passa.

A fase definida como de não crescimento foi analisada separadamente. O modelo investigado incluía à partida todas as variáveis consideradas para as fases de crescimento activo com excepção de Z_1 , num total de 14 variáveis. O modelo ajustado aos 93 valores observados entre 2 de Outubro (dia 126) e 12 de Março de 1992 (dia 288) com um $R^2_{aj} = 0.1360$ e com a fórmula geral abaixo indicada, não sustenta a hipótese colocada à partida, dada a presença de um termo significativo incluindo o tempo associado à Testemunha:

$$C = a + bT Z_5$$

O modelo indica que não há crescimento significativo do diâmetro do colo nos Abrigos onde $Z_5 = 0$ e a equação ajustada se transforma por substituição em :

$$C = a$$

sendo $a = 6.667909$ e logo o diâmetro médio do colo para as plantas abrigadas durante este período estimado em $C = 6.67$ mm. Para a testemunha onde $Z_5 = 1$, a equação ajustada fica:

$$C = 6.667909 + 0.03939 T$$

o que evidência a existência de crescimento embora a uma taxa muito reduzida durante o período em causa.

Conforme mostra a figura 4.5, a variação do diâmetro do colo na Testemunha diferencia-se pela taxa de crescimento superior durante as fases de crescimento activo e por se manter, embora a uma taxa muito reduzida, durante uma fase em que não há crescimento sensível nos Abrigos. Durante a primeira estação de crescimento não há diferenças sensíveis, entre tratamentos, no crescimento do diâmetro do colo e embora se note já uma ligeira divergência entre abrigos e Testemunha, as diferenças entre os tratamentos, comparados por meio de testes t de Student, não são significativas ($P > 0.05$). O mesmo se verificou no final do Ensaio 1, também após uma estação de crescimento, em que se notavam valores mais elevados na Testemunha relativamente ao Abrigo Castanho (diferenças igualmente não significativas). A evolução do diâmetro do colo durante a segunda

estação de crescimento parece confirmar a hipótese então colocada, de ser apenas uma questão de tempo até se revelarem diferenças significativas no diâmetro do colo na comparação entre Abrigo Castanho e Testemunha.

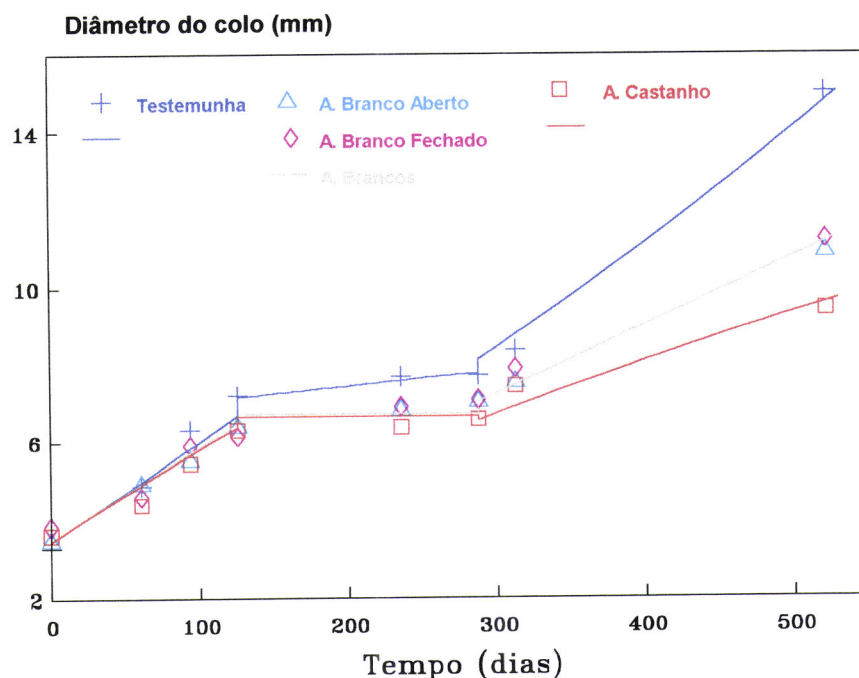


Figura 4.5 Curvas ajustadas e valores médios observados da variação do diâmetro do colo, expresso em milímetros, nos vários tratamentos no decurso do Ensaio 2.

Efectivamente durante a segunda estação de crescimento o diâmetro do tronco diverge entre o Abrigo Castanho e os outros tratamentos porque contrariamente a estes, a sua taxa de crescimento atenua-se o que, segundo o modelo, tende a acentuar-se à medida que o tempo passa.

Conforme se discutiu anteriormente (capítulo 3, ponto 3.3.2) a redução do diâmetro do colo é frequentemente observada em plantas abrigadas sendo aparentemente uma consequência natural da redução da luz no interior dos abrigos. Efectivamente, os dados mostram, neste caso, que quanto maior é a redução da luz maior, a redução do crescimento em diâmetro das plantas, como já observado por Potter (1987a). Não obstante, a redução do movimento do ar no interior dos abrigos poderá contribuir também para a redução do crescimento radial do tronco.

Diâmetro do tronco

Os resultados referentes ao diâmetro do tronco no final do Ensaio 2 medido no colo, a um terço, um meio e dois terços da altura das plantas, apresentam-se na figura 4.6.

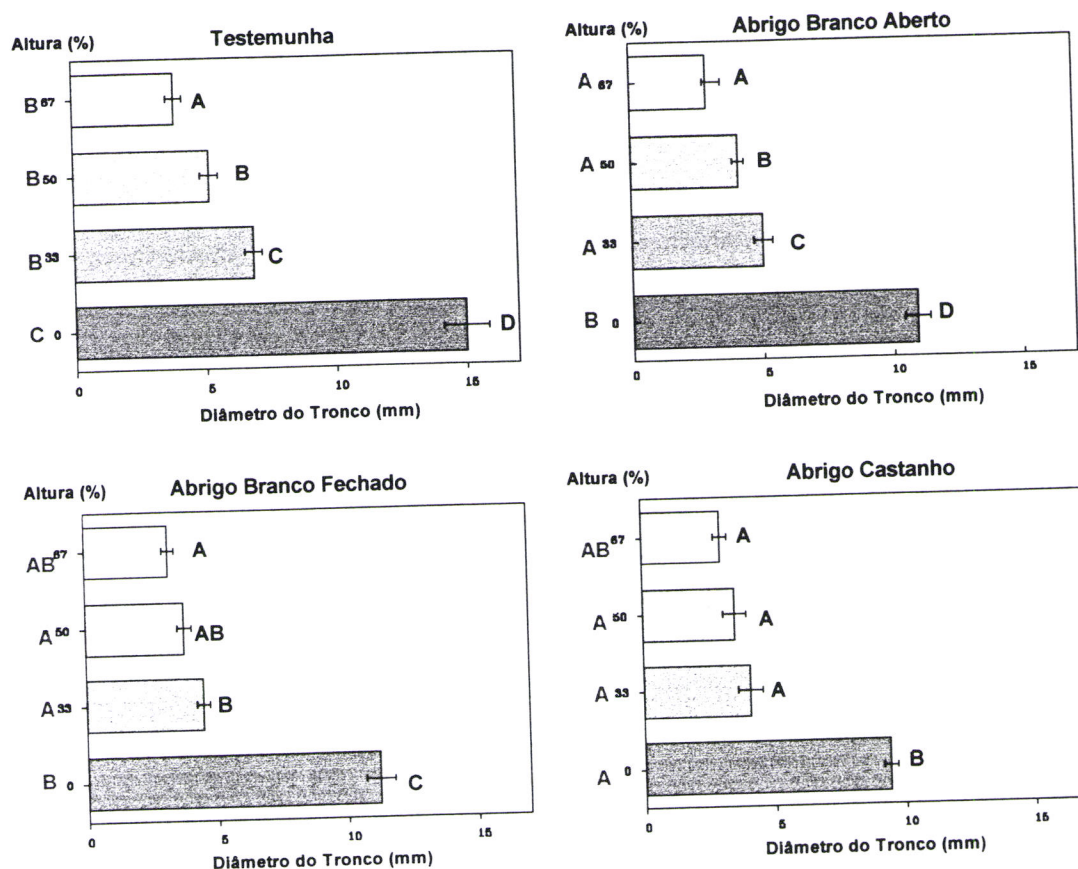


Figura 4.6 Variação do diâmetro médio do tronco, expresso em milímetros, e respectivo erro padrão no final do Ensaio 2. As medidas do diâmetro do tronco foram tomadas no colo e a alturas correspondentes a 1/3, 1/2 e 2/3 da altura das plantas. As letras interiores assinalam o resultado das comparações intra-tratamentos e as letras exteriores, os resultados das comparações inter-tratamentos. Diâmetros assinalados com a mesma letra não diferem entre si ($P > 0.05$).

A comparação entre tratamentos mostra que ao nível do colo podemos definir três grupos que coincidem com os definidos pelo modelo descritivo da variação desde parâmetro. Temos assim que o diâmetro do colo na Testemunha difere significativamente dos outros tratamentos, sendo superior. Os Abrigos Brancos

não diferem entre si mas diferem da Testemunha e do Abrigo Castanho que apresenta um diâmetro médio mais reduzido. A um terço e um meio da altura das plantas, a testemunha tem um diâmetro de tronco significativamente diferente dos abrigos que não diferem entre si e lhe são inferiores neste parâmetro. No topo do perfil, a dois terços da altura das plantas, onde o tronco é muito fino, com um diâmetro médio inferior a 5 mm, as diferenças entre tratamentos atenuam-se, só havendo a registar diferenças significativas entre a Testemunha e o Abrigo Branco Aberto que apresenta dimensões inferiores.

Com base nas medidas tiradas nota-se um afunilamento mais marcado na Testemunha e também no Abrigo Branco Aberto do que nos dois Abrigos fechados onde o alargamento do tronco é muito limitado para além da zona basal. Neste tratamentos, sobretudo no Abrigo Castanho, acima do nível do colo, os troncos são muito finos, com um diâmetro médio inferior a 5 mm e mantendo-se cilíndricos praticamente sem afunilamento (Abrigo Castanho) ou com um afunilamento muito ligeiro (Abrigo Branco Fechado) o que indica que a actividade cambial está limitada à zona basal nas plantas desenvolvidas nestes abrigos.

Estes resultados são semelhantes aos de Tuley (1985) que observou uma redução do diâmetro basal e do afunilamento do tronco, após duas estações de crescimento, em plantas de *Quercus petraea* (Matt.) Leiblein crescendo em abrigos com 4 m de altura. São também parcialmente semelhantes ao de Tuley (1983) em carvalhos, após três estações de crescimento em abrigos de 1.2 m, onde se observa igualmente uma redução do afunilamento do tronco nas plantas abrigadas, sendo, porém, neste caso, o diâmetro do tronco nas plantas abrigadas superior ao da testemunha a todos os níveis, incluindo a base das plantas.

O facto de no Abrigo Aberto se observar um afunilamento do tronco que não ocorre nos abrigos fechados parece consistente com a hipótese da agitação do tronco causada pelo movimento do ar poder influenciar de forma importante o afunilamento (Neel e Harris 1971, 1972; Nobel, 1981). Já ao nível do alargamento do colo, que também pode ser estimulado pela agitação do tronco, não se encontraram diferenças significativas entre o Abrigo Branco Aberto e o Fechado (sendo este em média ligeiramente mais elevado). A presença de orifícios de arejamento não produziu efeitos significativos no diâmetro do colo em *Picea sitchensis* (Bong) Carr., após três anos, sendo neste caso maiorr (diferenças não significativas) o diâmetro de colo nas plantas crescendo em abrigos arejados

(Mayhead e Jenkins, 1992). Tchente (1987), em *Robinia pseudacacia* L., observou crescimentos significativamente superiores do diâmetro do colo em abrigos arejados quando comparados com abrigos fechados, após uma estação de crescimento, mas não encontrou diferenças significativas em três outras espécies, *Prunus avium* L., *Quercus borealis* M. e *Juglans regia* $\times$ *nigra*, nas mesmas condições. Em conjunto, estes resultados sugerem que o movimento do ar poderá ter um efeito mais marcado e constante no afunilamento do tronco do que no alargamento do colo onde parecem ocorrer algumas diferenças inter-específicas.

4.3.3. Ramificação

Número de ramos

Na figura 4.7 mostra-se a evolução do número médio total de ramos laterais entre as plantas de cada tratamento ao longo do tempo. No ajustamento de um modelo de regressão do número de ramos presentes nas plantas em função do tempo decorrido após a aplicação dos abrigos, procedeu-se à transformação prévia dos dados do número de ramos por multiplicação por 10^{-2} e adicionado de uma unidade, os dados de tempo, expresso em dias contados a partir da aplicação dos abrigos, por multiplicação por 10^{-3} . Considerou-se a existência de dois períodos de crescimento activo que se analisaram em conjunto. O primeiro período relativo à Primavera-Verão de 1991, decorreu entre o dia 0 (29 de Maio) e dia 94 (31 de Agosto) e o segundo relativo à Primavera-Verão de 1992, entre o dia 292 (16 de Março) e o dia 508 (19 de Outubro). O período de não crescimento foi analisado separadamente.

A primeira fase de crescimento activo é mais curta do que a considerada para a altura e diâmetro do colo mas, embora este facto pudesse ser explicado apenas pela ausência de dados no período entre 31 de Agosto de 1991 e 20 de Janeiro de 1992, o que é facto é que entre estas datas não há variação expressiva do número de ramos presentes nas plantas, pelo que se verifica que a produção de novos ramos se interrompe aparentemente antes da paragem do alongamento em altura mas reinicia-se antes do reatamento daquele. O modelo investigado incluía à partida além do factor tempo, T , e de um termo quadrático para o tempo T^2 , cinco variáveis mudas para o factor fase de crescimento Z_1 e Abrigo Z_2 , Z_3 , Z_4 e Z_5

todas as interações de primeiro grau com sentido entre as variáveis, perfazendo um total de 21 termos.

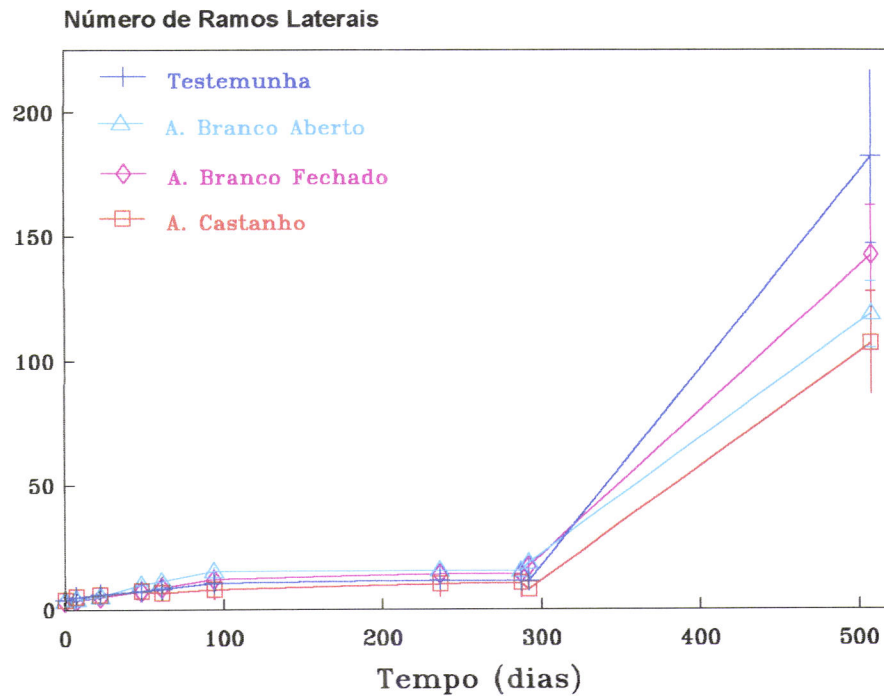


Figura 4.7 Gráfico da variação do número médio de ramos laterais por planta e respectivo erro padrão ao longo do tempo no Ensaio 2.

Para os períodos de crescimento, a variação do número total de ramos laterais NR , de uma planta com o tempo T pode ser descrita por uma equação com a fórmula geral seguinte e um $R^2_{aj} = 0.8767$ referente a 229 valores observados:

$$NR = [\exp(a + cZ_1) \cdot \exp(dTZ_2 + eTZ_3 + bT^2 + fT^2Z_2 + gT^2Z_5)] - 100$$

em $\exp$ representa a base dos logaritmos neperianos, a a constante ou ordenada na origem, b, c, d, e, f e g são coeficientes que afectam os termos significativos da equação seguindo a ordenação decrescente de significância. Z_1 é a variável muda que codifica a fase de crescimento, assumindo o valor 1 no primeiro período de crescimento activo e o valor zero no segundo, Z_2, Z_3 e Z_5 são variáveis mudas que codificam o factor Abrigo assumindo o valor 1 respectivamente no Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Testemunha.

Substituindo as variáveis mudas pelos valores numéricos que assumem para aos diferentes abrigos e períodos de crescimento obtém-se uma equação simplificada de fórmula geral:

$$NR = [a'.exp(b' T + c' T^2)] - 100$$

que descreve para cada tratamento a relação entre o número de ramos e o tempo durante os períodos de crescimento.

Na tabela 4.3 listam-se os valores assumidos pela constante a' e coeficientes b' e c' nos diferentes tratamentos e condições consideradas no estudo.

Abrigo	Período de crescimento	a'	$b' \times 10^{-3}$	$c' \times 10^{-6}$
Testemunha	1º	104.711211		4.859255
	2º	75.655050		4.859255
Branco Aberto	1º	104.711211	0.79.3018	2.514792
	2º	75.655050	0.793018	2.514792
Branco Fechado	1º	104.711211	0.309882	3.819025
	2º	75.655050	0.309882	3.819025
Castanho	1º	104.711211	-	3.819025
	2º	75.655050	-	3.819025

Tabela 4.3 Coeficientes do modelo descritivo do número total de ramos laterais com o tempo (expresso em dias contados a partir da colocação dos abrigos) nos dois períodos de crescimento activo das plantas observados durante o Ensaio 2. Considerou-se o 1º período de crescimento com início a 29 de Maio (dia 0) e fim a 31 de Agosto de 1991 (dia 94) e o 2º com início a 16 de Março (dia 292) e fim a 19 de Outubro de 1992 (dia 508).

Da análise do modelo constata-se que o número total de ramos presentes nas plantas aumenta exponencialmente com o tempo e que os quatro tratamentos em presença diferem significativamente entre si neste parâmetro constituindo cada um deles um caso diferente. Mais uma vez se encontram diferenças entre a primeira e a segunda fase de crescimento activo em todos os tratamentos, com vantagem para a primeira em que o aumento do número de ramos será comparativamente mais rápido dado o maior valor da constante. Por outro, lado dado que apenas a constante varia entre uma fase de crescimento e outra a forma das curvas não se altera para cada tratamento e a taxa de produção de novos ramos é semelhante para cada tratamento nas duas fases de crescimento.

Da análise das equações ajustadas pode facilmente retirar-se que o número de

ramos na Testemunha aumenta mais rapidamente que no Abrigo Castanho pois entre ambos só varia o coeficiente da componente quadrática que é menor no Abrigo Castanho. Pode igualmente concluir-se que o aumento do número de ramos com o tempo é inferior no Abrigo Castanho ao que se regista no Abrigo Branco Fechado pois neste está presente uma componente de variação linear positiva com o tempo a adicionar à componente quadrática que é igual em ambos.

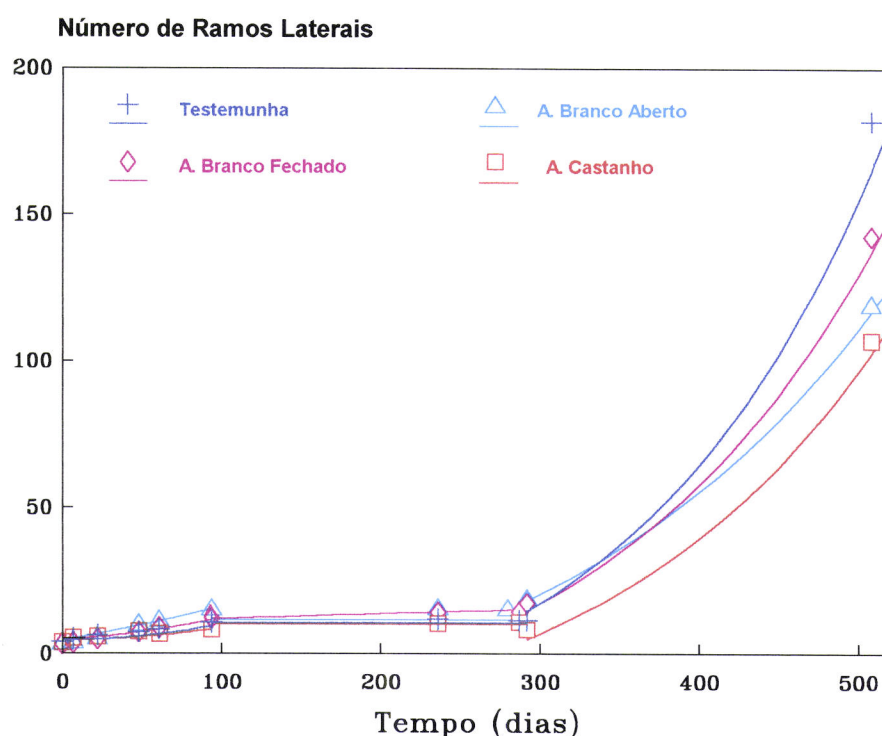


Figura 4.8 Curvas ajustadas para a variação do número total de ramos em função do tempo e valores médios observados nos tratamentos do Ensaio 2.

Para compararmos a variação do número de ramos nos restantes tratamentos (Testemunha, Abrigo Branco Aberto e Abrigo Branco Fechado) socorremo-nos da análise gráfica das equações ajustadas em função do tempo que se apresentam na figura 4.8. Verifica-se que à medida que o tempo passa ganham vantagem no número de ramos, os tratamentos cujo coeficiente do termo quadrático é superior. Assim a Testemunha surge destacada no final da segunda fase de crescimento seguida pelo Abrigo Branco Fechado cujo coeficiente associado à componente quadrática é menor mas apresenta uma componente positiva adicional. No Abrigo

Castanho onde a descrição da variação do número de ramos laterais não inclui uma componente não quadrática do tempo, o crescimento é mais lento mas constata-se que vai progressivamente ganhando terreno, à medida que o tempo passa, ao Abrigo Branco Aberto cujo coeficiente associado à componente quadrática é o mais baixo de todos, sendo de prever que, a manter-se a tendência, as posições relativas do Abrigo Castanho e Abrigo Branco Aberto se viessem a inverter. Com efeito, o número de ramos no Abrigo Branco Aberto cresce mais rapidamente numa primeira fase dada a presença de uma componente não quadrática positiva (mais elevada que no Abrigo Branco Fechado) mas progressivamente vai perdendo terreno face a todos os outros tratamentos em que a componente quadrática é mais elevada.

Pode concluir-se que as condições prevaletentes no interior de todos os abrigos acabam por produzir alguma inibição da ramificação do tronco embora inicialmente, durante a primeira estação de crescimento, nos Abrigos Brancos se registre um estímulo da produção de ramos. A médio prazo, a ramificação é inibida relativamente à Testemunha em todos os abrigos sendo a inibição da produção de novos ramos mais fraca no Abrigo Branco Fechado intermédia no Branco Aberto e maior no Castanho. No entanto, num prazo mais longo é de esperar que no Abrigo Branco Aberto se venha a produzir uma maior inibição da produção de novos ramos do que no Abrigo Castanho.

Para a fase considerada de "não crescimento" ajustou-se um modelo que incluía à partida todas as variáveis consideradas para a fase de crescimento activo com excepção da variável muda para o factor fase de crescimento (Z_1) e de todas as interacções pertinentes de primeiro grau entre elas num total de 14 termos. O modelo significativo ajustado para a variação do número de ramos durante este período, ao qual se ajustam os 105 valores observados com um $R^2_{aj} = 0.1072$, não sustenta completamente a hipótese de inexistência de crescimento nesta fase, dada a presença de um termo significativo para o factor tempo associado ao Abrigo Branco Fechado. O modelo ajustado com a fórmula geral seguinte:

$$NR = [100 \exp(a + b Z_2 + c T Z_3)] - 100$$

denota a existência de variação do número de ramos NR com o tempo T no Abrigo Branco Fechado em que $Z_3 = 1$ mas não nos restantes tratamentos onde $Z_3 = 0$.

Simplificando por substituição das variáveis mudas pelos respectivos valores obtém-se para o período em causa a seguinte equação:

$$NR = [a' \exp (b' T)] - 100$$

onde a' e b' assumem os valores descritos na tabela 4.4. Assim, produção de novos ramos pára em todos os tratamentos com excepção do Abrigo Branco Fechado onde continua a aumentar exponencialmente embora a uma taxa muito reduzida.

Abrigo	a'	$b' \times 10^{-3}$
Testemunha e Castanho	110.257682	-
Branco Aberto	115.641072	-
Branco Fechado	110.257682	0.147434

Tabela 4.4 Coeficientes do modelo descritivo da variação do número total de ramos laterais com o tempo (expresso em dias contados a partir da colocação dos abrigos) no período de "não crescimento" entre 31 de Agosto de 1991 e 16 de Março de 1992.

Estes resultados são semelhantes aos obtidos no Ensaio 1. Em ambos os ensaios, durante a primeira estação de crescimento a produção de ramos não se alterou devido ao emprego do Abrigo Castanho. Por outro lado é interessante constatar que nos abrigos brancos se observa um estímulo da ramificação que apesar de menos dramático, faz lembrar o ocorrido no Abrigo Baixo. Nestes três Abrigos a intensidade luminosa é menos reduzida que no Abrigo Castanho e aparentemente a conjugação dessa situação com as elevadas temperaturas e outras condições dos abrigos tenderá a estimular a ramificação, numa primeira estação de crescimento.

A alteração de comportamento entre a primeira e segunda estação de crescimento sugere que, mais que uma inibição da ramificação por parte do meristema apical, poderá ser a insuficiência das reservas de carbono acumuladas que limita a ramificação das plantas abrigadas.

Desenvolvimento dos ramos e complexidade da ramificação

No início do Ensaio 2, as plantas com aproximadamente 5 meses, apresentam-se na sua maioria (74.1% do total) já ramificadas, estando presentes exclusivamente

ramos de primeira ordem (*R1*) que partem directamente do tronco principal da planta. As plantas ramificadas têm nessa altura entre 1 e 14 ramos laterais sendo a média de 5 ± 0.583 ramos por planta ramificada, com o número médio de ramos para todas as plantas de 3.710 ± 0.587 . Cerca de um mês e meio depois (dia 48) já se encontram nalgumas plantas ramos de segunda ordem (*R2*) em todos os tratamentos com excepção do Abrigo Castanho onde só consideravelmente mais tarde, (dia 94) se regista o aparecimento dos primeiros ramos laterais de segunda ordem (veja-se figura 4.9).

É de notar que não é de forma alguma nítida, no ritmo de aparecimento das classes de sub-ramificação, a existência de duas estações de crescimento separadas por uma estação de "não-crescimento". Pelo contrário, vão-se registando sempre novas plantas em que aparecem pela primeira vez ramos de segunda ou terceira ordem e isto em todos os tratamentos, sem excepção, ao longo do tempo. Apesar disto o peso de um ou dois novos raminhos de um novo tipo no número de ramos total da planta é relativamente insignificante. Assim, se como vimos, podemos assumir que existe uma quebra global na produção de novos ramos, verificamos simultaneamente que essa quebra não é total surgindo sempre esporadicamente um ou outro ramo aqui e ali mesmo numa fase de "não crescimento". Assim torna-se interessante comparar o tempo que decorre até que metade das plantas de um tratamento tenham ramos de segunda e terceira ordem.

No desenvolvimento de ramos de segunda ordem decorre muito mais tempo no Abrigo Castanho, sensivelmente o dobro do número de dias, relativamente à Testemunha, para que metade das plantas os desenvolvam. Pelo contrário nos Abrigos Brancos esse tempo é encurtado, muito ligeiramente no Fechado e de forma muito acentuada, para cerca de um terço, no Aberto. Conforme mostra a figura 4.9 parece haver alguma inibição ao desenvolvimento da ramificação de segunda ordem no Abrigo Castanho e algum estímulo nos Abrigos Brancos particularmente no Abrigo Branco Aberto.

A explicação para a variação de um processo tão complexo como o da ramificação do tronco não poderá ser simples. No caso do atraso da produção de *R2* no Abrigo Castanho, parece, no entanto provável, que sob uma intensidade luminosa reduzida, haja um reforço da dominância apical com valor adaptativo óbvio pois através da inibição do desenvolvimento dos gomos axilares privilegia-se a canalização dos fotoassimilados para o alongamento do eixo principal

aumentando assim as probabilidades da planta alcançar em altura um ambiente luminoso mais favorável. Para o aparente estímulo da produção de *R2* nos Abrigos Brancos, onde a luminosidade é menos reduzida, poderá contribuir o facto dos *R2* possibilitarem, pelo menos inicialmente (enquanto os *R1* crescem predominantemente sob a horizontal), um melhor posicionamento das folhas para a captação da luz já que estes ramos tenderão, numa primeira fase, a crescer numa direcção próxima da vertical.

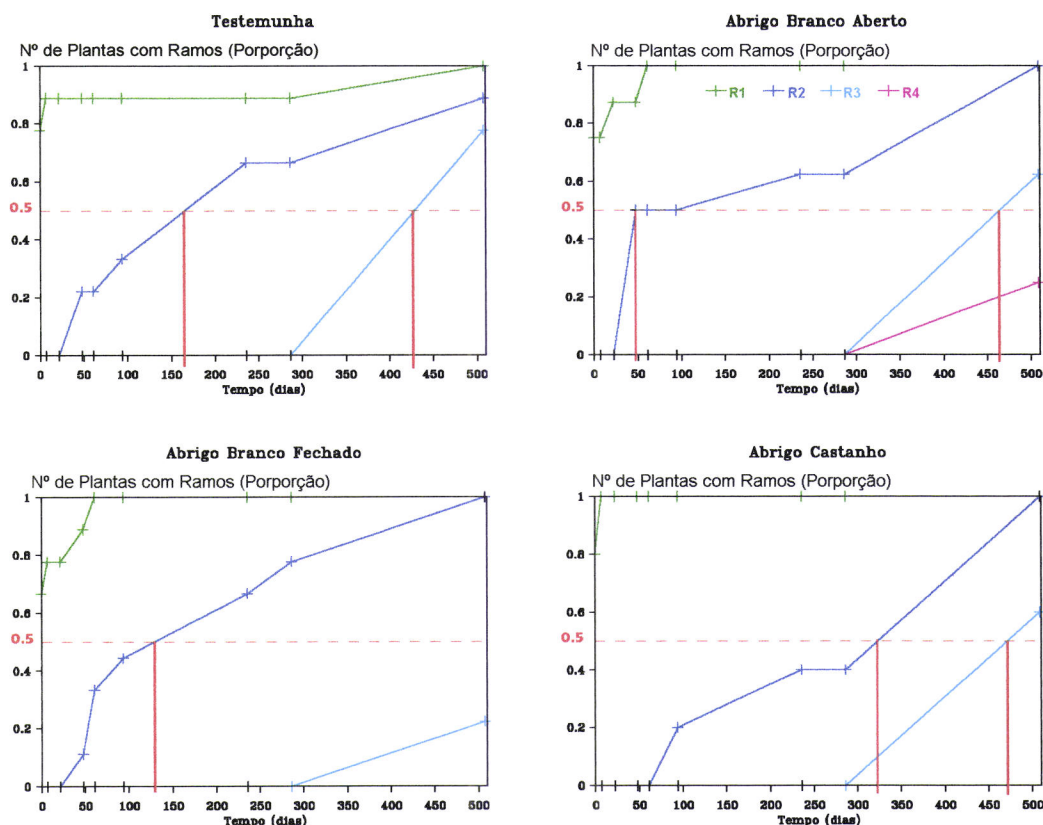


Figura 4.9 Variação do número de plantas com ramos laterais de primeira (*R1*), segunda (*R2*), terceira (*R3*) e quarta (*R4*) ordens, expresso em proporção do número total de plantas nos tratamentos Testemunha, Abrigos Branco Aberto, Branco Fechado e Castanho durante o Ensaio 2. O traço vertical vermelho assinala o tempo decorrido para que metade das plantas de um tratamento tenham ramos de 2ª e 3ª ordem.

Quanto aos ramos de terceira ordem, *R3*, só foi registada a sua presença no final do ensaio, estando estes ramos presentes nalgumas plantas em todos os tratamentos. Na produção de *R3* pode notar-se um atraso relativo das plantas do

Abrigo Branco Fechado relativamente aos outros tratamentos, onde a proporção de plantas com *R3* excede os 50% no final do ensaio. Este facto não encontra explicação à luz da proporção de plantas que atingiram a ramificação *R2* ou da velocidade com que o fizeram mas poderá ser explicado à luz das proporções relativas dos ramos *R1* e *R2* ou da complexidade da ramificação (veja-se adiante).

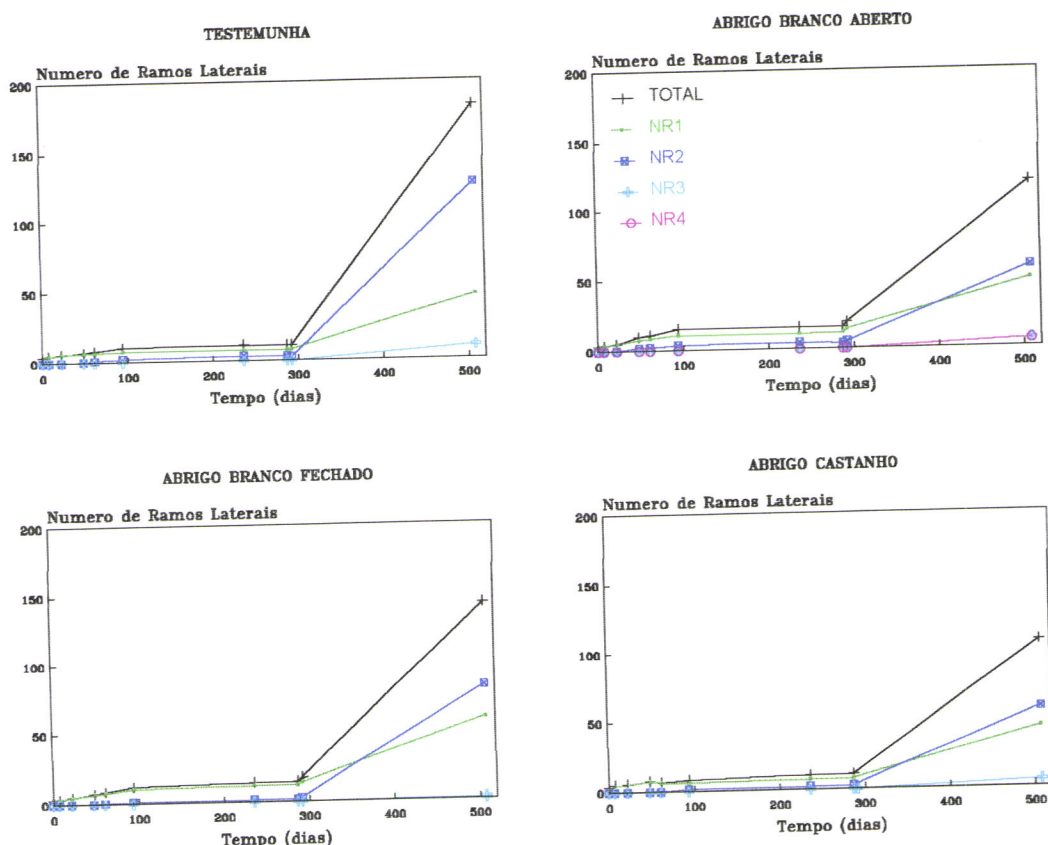


Figura 4.10 Gráficos da variação do número médio de ramos laterais ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2 nos diferentes tratamentos aplicados. Apresenta-se a variação do número total, do número de ramos laterais de primeira (*NR1*), segunda (*NR2*), terceira (*NR3*) e quarta ordem (*NR4*).

Só no Abrigo Branco Aberto se registou a presença de ramos de quarta ordem, *R4*, nalgumas das plantas, no final de ensaio o que, parece contrariar o princípio geral extraído da observação dos resultados, de que a complexidade da ramificação acompanharia proximamente a quantidade. A ser assim esperar-se-ia o aparecimento *R4* em primeiro lugar na Testemunha e só posteriormente no Abrigo Branco Aberto pois que na Testemunha é mais elevada a proporção de plantas com

R_2 , maior número médio de R_2 por planta, representando um maior proporção dos ramos e de uma forma geral maior a complexidade da ramificação. Para esta aparente inversão "da ordem natural" poderá ter contribuído, a pressão da luminosidade reduzida com vantagem para a produção de ramos verticais ou quase nos quais, as folhas dispostas na horizontal ou próximo dela, ficarão melhor posicionadas para a captação da luz.

Na figura 4.10 apresenta-se a variação do número médio de ramos laterais por planta nos diferentes tratamentos discriminando-os consoante a sua origem. Da análise da figura pode retirar-se que à medida que as plantas crescem e aumenta o número médio de ramos laterais presente também a complexidade da ramificação tende a aumentar. Os ramos produzidos a partir dos gomos laterais do eixo principal ramificam-se por sua vez a partir dos seus próprios gomos axilares e assim sucessivamente. A sub-ramificação é extensiva em todos os tratamentos e os R_2 passam a suplantam mais tarde ou mais cedo os R_1 sendo a expressão dos R_3 ainda muito reduzida no final do ensaio o mesmo se passando com os R_4 no caso em que estão presentes.

A variação do número de ramos de primeira e segunda ordem ao longo do tempo foi estudada como anteriormente a variação do número total de ramos laterais. O modelo ajustado para a variação do número de ramos de primeira ordem NR_1 em função do tempo T , com base em 229 valores observados e $R^{2aj} = 0.8325$, para os períodos de crescimento referidos é dado por:

$$NR_1 = a + b T^2 + c Z_1 + d T Z_2 + e T Z_3$$

onde a é uma constante ou ordenada na origem representando o NR_1 no tempo zero b , c , d e e são coeficientes que afectam os termos significativos da equação onde Z_1 é a variável muda que codifica o período de crescimento activo, Z_2 e Z_3 variáveis mudas que codificam o factor Abrigo.

Substituindo as variáveis mudas pelos valores numéricos que assumem para os diferentes abrigos e fases de crescimento obtém-se a equação simplificada de fórmula geral:

$$NR_1 = a' + b' T + c' T^2$$

que descreve para cada tratamento a relação entre o número de ramos de primeira ordem e o tempo durante os períodos de crescimento activo. Os valores assumidos

pela constante a' e coeficientes b' e c' nas diferentes situações e tratamentos considerados no estudo apresentam-se na tabela 4.5.

Abrigo	Período de crescimento	a'	b'	$c' \times 10^{-4}$
Testemunha e Castanho	1º	5.3397	-	2.147208
	2º	-10.7382	-	2.147208
Branco Aberto	1º	5.3397	0.011112	2.147208
	2º	-10.7382	0.011112	2.147208
Branco Fechado	1º	5.3397	0.0274158	2.147208
	2º	-10.7382	0.0274158	2.147208

Tabela 4.5 Coeficientes do modelo descritivo da número de ramos de primeira ordem NRI em função do tempo T (expresso em dias contados a partir da colocação dos abrigos) durante os períodos de crescimento rápido nos dois períodos de crescimento activo das plantas observados durante o Ensaio 2. Considerou-se o 1º período de crescimento com início a 29 de Maio (dia 0) e fim a 31 de Agosto de 1991 (dia 94) e o 2º com início a 16 de Março (dia 292) e fim a 19 de Outubro de 1992 (dia 508).

Durante os períodos de crescimento, na Primavera-Verão, regista-se uma produção considerável de novos ramos. O número total de ramos laterais (como se viu) e também o número de RI aumentam exponencialmente com o tempo em todos os tratamentos. Com efeito os descritores da variação de NRI incluem um termo quadrático do tempo de coeficiente c' positivo e idêntico em todos os tratamentos. O aumento do NRI é relativamente mais importante na primeira estação de crescimento, em que a constante a' assume um valor superior, do que na segunda. A taxa de produção de novos RI é estimulada pela presença dos Abrigos Brancos onde surge uma componente positiva linear para o tempo a qual é superior no Abrigo Branco Fechado. Na Testemunha e Abrigo Castanho a variação de NRI é descrita pela mesma equação (veja-se figura 4.11).

Para o período de "não crescimento" seguindo os procedimentos já descritos ajustou-se um modelo significativo para a variação de NRI em função do tempo T ajustando-se aos 105 valores observados com um R^2_{aj} de 0.1598:

$$NRI = [a \exp(bZ_2 - cTZ_3)] - 100$$

de onde se pode concluir que NRI é constante em todos os tratamentos durante o Outono-Inverno com excepção do Abrigo Branco Fechado (onde $Z_3 = 1$), assumindo os valores de $NRI = 7.65$ na Testemunha e Abrigo Castanho e de

$NR1 = 11.30$ no Abrigo Branco Aberto. Durante este período no Abrigo Branco Fechado regista-se um aumento significativo do $NR1$ com o tempo T dado pela equação:

$$NR1 = [107.6504 \exp(0.1658 \cdot 10^{-3} T)] - 100$$

A figura 4.11 mostra a variação do número de $R1$ segundo os modelos ajustados e os valores observados havendo uma adequação aceitável que levou à escolha destes modelos em detrimento de outros com R^2 superior mas cuja adequação aos dados observados se tomou como insatisfatória. Há que notar no entanto que a maior taxa de produção de $R1$ durante a primeira estação de crescimento atribuída ao Abrigo Branco Fechado e não ao Abrigo Branco Aberto não retrata fielmente os valores observados.

A análise da variação do número de $R2$, em que se seguiu um procedimento em tudo idêntico aos anteriores (com exceção de nos modelos a ajustar não se incluir uma constante ou ordenada na origem já que no tempo zero $NR2 = 0$), mostra que o $NR2$ cresce também exponencialmente com o tempo T não se registando diferenças significativas entre o primeiro e segundo períodos de crescimento, podendo ser descrita a sua variação, nos períodos de crescimento, pela equação seguinte à qual se ajustam os 167 valores observados com um $R^2_{aj} = 0.7405$:

$$NR2 = 100 \exp(a T^2 + b T^2 Z_5)$$

Substituindo a variável muda pelo valor numérico que assume nos diferentes tratamentos temos uma equação simplificada de fórmula geral:

$$NR2 = 100 \exp(a' T^2)$$

onde $a' = 1.8082$ nos Abrigos ($Z_5 = 0$) e $a' = 2.7605$ na Testemunha ($Z_5 = 1$). Assim o aumento do $NR2$ processa-se a uma taxa superior na Testemunha do que nos Abrigos que não diferem entre si

Não foi ajustável qualquer modelo para a variação de $NR2$ durante a fase de "não crescimento", tendo sido investigados os habituais 14 termos, o que revela a inexistência de variação significativa com o tempo, os tratamentos e a interacção

entre eles, sendo $NR2 = 3.0286$.

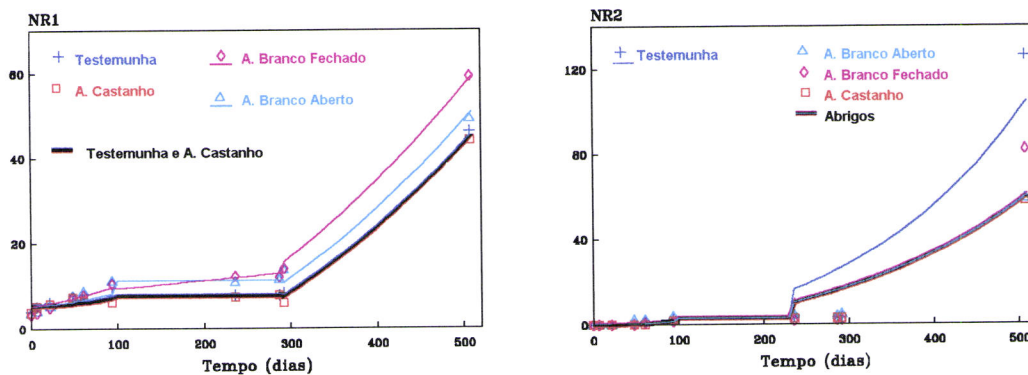


Figura 4.11 Curvas ajustadas para a variação do número de ramos de primeira ($NR1$) e segunda ordem ($NR2$) em função do tempo expresso em dias contados após o início dos tratamentos e valores médios observados nos tratamentos do Ensaio 2.

Em resumo pode afirmar-se que:

- (1) o número de $R1$ e $R2$, bem como o número total de ramos cresce exponencialmente com o tempo durante as fases de crescimento activo correspondentes à Primavera-Verão.
- (2) O aumento do número de $R1$ (e do número total de ramos) é superior no primeiro ano independente do tratamento aplicado mas a taxa de aumento do número de $R2$ é idêntica nos dois períodos de crescimento activo.
- (3) Durante as fases de crescimento activo a produção de $R1$ é estimulada pela presença dos Abrigos Brancos especialmente o Fechado não diferindo entre os outros tratamentos. Este estímulo é mais evidente no primeiro período de crescimento.
- (4) A produção de $R1$ é insignificante durante o Outono-Inverno em todos os tratamentos excepto no Abrigo Branco Fechado onde se regista um crescimento exponencial significativo embora a uma taxa muito reduzida.
- (5) A taxa de produção de $R2$ durante a Primavera-Verão é superior na Testemunha relativamente a todos os Abrigos que não diferem.
- (6) A produção de $R2$ é insignificante durante o Outono-Inverno em todos os tratamentos.

Assim as variações observadas no número total de ramos laterais entre os diferentes tratamentos têm uma explicação complexa que passa pelo estímulo da

produção de ramos de primeira ordem nos Abrigos Brancos e pela inibição da produção de ramos de segunda ordem em todos os Abrigos.

Ao nível dos ramos de terceira ordem, cuja presença se regista pela primeira vez no último dia de determinações, apenas se registam diferenças significativas entre os tratamentos comparados por meio de testes *t* de Student entre a Testemunha, com *NR3* superior, e o Abrigo Branco Fechado. Havendo igualmente a registar a presença de *R4* apenas no Abrigo Branco Aberto.

Procurando ter em conta todos estes factores, para comparar a complexidade da ramificação das plantas nos diferentes tratamentos socorremo-nos de um índice que denominamos de *r*, correspondente ao número de ordem médio dos ramos presentes na planta num dado momento. Atribuindo a cada ramo um número, *n* correspondente à sua ordem de ramificação, 1 aos *R1*, 2 aos *R2* e assim sucessivamente, *r* pode calcular-se facilmente através do somatório dos número de ordem *n_i* de cada ramo, ponderado pelo número total de ramos *NRT* no qual se inclui o ramo principal. Traduzindo de certa forma a complexidade da ramificação, *r* é assim dado por:

$$r = (\sum n_i) / NRT$$

Para o cálculo de *r* facilita naturalmente considerar o número de ramos de cada ordem presente *NR_i* podendo *r* expressar-se como:

$$r = (\sum n_i NR_i) / [(\sum NR_i) + 1]$$

e portanto:

$$r = \sum n_i p_i$$

sendo *p_i* a proporção de ramos de ordem *n_i* (*NR_i* / *NRT*). Assim *r* assume o valor zero numa planta não ramificada, variando o valor entre [0.5, 1[numa planta só com ramos de primeira ordem. Em plantas onde estejam também presentes *R2*, *r* é superior a 1, sendo mais sensível ao aparecimento de ramos de ordem mais elevada do que ao aparecimento de ramos de ordem mais baixa. Na figura 4.12 pode comparar-se a evolução de *r*, o número de ordem médio dos ramos nos diferentes tratamentos ao longo do Ensaio 2.

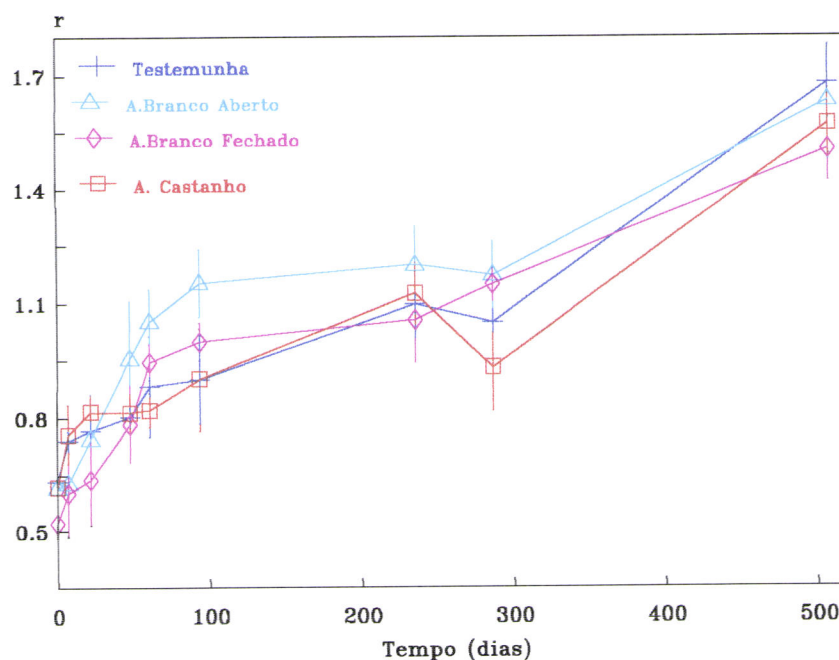


Figura 4.12 Gráfico da variação do r médio e respectivo erro padrão ao longo do tempo em que decorreu o ensaio 2 nos diferentes tratamentos aplicados.

O r médio ou número de ordem médio de ramos de uma amostra, tomado como uma medida da complexidade da ramificação, permite de certa forma sintetizar a evolução do número total de ramos laterais e ter simultaneamente em consideração a origem destes. Apresenta oscilações que denotam além disso ser este um parâmetro relativamente sensível.

A evolução do r médio mostra que inicialmente a maioria das plantas se encontra ramificada, apresentando pelo menos um ramo já que o r médio é superior a 0.5 em todos os tratamentos. Durante a primeira estação de crescimento o r médio é mais elevado no Abrigo Branco Aberto onde a formação de $R1$ é mais estimulada. Neste tratamento há uma complexidade de ramificação relativamente maior mostrando que a produção de $R2$ acompanhou, numa primeira fase, a superior produção de $R1$ uma vez que o r médio é claramente superior à unidade.

Durante a fase de não crescimento todos os tratamentos mostram uma ligeira quebra no r médio à excepção do Abrigo Branco Fechado que cresce muito ligeiramente. A estas oscilações não nos ocorre atribuir grande significado pois que envolvem uma variação das próprias amostras (dia 292 a amostragem foi restrita).

No final da segunda estação de crescimento as posições relativas dos diferentes

tratamentos alteraram-se embora todos eles apresentem valores muito próximos. É a Testemunha que apresenta um r médio superior, o que se poderá explicar sobretudo pela maior produção de $R2$ onde suplanta de longe todos os Abrigos mas também pela de $R3$ que é significativamente superior à do Abrigo Branco Fechado. Entre os abrigos, no final do ensaio, o Branco Aberto é o que apresenta maior complexidade da ramificação apesar de uma produção relativamente elevada de $R1$ e do reduzido número médio de $R2$, pois estes factores são compensados pelo número de $R3$ e pelo facto de ser o único tratamento onde há produção de $R4$.

O Abrigo Castanho surge em seguida a sua produção de $R1$ é relativamente menor que nos Abrigos Brancos, sendo a produção de $R2$ equivalente e assim a razão entre $NR2/NR1$ no final do ensaio é superior no Abrigo Castanho. A juntar a isto temos no Abrigo Castanho uma produção "normal" de $R3$ e no Branco Fechado uma produção deprimida deste tipo de ramos o que contribui para lhe dar o último lugar no r médio.

No seu conjunto estes resultados sugerem que a fraca dominância apical que caracteriza geralmente os *Quercus* (Salisbury e Ross, 1978) não é aparentemente afectada, numa primeira fase, pelas condições ambientais no interior do Abrigo Castanho como já foi observado no Ensaio 1. Neste abrigo aparentemente a maior redução da luz será responsável por não se observar aí o estímulo da produção de ramos laterais que se observa nos Abrigos Brancos e já anteriormente se registara (ensaio 1) no Abrigo Baixo. A elevação da temperatura associada a redução "média" da luminosidade surge como a causa mais provável para o desencadear de uma produção aumentada de ramos nos jovens sobreiros, embora os outros factores prevaletentes no interior dos abrigos, nomeadamente uma eventual superior concentração de CO_2 , possam também influenciar ou determinar este fenómeno. Seriam necessários mais estudos para poder clarificar esta questão.

Por outro lado, a inibição da produção de ramos, sobretudo $R2$, durante a segunda estação de crescimento, sugere que uma redução nas reservas de fotoassimilados disponíveis para o crescimento poderá ocorrer nas plantas abrigadas em todos os abrigos usados em consequência de limitações impostas à fotossíntese pela redução da luz disponível.

Comprimento total de ramos laterais

Na figura 4.13 apresenta-se a evolução ao longo do tempo da média e erro padrão do comprimento total dos ramos laterais por planta em cada um dos tratamentos.

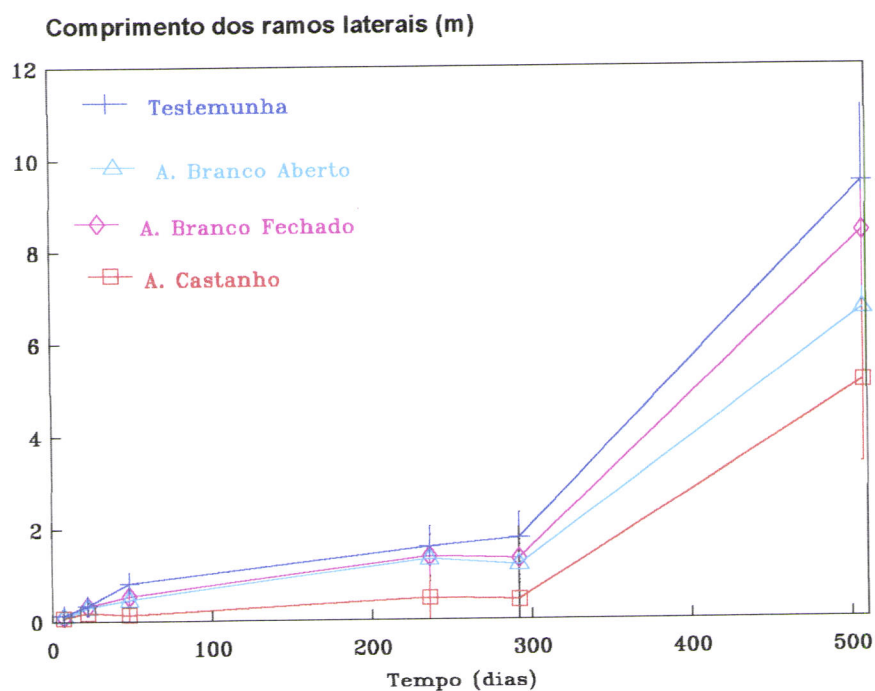


Figura 4.13 Variação da média e erro padrão do comprimento total dos ramos laterais por planta, expresso em metros, nos tratamentos Testemunha, Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2.

Sendo as determinações efectuadas relativamente escassas, tornam-se insuficientes para definir claramente um período de "não crescimento" embora se possa notar um crescimento mais lento no período que decorre entre 16 de Julho de 1991 (dia 48) e 16 de Março de 1992 (dia 292).

A variação do comprimento dos ramos, *CR*, foi estudada tal como os parâmetros anteriormente analisados, considerando dois períodos de crescimento activo e um período intercalar de crescimento lento ou não crescimento. No entanto, seguindo procedimentos idênticos aos empregues anteriormente, encontraram-se discrepâncias entre os dados observados e os modelos ajustados que nos levaram a abandonar esta aproximação. Optou-se por considerar, tal como a estrutura de

dados aconselhava, a existência de um crescimento contínuo deste parâmetro ao longo do tempo. Além do tempo e de um factor quadrático para o tempo, considerou-se a existência de três fases de crescimento (entre os dias 7 - 48, 48 - 292 e 292 - 508) pela introdução de três variáveis mudas para este factor, a que se adicionaram as quatro variáveis mudas necessárias para descrever o factor Abrigo e todas as interacções pertinentes de primeiro grau entre elas, num total de 35 termos a que se juntaram ainda factores cúbico e quadrico para o tempo. A variação do CR em função do tempo T , com os dados de comprimento previamente transformados por multiplicação por 10^{-4} e os de tempo por 10^{-3} , pode ser descrita pela equação de fórmula geral:

$$CR = [1.018746 \times 10^{-4} \exp (0.465260 \cdot 10^{-3} T + 1.278028 \times 10^{-6} \cdot T^2)] - 10^{-4}$$

que se ajusta aos 129 valores observados com um $R^2_{aj} = 0.8388$ (figura 4.14).

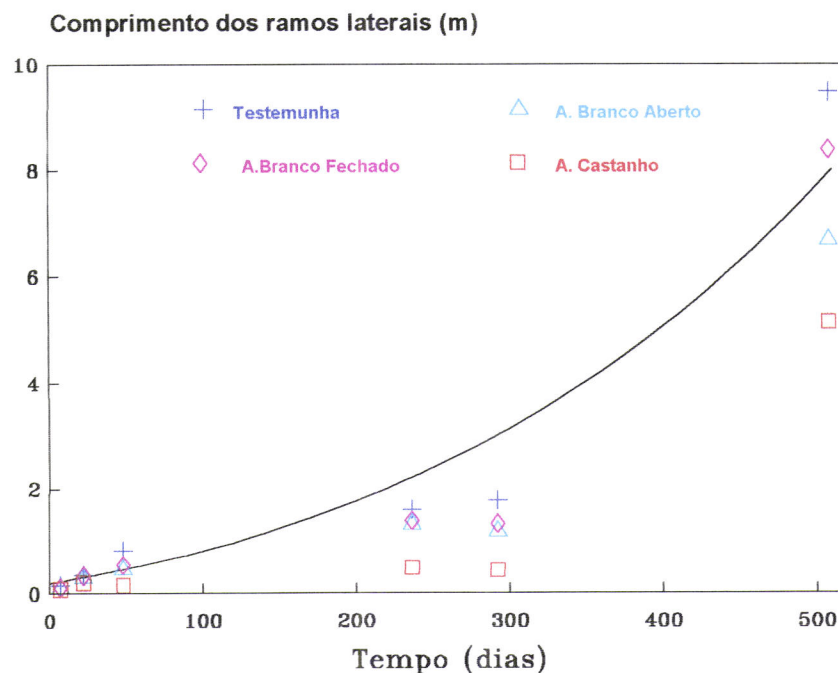


Figura 4.14 Curva ajustada para a variação do comprimento total dos ramos laterais de uma planta e valores médios observados, expressos em metros, nos tratamentos Testemunha, Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho, durante o Ensaio 2.

Assim pode concluir-se que o comprimento total da ramificação aumenta exponencialmente com o tempo e não difere significativamente entre os tratamentos. O facto do modelo não fazer distinção entre fases de crescimento poderá ser mais uma consequência da insuficiência de dados do que propriamente uma evidência da existência de crescimento contínuo do comprimento dos ramos laterais embora esta hipótese não seja de excluir totalmente dado que se foi sempre registando o aparecimento de novos ramos.

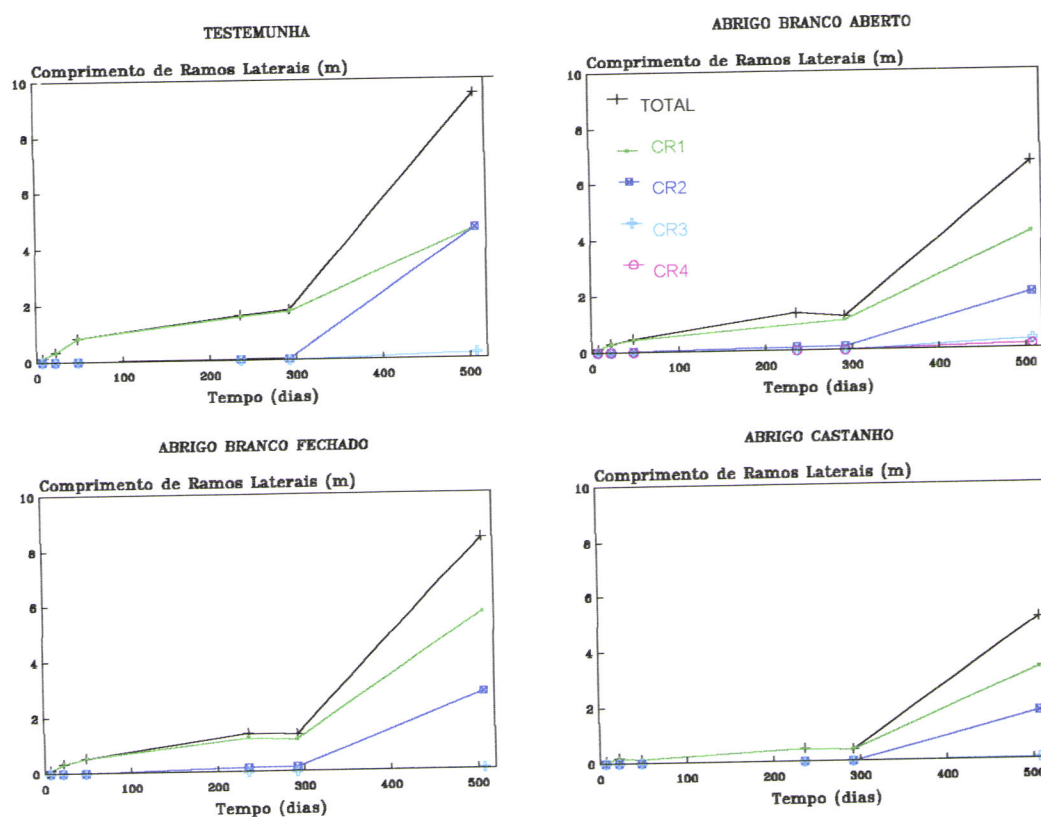


Figura 4.15 Variação do comprimento dos ramos laterais, expresso em metros, ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2, nos diferentes tratamentos. Apresenta-se a variação do comprimento médio referente ao total de ramos, aos ramos laterais de primeira, segunda, terceira e quarta ordens respectivamente *CR1*, *CR2*, *CR3* e *CR4*.

A grande variabilidade encontrada no número total de ramos produzidos não tem repercussão aparente no comprimento total dos mesmos ramos o que tanto poderá resultar de uma simples questão de escala como da existência de diferenças importantes no comprimento médio dos ramos produzidos nos diferentes tratamentos. Antes de abordar esta questão estudou-se a variação do comprimento

total dos diferentes tipos de ramos presentes nas plantas.

Como mostra a figura 4.15 são os *R1* que mais contribuem para o comprimento total de ramos laterais em todos os tratamentos, o que só se altera no final do ensaio e apenas nas plantas Testemunha, em que o comprimento dos *R2* atinge um nível equivalente ao dos *R1*. A evolução do comprimento dos ramos de vária ordem não tem assim correspondência directa com a evolução do seu número. Apesar do número de *R2* ser claramente preponderante no final do ensaio em todos os tratamentos, o mesmo não sucede com o comprimento acumulado com que contribuem para o comprimento total. Por outro lado, é também reduzida a expressão dos *R3* e dos *R4*, quando presentes, para o comprimento total de ramos laterais.

Estudou-se a variação do comprimento dos *R1*, *CR1*, com o tempo, *T*, seguindo o procedimento anteriormente empregue para o comprimento total, sendo os dados de comprimento, expressos em milímetros, multiplicados por 10^{-4} e os do tempo, expresso em dias, por 10^{-3} . Investigou-se um modelo em que se consideraram à partida os mesmos 35 termos. Com base em 129 valores observados, ajustou-se um modelo para a variação de *CR1* com *T*, com um R^2_{aj} de 0.8808, o qual é dado pela equação:

$$CR1 = [\exp(a + b T^2 + c T^2 Z_3)] - 10^4$$

a partir da qual por substituição da variável muda Z_3 pelos valores que assume nos diferentes tratamentos obtém-se a fórmula simplificada:

$$CR1 = a' \exp (b' T^2) - 10^4$$

onde a' é constante e de valor igual a 1.0290×10^4 e o coeficiente b' que afecta o termo quadrático do tempo assume o valor $b' = 1.5850 \times 10^{-6}$ no Abrigo Branco Fechado ($Z_3 = 1$) e $b' = 1.3676 \times 10^{-6}$ nos outros tratamentos ($Z_3 = 0$).

A variação do *CR1* é a componente mais importante na variação do comprimento total de ramos em todos os tratamentos. Nos modelos ajustados para ambos os parâmetros há um crescimento exponencial com o tempo a taxa constante, que é superior no Abrigo Branco Fechado à dos restantes tratamentos. O maior número de *R1* produzidos neste abrigo, reflecte-se assim

significativamente no *CRI*. Já o mesmo não se passa no Abrigo Branco Aberto onde o também aumentado (mas menos) número de *RI*, não se traduz em diferenças significativas no seu comprimento que não difere nem da Testemunha nem do Abrigo Castanho.

A variação no Comprimento Total de *R2*, *CR2* ao longo do tempo *T* foi estudado de forma em tudo idêntica à empregue para o *CRI* tendo-se apurado um modelo significativo que se revelou aceitável na adequação aos 99 dados observados, com um $R^2_{aj} = 0.6755$:

$$CR2 = [\exp (a T F_3 + b T^2 F_3 + c T^2 Z_3)] - 10^4$$

onde F_3 representa a terceira fase de crescimento considerada e que por substituição das variáveis mudas e simplificação se pode escrever como:

$$CR2 = [\exp (a' T + b' T^2)] - 10^4$$

onde a' e b' assumem os valores que se apresentam na tabela 4.6.

Tratamento	Tempo	a'	$b' \times 10^{-6}$
Testemunha	1ª e 2ª Fase	0	0.517066
	3ª Fase	- 0.602584	2.538702
Abrigos	1ª e 2ª Fase	0	0
	3ª Fase	- 0.602584	2.021632

Tabela 4.6 Coeficientes do modelo descritivo da variação do comprimento total de ramos de segunda ordem *CR2*, expresso em milímetros, com o tempo, expresso em dias contados a partir da colocação dos abrigos, durante o Ensaio 2. Considerou-se o tempo dividido em três fases com a 1ª fase entre 5 de Junho (dia 7) e 16 de Julho de 1991 (dia 48), a 2ª entre 16 de Julho de 1991 e 16 de Março de 1992 (dia 292) e a 3ª entre 16 de Março e 19 de Outubro de 1992 (dia 508).

Na variação do *CR2*, as fases consideradas no tempo adquirem significado sendo a variação praticamente insignificante durante as duas primeiras fases ou seja até à segunda estação de crescimento, altura em que também se regista um grande aumento do número *R2*. A Testemunha difere dos Abrigos com taxas de crescimento do *CR2* mais elevadas em todas as fases.

Da análise da variação do comprimento dos *RI* e *R2* (veja-se figuras 4.15 e 4.16)

pode concluir-se que a variação do comprimento dos *R1* contribui de uma forma mais importante que a dos *R2* para a variação do comprimento total dos ramos ao contrário do que sucede com o número de ramos.

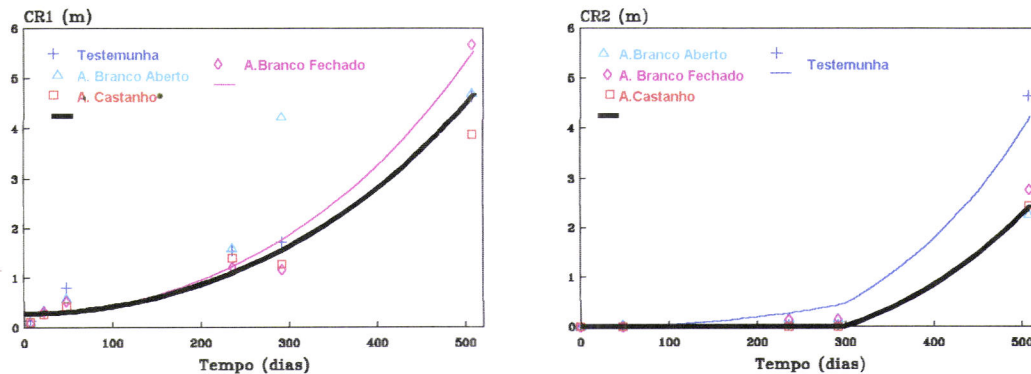


Figura 4.16 Curvas ajustadas e valores médios observados nos diferentes tratamentos, da variação do comprimento dos ramos de primeira e segunda ordem, respectivamente *CR1* e *CR2*, expressos em metros, durante o tempo em que decorreu o Ensaio 2.

Como se verá adiante, isto resulta naturalmente do facto do comprimento médio dos *R1* ser muito superior ao dos *R2* ao longo de todo o ensaio. A ausência de diferenças significativas entre tratamentos no comprimento total de ramos laterais, tem aparentemente uma explicação complexa. No caso do Abrigo Branco Fechado, por exemplo observam-se maiores *CR1* relativamente à Testemunha (e também aos outros abrigos) mas estes não se reflectem num maior comprimento total de ramos porque simultaneamente se observam menores *CR2*, variações que se explicam pela variação observada no número de ramos (veja-se figura 4.11) pois, como se verá adiante, a variação do comprimento médio dos *R1* e *R2* não é significativamente afectada pelos tratamentos.

Finalmente, ao nível dos ramos de terceira ordem (os tratamentos foram comparados por meio de testes t de Student e de Mann-Whitney), as diferenças são significativas entre a Testemunha, com os valores superiores, e o Abrigo Branco Fechado, com os inferiores, não havendo mais diferenças significativas a assinalar entre tratamentos.

Este resultados não diferem, no que respeita ao comportamento relativo das plantas do Abrigo Castanho e Testemunha, dos observados no Ensaio 1, não

havendo alteração significativa nem do número nem do comprimento total dos ramos pelo emprego deste abrigo. O estímulo da produção de *RI* nos Abrigos Brancos que se assemelha ao observado no Abrigo Baixo no Ensaio 1, não se traduz, neste caso, num aumento do comprimento total da ramificação (sempre mais elevado na Testemunha), o que sugere que logo na primeira estação de crescimento há limitações impostas ao crescimento dos ramos nestes abrigos, derivadas de uma presumível redução dos fotoassimilados disponíveis para sustentar o crescimento, redução essa que, como se discutiu anteriormente, não deve ocorrer no Abrigo Baixo.

Comprimento médio dos ramos laterais

Importa ainda esclarecer se os tratamentos alteraram ou não o crescimento individual dos ramos. Para isso estudou-se a evolução do comprimento médio de um ramo nos diferentes tratamentos ao longo do tempo, descrita na figura 4.17.

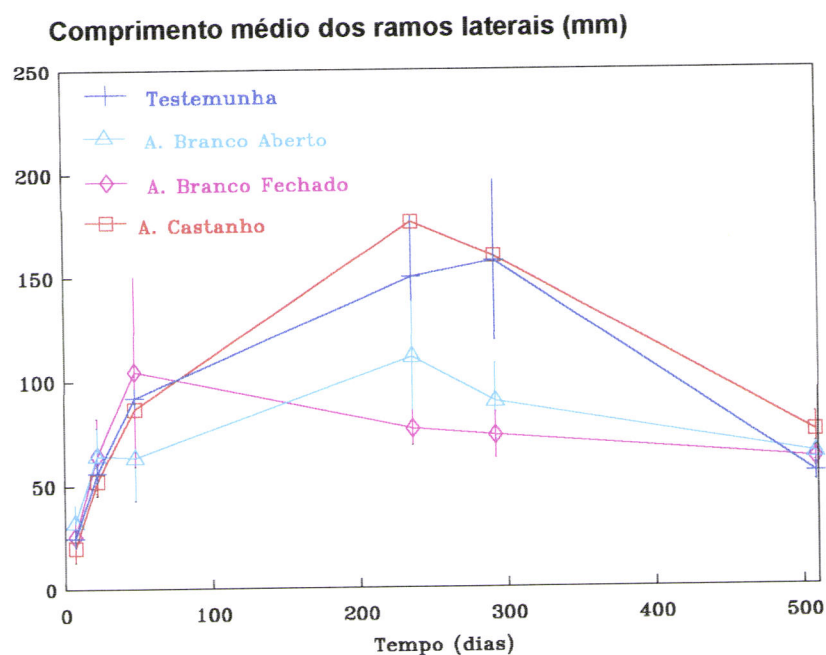


Figura 4.17 Gráfico da variação do comprimento médio da totalidade dos ramos laterais presentes nas plantas e erro padrão, expressos em milímetros, nos vários tratamentos aplicados, ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2.

Para a variação do comprimento médio dos ramos de uma planta contribui naturalmente a variação do comprimento médio dos ramos de todas as origens nela presentes o qual é consideravelmente diferente como mostra a figura 4.18.

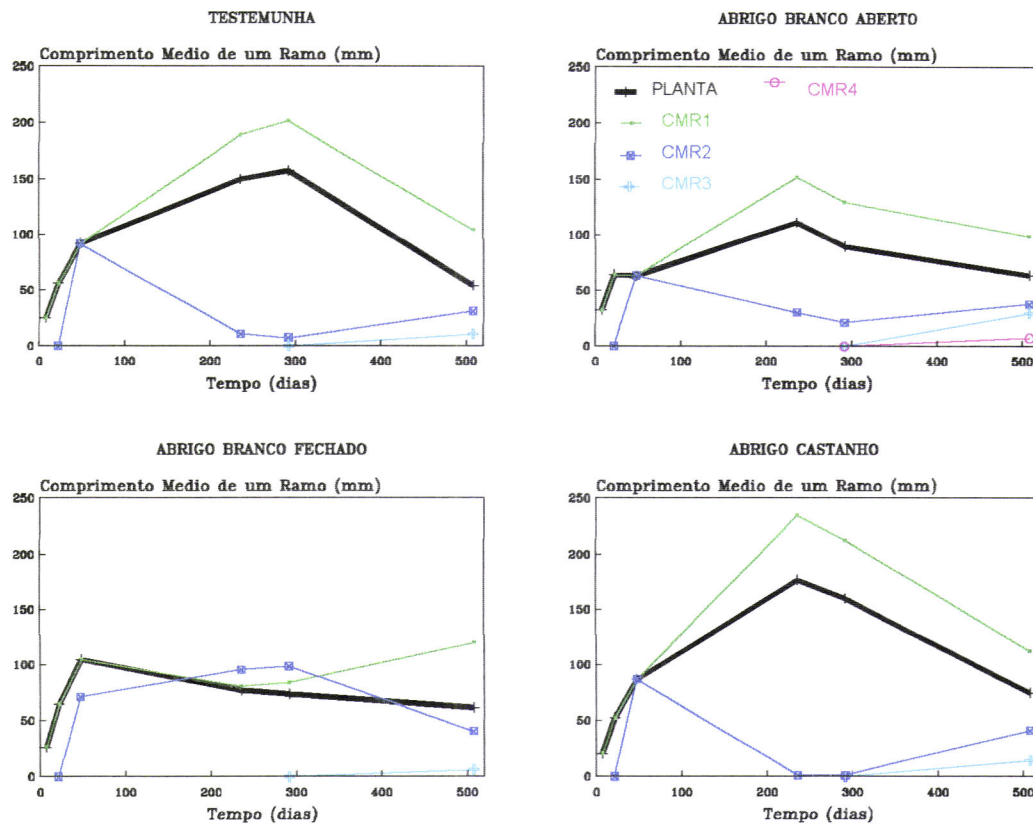


Figura 4.18 Variação do comprimento médio de um ramo lateral, expresso em milímetros, ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2, nos diferentes tratamentos aplicados. Apresenta-se a variação do comprimento médio referente à totalidade dos ramos, aos ramos laterais de primeira, segunda, terceira e quarta ordens respectivamente *CMR1*, *CMR2*, *CMR3* e *CMR4*.

Podemos ver, que apesar das evoluções diferentes que este parâmetro apresenta, os valores médios no início e final do ensaio são muito próximos em todos os tratamentos. Além disso, durante o período considerado de não crescimento para o número de ramos, em que só o Abrigo Branco Fechado mostrou um aumento ligeiro (entre o dia 94 e 292), o comprimento médio dos ramos aumenta em todos os tratamentos excepto naquele. Esta observação está conforme os resultados das análises efectuadas segundo as quais há um crescimento contínuo do comprimento

dos ramos em todos os tratamentos e um incremento contínuo do número de ramos no Abrigo Branco Fechado que leva a que o comprimento médio dos ramos decresça substancialmente neste tratamento e não nos outros, devido à produção de novos ramos durante o Outono-Inverno. Pela análise da figura 4.18 vemos que na realidade deverá haver produção de novos ramos em todos os tratamentos durante a fase Outono-Invernal, contribuindo para o crescimento contínuo do comprimento das ramificações, já que em todos os tratamentos há ramos cujo comprimento médio decresce.

Segundo o modelo ajustado para a variação do número de ramos, essa variação não é significativa excepto no Abrigo Branco Fechado. Há também uma diferença qualitativa na variação do comprimento médio dos ramos entre este e os outros tratamentos. Esta resulta aparentemente da formação sobretudo de *R1* no período Outono-Inverno, pois há um decréscimo do *CMR1*, no Abrigo Branco Fechado enquanto o *CMR2* cresce ligeiramente pelo que não deverá ocorrer formação significativa de novos *R2*. Nos outros tratamentos, pelo contrário, não ocorre produção significativa de *R1* cujo comprimento médio aumenta neste período enquanto há formação de novos *R2* com consequente decréscimo do comprimento médio destes.

Seguindo a abordagem empregue para a variação do comprimento médio dos ramos laterais, *CMR*, e considerando três fases ou uma fase não foi possível estabelecer modelos adequados à estrutura dos dados. Adoptou-se então uma abordagem diferente, em que, sem considerar divisões no tempo, se investigou a variação do comprimento médio dos *R1*, *CMR1* e dos *R2*, *CMR2*, em função do tempo com os dados transformados por multiplicação por 10^{-3} . As variáveis candidatas, num total de catorze a que se adicionou a constante no caso do *CMR1* mas não no do *CMR2* (dado que no início do ensaio já existiam ramos de primeira ordem mas não de segunda), incluíam além do tempo e de uma componente quadrática para o tempo, o factor Abrigo codificado por quatro variáveis mudas e todas as interações de primeiro grau, pertinentes entre as variáveis.

Os modelos significativos estabelecidos com um $R^2_{aj} = 0.3787$ e de $R^2_{aj} = 0.3025$, dizendo respeito respectivamente a 120 e 52 valores observados, traduzem-se pelas equações seguintes, em que se consideram os comprimentos médios, *CMR1* e *CMR2*, expressos em milímetros e o tempo *T* em dias:

$$CMR1 = 34 + 0.7760 T - 1.2104 T^2 \times 10^{-3}$$

$$CMR2 = [1000 \exp(0.1721 T \times 10^{-3})] - 1000$$

Os modelos ajustados, que se apresentam graficamente na figura 4.20, onde estão ausentes termos significativos para o factor Abrigo, mostram que não existem diferenças significativas entre os tratamentos no que diz respeito à variação do comprimento médio quer dos *R1* quer dos *R2*. Assim à variação significativa ocorrida no número de ramos não correspondem, um pouco paradoxalmente, nem alterações significativas no comprimento total dos ramos nem no comprimento médio dos ramos produzidos.

Estes resultados são em certa medida semelhantes aos obtidos no Ensaio 1 onde não se registaram igualmente alterações significativas no comprimento médio dos ramos.

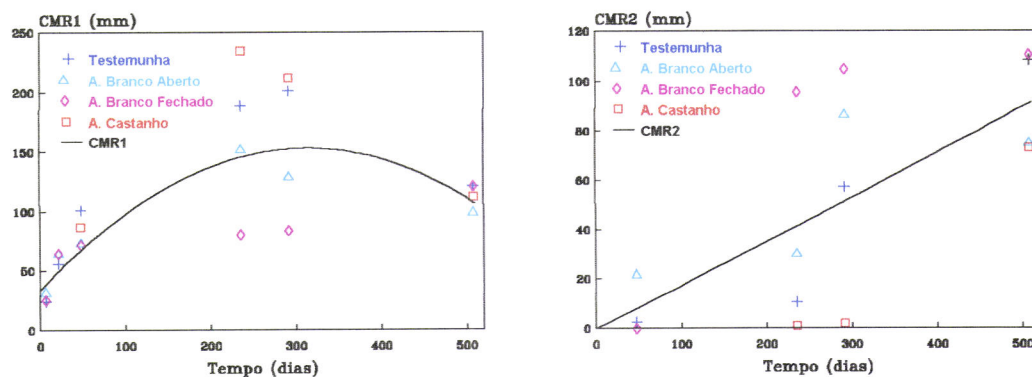


Figura 4.20 Curvas ajustadas e valores médios observados para a variação do comprimento médio dos ramos de primeira e segunda ordem respectivamente *CMR1* e *CMR2*, expressos em milímetros, nos diferentes tratamentos ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2.

Comprimento do ramo principal /Comprimento dos ramos laterais

A evolução da razão comprimento do ramo principal/comprimento dos ramos laterais, *CRP/CRS*, constitui uma medida da importância relativa dos ramo principal e da ramificação das plantas pelo que foi estudada por meio de uma análise de regressão. Consideraram-se como possíveis factores de variação além do tempo e de um factor quadrático para o tempo, quatro variáveis mudas que

codificam o factor Abrigo e todas as interacções de primeiro grau pertinentes entre elas num total de catorze termos. Os valores da razão **CRP/CRS** foram previamente transformados por multiplicação por 10^{-1} , enquanto os valores do tempo, expresso em dias foram multiplicados por 10^{-3} . Baseado em 118 valores ajustou-se um modelo para variação de **CRP/CRS** em função do tempo T , com um $R^2_{aj} = 0.5954$ que pode traduzir-se pela equação seguinte:

$$CRP/CRS = \exp (a + bT + cZ_s)$$

onde a é constante, b e c são coeficientes que afectam os termos significativos do modelo e Z_s uma variável muda que codifica o factor Abrigo, assumindo o valor 1 na Testemunha e zero nos restantes tratamentos.

Simplificando por substituição da variável muda pelo valor que assume para os diferentes tratamentos, fica:

$$CRP/CRS = a' \exp (b' T)$$

sendo a' constante e igual a 0.8654 na Testemunha e a 1.1327 nos Abrigos, com $b' = -4.5237 \times 10^{-3}$ em todos os tratamentos. Na figura 4.21 apresentam-se as curvas ajustadas segundo o modelo descrito e os valores médios observados para cada tratamento.

Verifica-se que a importância do comprimento do ramo principal relativamente ao comprimento dos laterais vai diminuindo exponencialmente em todos os tratamentos, à medida que o tempo passa e as plantas se desenvolvem e ramificam. Pode ver-se que os valores médios da razão **CRP/CRS** são bastante disparees inicialmente mas rapidamente se aproximam, tornando-se relativamente próximos e inferiores à unidade em todos os tratamentos ainda durante a primeira estação de crescimento. No modelo ajustado, isto é traduzido pela constante que é diferente entre abrigos e testemunha enquanto que o coeficiente que afecta o tempo é idêntico em todos os tratamentos. O efeito dos abrigos na importância relativa do ramo principal e da ramificação nas plantas faz-se notar sobretudo durante a primeira estação de crescimento, retardando a perda de importância relativa do comprimento do ramo principal, pois como se viu o comprimento do ramo principal ($\approx$ altura) é estimulado pelos abrigos sem que haja alteração significativa do comprimento dos ramos. O efeito dos abrigos neste parâmetro vai-se atenuando

à medida que o tempo passa pois como é visível na figura 4.21, as curvas da testemunha e abrigos são convergentes, sendo os valores registados no final do ensaio praticamente idênticos em todos os tratamentos.

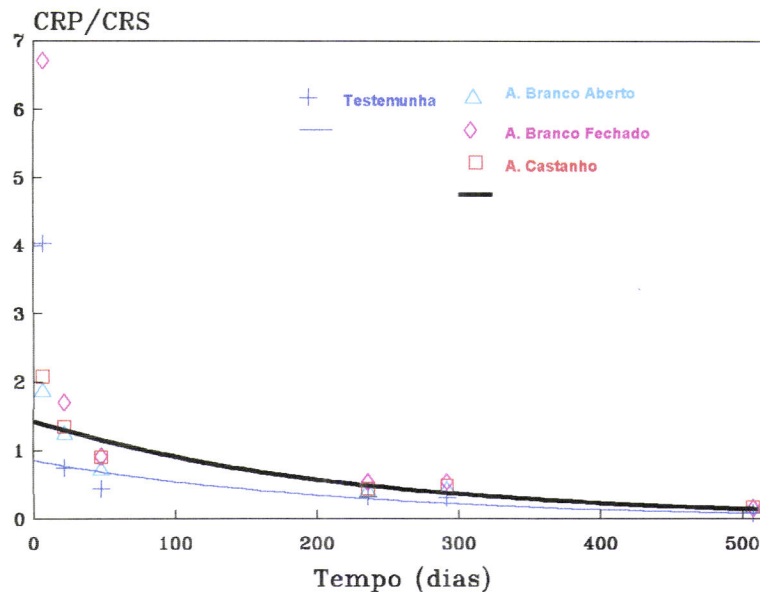


Figura 4.21 Curvas ajustadas e valores médios observados para a variação da razão comprimento do ramo principal/comprimento dos ramos laterais, CRP/CRS , nos diferentes tratamentos ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2.

Estes resultados não parecem diferir dos observados no Ensaio 1 no Abrigo Castanho onde se observou igualmente um retardamento da diminuição da importância do comprimento do ramo principal na planta. Os Abrigos Brancos comportam-se de forma semelhante à observada no Abrigo Castanho. Pelo contrário, no Abrigo Baixo onde além do crescimento em altura também o comprimento da ramificação foi significativamente aumentado, observou-se a tendência contrária. Estes resultados sugerem que a existência de condições que favoreçam o crescimento e a fotossíntese pode estar associada no sobreiro a um enfraquecimento da já normalmente fraca dominância apical.

4.3.4. Produção de Folhas

Número de folhas

A variação do número de folhas ao longo do tempo tem um percurso diferente no

ramo principal e nos ramos laterais que se estudam separadamente.

Ramo Principal

Na figura 4.22 apresentam-se os valores médios observados e erro padrão do número de folhas verdes presentes no ramo principal das plantas nos tratamentos aplicados no Ensaio 2.

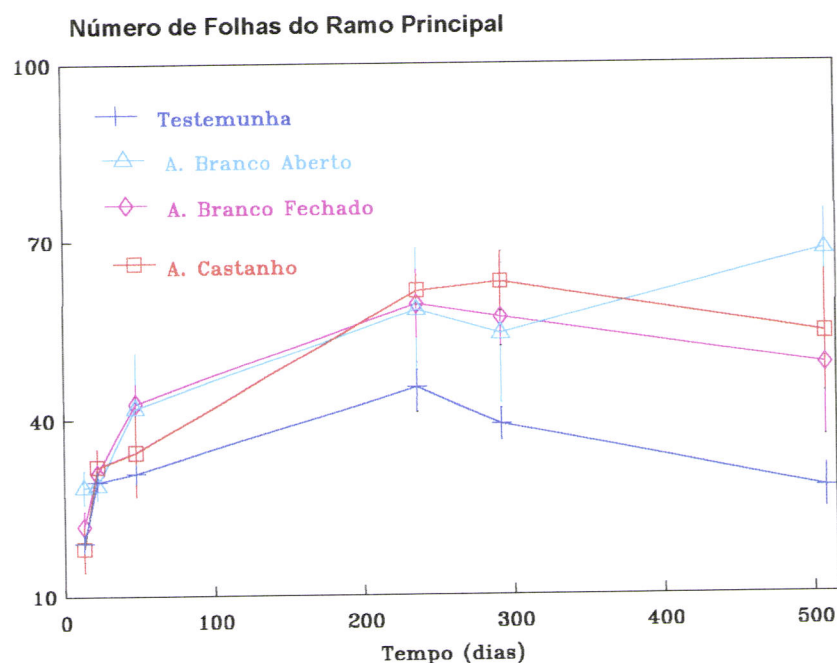


Figura 4.22 Gráfico da variação do número médio de folhas do ramo principal das plantas e respectivo erro padrão ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2, nos diferentes tratamentos aplicados.

Da observação que fizemos da variação do número de folhas presentes nas plantas não é patente a existência de uma fase primaveril de produção activa de folhas alternando com uma fase não produtiva correspondente ao Outono-Inverno. As observações efectuadas são com efeito insuficientes para definir nitidamente essas fases pelo que a sua existência não foi considerada no estudo da variação do número de folhas presentes nas plantas. Na primeira estação de crescimento, particularmente durante o período primaveril o número médio de folhas presentes no ramo principal aumenta rapidamente em todos os tratamentos. Ultrapassada

essa primeira e curta fase de grande homogeneidade inter-tratamentos começam a notar-se algumas divergências.

Para estudar a variação do número de folhas do ramo principal das plantas procedeu-se a uma análise de regressão, considerando-se como possíveis factores de variação além do tempo, as quatro variáveis mudas necessárias para a codificação do factor Abrigo e as interacções pertinentes de primeiro grau entre o tempo e estas variáveis num total de 14 termos. O número de folhas foi previamente transformado por multiplicação por 10^{-4} e o tempo, expresso em dias, por 10^{-3} . A variação do Número de Folhas do Ramo Principal *NFRP* em função do tempo *T* pode ser descrita pela equação seguinte a que se ajustam os 144 valores observados com um R^2_{aj} de 0.5672 :

$$NFRP = a + b T + c T^2 + d T^2 Z_2 + e T^2 Z_5$$

onde *a* é uma constante e *b*, *c*, *d*, e *e* são coeficientes que afectam os outros termos significativos da equação e *Z*₂ e *Z*₅ são variáveis mudas que codificam o factor abrigo assumido o valor 1 respectivamente para o abrigo Branco Aberto e Testemunha. Por substituição das variáveis mudas *Z*₂ e *Z*₅ pelos valores que assumem em cada tratamento, seguida de simplificação temos uma equação geral de fórmula:

$$NFRP = a' + b' T + c' T^2$$

onde *a'* ou o *NFRP* no início do ensaio tem um valor idêntico em todos os tratamentos e igual a 24.19, *b'* o coeficiente que afecta o termo não quadrático do tempo é também idêntico em todos os tratamentos e igual a 0.1868, finalmente *c'* varia entre -3.6590×10^{-4} na Testemunha, passando por -2.4742×10^{-4} no Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho e -1.9991×10^{-4} no Abrigo Branco Aberto.

Na figura 4.23 apresentam-se as curvas ajustadas e os valores médios observados para a variação do Número de Folhas do Ramo Principal durante o Ensaio 2. O modelo seleccionado parece descrever adequadamente a variação dos dados embora não na primeira e curta fase de aumento rápido do número de folhas. É apenas a variação do coeficiente *c'* negativo que afecta o termo quadrático do tempo que determina as diferenças existentes nas curvas ajustadas para os diferentes tratamentos. Isto significa basicamente que só após um tempo

considerável se revelam diferenças entre os tratamentos. Quanto mais negativo é c' mais cedo se notará e mais acentuado será o decréscimo do número de folhas presentes no ramo principal que é a tendência natural decorrente do desenvolvimento das plantas e que se manifesta em todos os tratamentos.

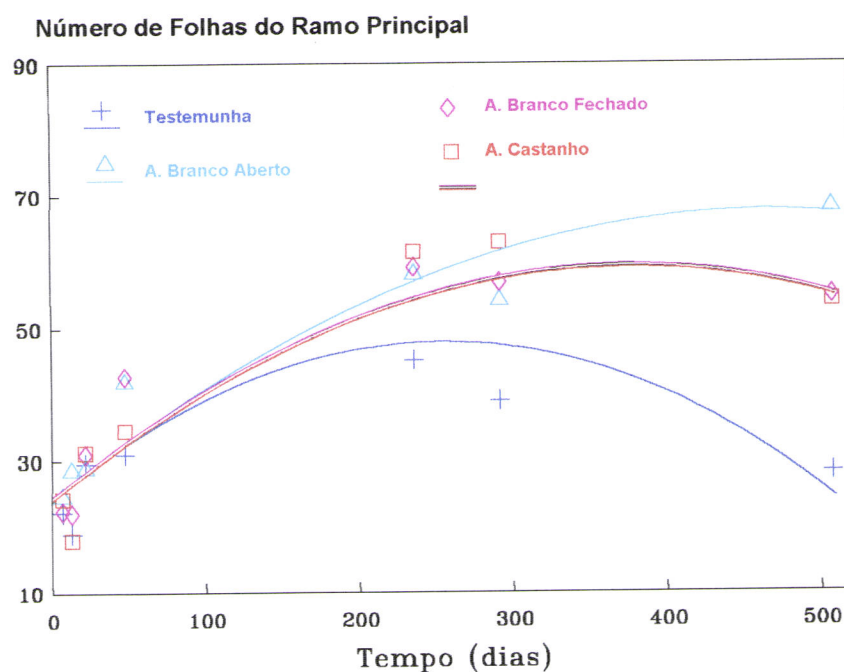


Figura 4.23 Curvas ajustadas e valores observados do número de folhas do ramo principal durante o Ensaio 2.

Nas plantas Testemunha o número absoluto de folhas presentes no ramo principal aumenta sensivelmente até ao início da segunda Primavera, altura em que o balanço de folhas se torna negativo e o seu número absoluto começa a decrescer acentuadamente, basicamente por desfoliação basipetal. Nos Abrigos Fechados, Branco e Castanho o balanço de folhas verdes no ramo principal das plantas mantém-se positivo durante mais tempo, sensivelmente até ao final da segunda Primavera, após o que se começa a manifestar uma tendência decrescente, menos acentuada que na Testemunha. Finalmente no Abrigo Branco Aberto, o número absoluto de folhas continua a aumentar ao longo da segunda Primavera e Verão, mostrando-se ainda ascendente no início do Outono quando termina o ensaio.

O abrandamento da taxa de decréscimo das folhas no RP no interior dos abrigos

pode constituir uma vantagem no ambiente abrigado onde a luz é reduzida podendo envolver um prolongamento da longevidade foliar. O balanço mais elevado das folhas presentes no RP, nas plantas abrigadas, parece relacionar-se com o atraso do engrossamento do tronco. Porém, a ordenação dos abrigos quanto a este parâmetro não se ajusta totalmente a esta hipótese. Efectivamente, a taxa de decréscimo do número de folhas é mais reduzida no Abrigo Branco Aberto, onde o crescimento radial do tronco é superior. Para tal, parece mais provável a contribuição de uma maior produção de novas folhas já que o crescimento em altura na segunda estação de crescimento foi ligeiramente mais importante neste abrigo (veja-se figura 4.2), do que uma longevidade foliar acrescida. No entanto, não se poderá rejeitar, sem dados que o suportem, a possibilidade de se registar igualmente uma longevidade foliar acrescida neste abrigo.

Ramos Laterais

Nos ramos laterais a dinâmica do balanço foliar é diferente da observada no ramo principal conforme se pode concluir por comparação das figuras 4.22 e 4.24.

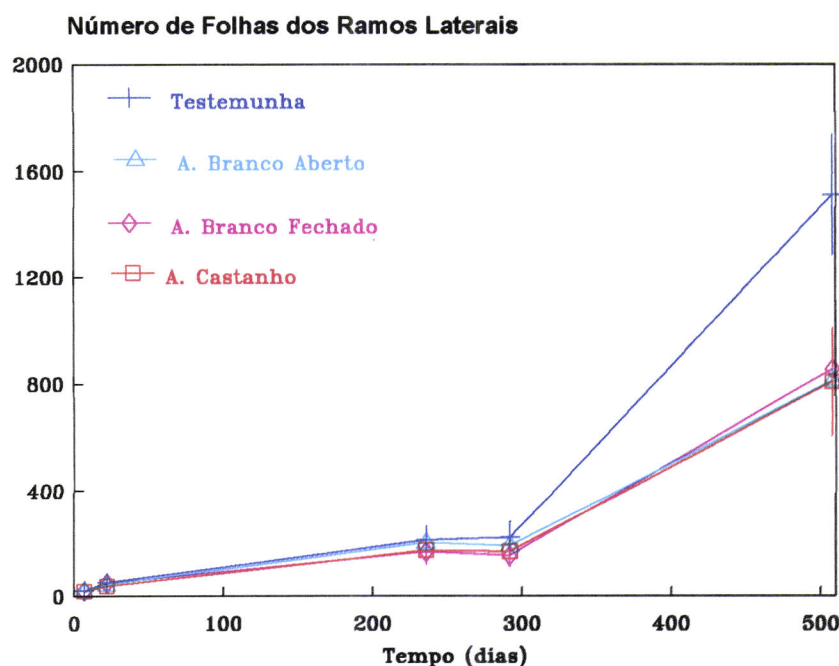


Figura 4.24 Gráfico da variação do número médio total de folhas dos ramos laterais e respectivo erro padrão ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2, nos diferentes tratamentos aplicados.

Enquanto no ramo principal o balanço de folhas tende a tornar-se negativo com a passagem do tempo, nos ramos laterais pelo contrário, o número de folhas tende a aumentar tanto mais rapidamente quanto mais tempo passa. Com efeito, nesta fase de desenvolvimento das plantas, e independentemente das variações ambientais causadas pelos tratamentos, a desfoliação do ramo principal das plantas a partir da base começa a ser importante e uma consequência normal do desenvolvimento do tronco; nos ramos laterais a perda de folhas não é ainda importante numa altura em que o engrossamento dos ramos é ainda muito limitado de forma que o balanço de folhas nos ramos laterais é sempre positivo.

A variação do Número de Folhas dos ramos laterais *NFRS* em função do tempo *T* foi estudada através de uma análise de regressão com os dados de número de folhas e o tempo, expresso em dias, multiplicados por 10^{-3} . Consideraram-se como variáveis candidatas do modelo descritivo da variação do *NFRS* além do tempo e de um factor quadrático do tempo as variáveis mudas necessárias para codificar o factor Abrigo e as interacções pertinentes de primeiro grau entre elas num total de 14 termos.

A variação de *NFRS* em função de *T* pode ser descrita pela equação de fórmula geral:

$$NFRS = a T^2 + b T^2 Z_5$$

que se ajusta aos 117 valores observados com um $R^2_{aj} = 0.8597$ onde *a* e *b* são coeficientes que afectam os termos significativos a equação e *Z₅* uma variável muda que codifica o factor Abrigo. Por substituição de *Z₅* pelos valores que assume nos diferentes tratamentos a equação pode simplificar-se e expressar-se como:

$$NFRS = a' T^2$$

onde *a'* assume o valor 0.3172×10^{-2} nos Abrigos (*Z₅* = 0) e 0.567076×10^{-2} na Testemunha (*Z₅* = 1). Na figura 4.25 apresentam-se os valores ajustados segundo este modelo assim como os valores médios observados.

Pode concluir-se que o número de folhas dos ramos laterais cresce geometricamente com o tempo nesta fase de desenvolvimento dos jovens sobreiros sendo o crescimento do número de folhas superior na Testemunha à de todos os Abrigos que não diferem entre si. A menor produção de unidades foliares nas

plantas abrigadas traduz-se, como se verá adiante, numa redução, embora não significativa, da área foliar, a qual poderá, apesar disso, constituir uma grande desvantagem para estas plantas num ambiente de luz reduzida.

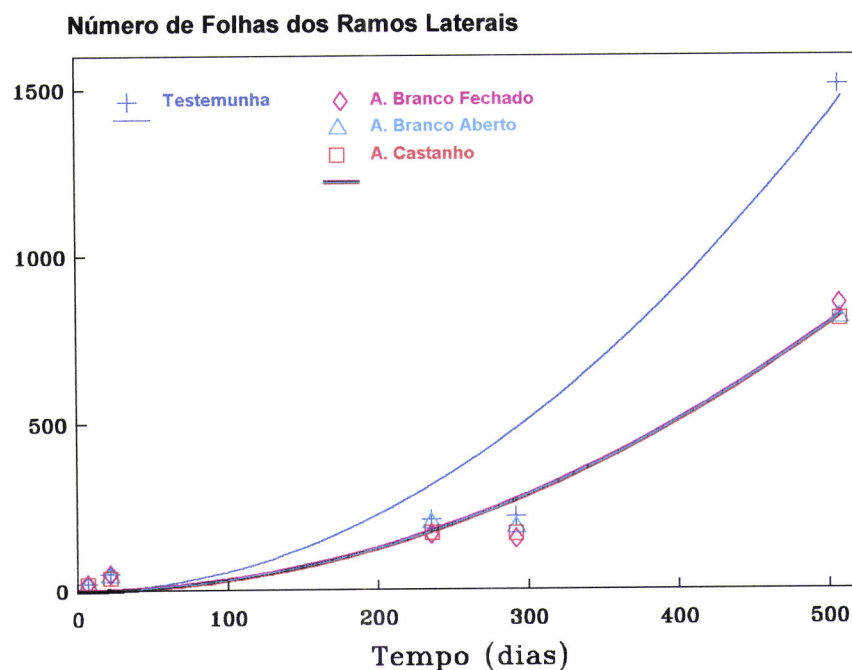


Figura 4.25 Curvas ajustadas e valores médios observados do número de ramos laterais para os tratamentos aplicados durante o ensaio 2.

É de notar também, como se discute adiante, que apesar de haver maior produção de unidades foliares nas plantas Testemunha relativamente às abrigadas, o investimento relativo em folhas, avaliado através da razão entre a biomassa foliar e a biomassa total, é maior nas plantas abrigadas, o que se coaduna com a redução da luz.

Na figura 4.26 apresentam-se os dados relativos ao número de folhas presentes nas plantas no final do Ensaio 2, evidenciando-se a desproporção entre a contribuição relativa dos ramos laterais e principal para o número de folhas presentes nas plantas nesta fase do seu desenvolvimento, após duas estações de crescimento. Ao nível do ramo principal, as diferenças são significativas entre a Testemunha, onde se regista uma certa desfoliação, e os abrigos, com excepção do Abrigo Castanho que não difere de nenhum outro tratamento. Ao nível dos ramos

laterais, a Testemunha, com um número superior de folhas, difere do Abrigos Branco Aberto e Castanho, enquanto o Abrigo Branco Fechado não difere dos outros tratamentos. Globalmente, considerando as plantas inteiras, o número total de folhas difere significativamente entre a Testemunha, onde são mais numerosas e os Abrigos Branco Aberto e Castanho.

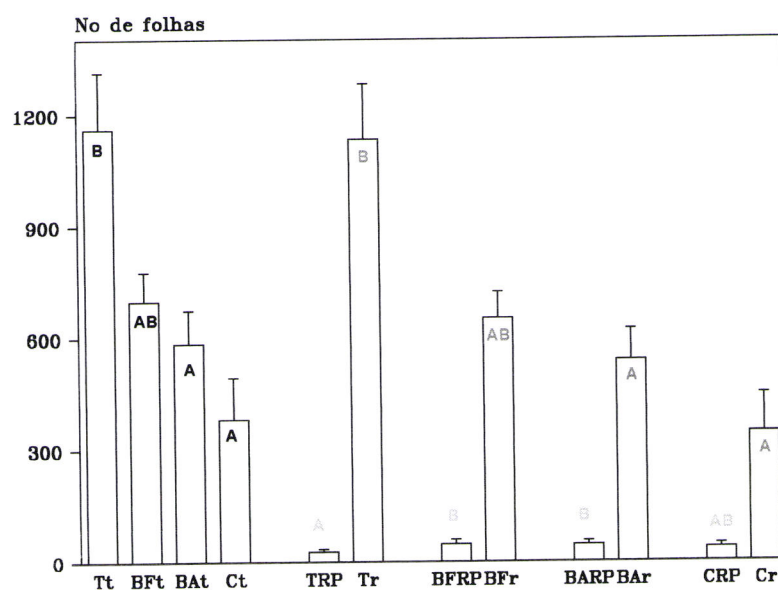


Figura 4.26 Gráficos da variação do número médio de folhas e respectivo semi-erro padrão, **t**, total por planta, **RP**, no ramo principal e **r**, nos ramos laterais das plantas dos tratamentos: **T**, Testemunha; **BF**, Abrigo Branco Fechado; **BA**, Abrigo Branco Aberto e **C**, Abrigo Castanho. Tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($P > 0.05$).

Na figura 4.27 pode ver-se a distribuição do número de folhas pelos diferentes tipos de ramos presentes nas plantas. Da observação da figura pode constatar-se que a contribuição dos *R3* e *R4* para o número total de folhas das plantas é diminuta nunca ultrapassando os 5% do total de folhas presentes nos ramos laterais. Este facto não surpreende de forma alguma dado o diminuto número de *R3* e *R4* e a sua diminuta contribuição para o comprimento total de ramos laterais.

Nas plantas abrigadas a contribuição mais importante para o número total de folhas dos ramos é dos *R1* ao longo de todo o ensaio, sendo isso particularmente nítido nos Abrigos Brancos. As percentagens finais da contribuição dos *R1* situam-se entre 59 e 60% nos Abrigos Brancos e em 55 % no Castanho.

Nas plantas Testemunha, pelo contrário, no final do Ensaio a contribuição dos *R2*, que representa 52% do total de ramos laterais presentes, excede a dos *R1* que se fica pelos 46%. Assim, a produção de folhas parece acompanhar de perto o desenvolvimento relativo dos vários tipos de ramos em cada um dos tratamentos sugerindo que a densidade foliar, que se estuda mais adiante, não é afectada pelos tratamentos. Na Testemunha onde a importância relativa dos *R2* é superior à dos *R1*, tanto em número como no comprimento que lhes está associado também se regista uma maior produção de unidades foliares associada aos *R2* no final do ensaio.

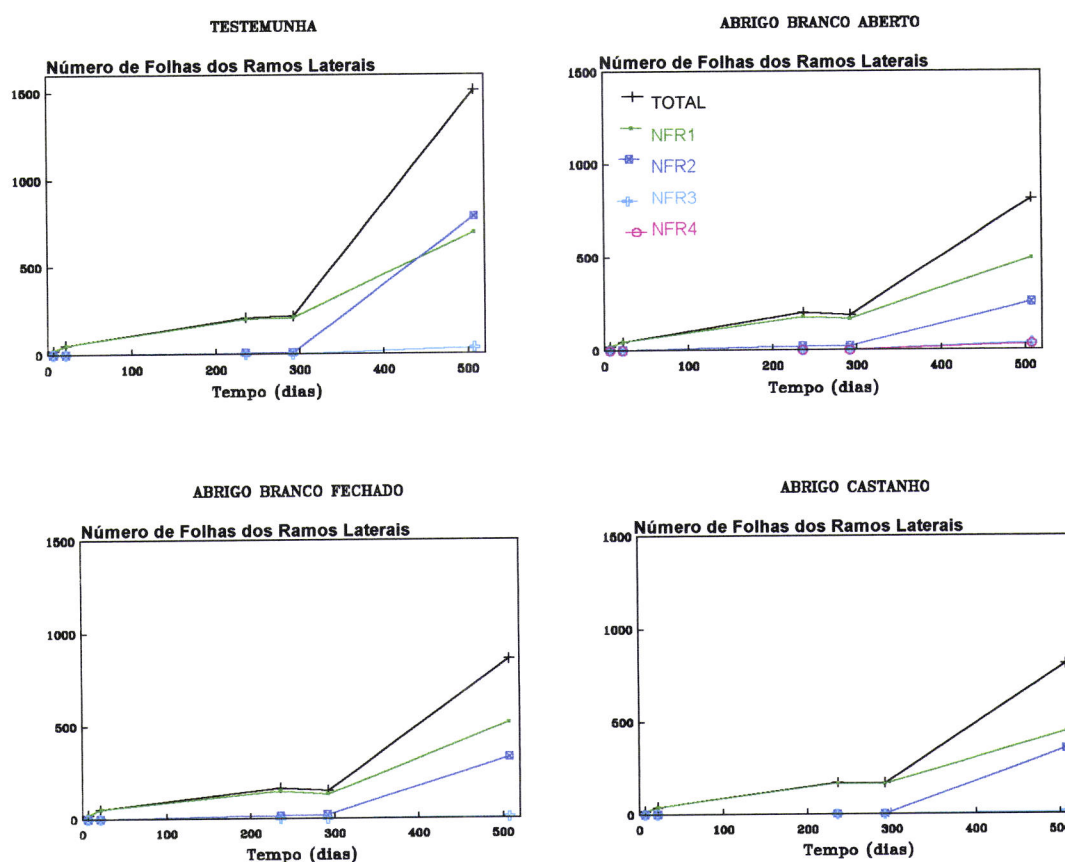


Figura 4.27 Gráficos da variação do número médio total de folhas dos ramos laterais e respectivo erro padrão ao longo do tempo, em que decorreu o Ensaio 2, nos diferentes tratamentos aplicados. Apresenta-se a variação do número de folhas total, do nº de folhas dos ramos de primeira (*NFR1*), segunda (*NFR2*), terceira (*NFR3*) e quarta (*NFR4*) ordens .

Da mesma forma, nos Abrigos Brancos onde a importância relativa dos *RI* é superior, no final a contribuição do número de folhas dos *RI* para o número total de folhas é igualmente mais elevada que nos outros tratamentos apesar do número absoluto de folhas dos *RI* ser superior na Testemunha.

No estudo da variação do número de folhas dos ramos de primeira ordem, *NFRI*, em função do tempo, *T*, procedeu-se como anteriormente, efectuando uma análise de regressão com as habituais 14 variáveis candidatas. Os dados de tempo, expresso em dias, e o número de folhas foram previamente transformados por multiplicação por 10^{-3} . O modelo ajustado aos 117 valores, $R^2_{aj} = 0.8100$ pode ser descrito pela equação:

$$NFRI = [1000 \exp (a + b T^2 + c T Z_5)] - 1000$$

onde *exp* representa a base dos logaritmos neperianos, *a* a constante, *b* e *c* coeficientes que afectam os termos significativos da equação e *Z₅* uma variável muda que codifica o factor Abrigo.

Por substituição de *Z₅* pelos valores que assume para os diferentes tratamentos a equação pode ser simplificada para:

$$NFRI = 1000. \exp (a + b T^2 + c T) - 1000$$

onde *a* = 0.0343, *b* = 1.3947×10^{-6} em todos os tratamentos e *c* = 0.2261×10^{-3} na Testemunha (*Z₅* = 1) e nulo nos Abrigos (*Z₅* = 0).

Assim conforme mostra a figura 4.28, segundo o modelo ajustado o número de folhas dos *RI* cresce exponencialmente com o tempo qualquer que seja o tratamento sendo o crescimento, ou seja a taxa de produção de novas unidades foliares mais rápida na Testemunha.

Utilizando os mesmos métodos para os 86 valores observados do número de folhas presentes nos ramos de segunda ordem, *NFR2*, não foi possível o ajustamento de um modelo de regressão significativo pelo que se optou por comparação das amostras dos vários tratamentos em cada uma das datas de determinações. Apenas na última data de determinações, no final do Ensaio, se encontraram algumas diferenças significativas entre os tratamentos que até aí não diferiam entre si. Dada a grande heterogeneidade de variâncias optou-se pelo teste

não-paramétrico de Mann-Whitney para comparação entre as amostras dos vários tratamentos. No final do ensaio registavam-se diferenças significativas entre a Testemunha e os dois Abrigos Brancos, onde o *NFR2* é inferior, não havendo outras diferenças significativas a assinalar entre tratamentos.

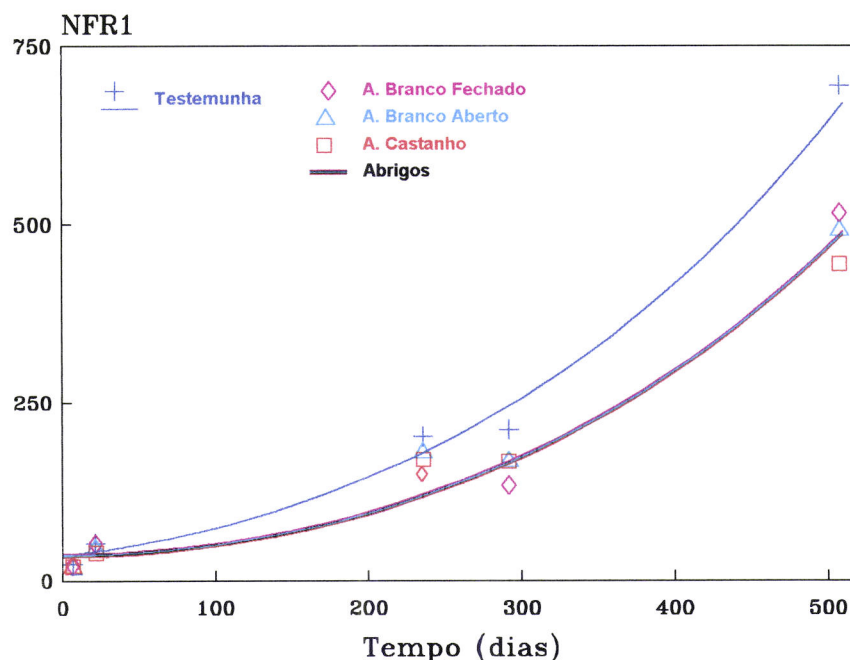


Figura 4.28 Curvas ajustadas e valores médios observados do Número de Folhas dos Ramos Laterais de Primeira ordem, *NFR1* durante o Ensaio 2.

Ao nível do Número de Folhas dos Ramos de 3ª ordem, *NFR3*, só há valores diferentes de zero no último dia de medições. À exceção da Testemunha e Abrigo Branco Fechado que diferem significativamente entre si, com o *NFR3* superior na Testemunha, não há mais diferenças a assinalar entre os tratamentos.

Densidade foliar

A variação da "densidade foliar" foi avaliada através da razão entre o número de folhas presentes e o comprimento dos caules que as suportam, expresso em centímetros, mostrando-se decrescente, tanto no ramo principal como nos laterais, independentemente do tratamento, conforme se pode ver na figura 4.29.

O decréscimo da densidade foliar média é mais acentuado nos ramos laterais que

no principal o que não deixa de ser surpreendente. De qualquer forma, parece evidente, que na fase inicial de desenvolvimento tenderá a existir em média uma maior densidade foliar nos ramos laterais, veja-se que se exceptuarmos os dados do final do ensaio, há sempre uma maior densidade foliar nos ramos laterais.

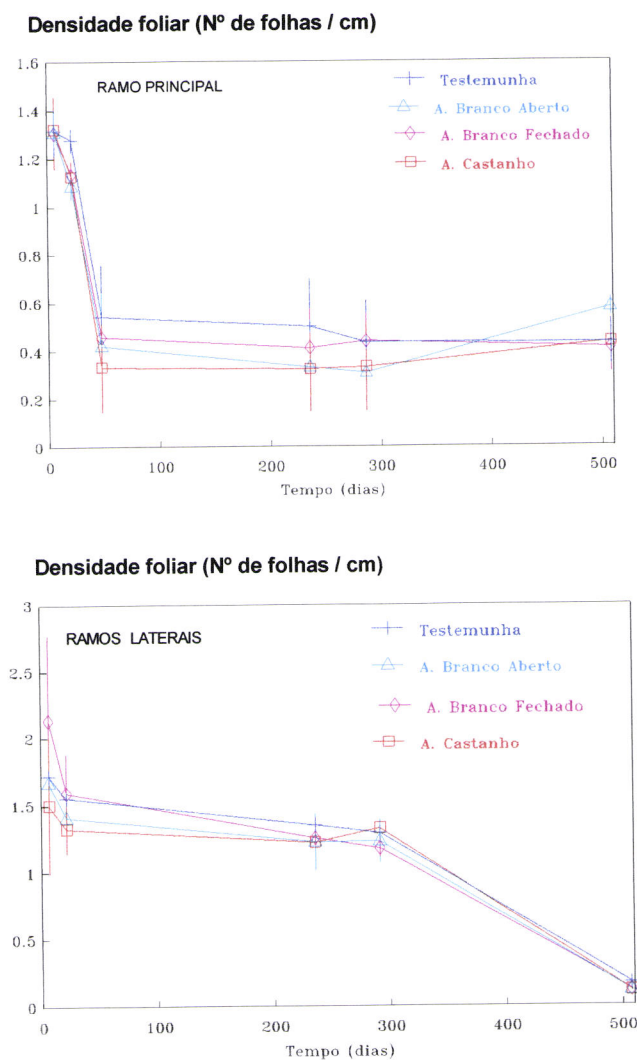


Figura 4.29 Gráfico da variação da densidade foliar média e seu erro padrão, expressa em número de folhas por centímetro de comprimento de caule no ramo principal e ramos laterais, ao longo do tempo em que decorreu o Ensaio 2, nos diferentes tratamentos aplicados.

A variação da Densidade Foliar no Ramo Principal, **DFRP**, em função do tempo,

T , foi estudada seguindo os procedimentos usados anteriormente, com 14 variáveis candidatas à partida. O modelo seleccionado a que se ajustam aos 133 valores observados com um $R^2_{aj} = 0.6686$ pode traduzir-se pela equação:

$$DFRP = \exp(a + b T^2 + c T^2 Z_2)$$

onde a é constante, definindo a ordenada na origem, b e c coeficientes que afectam os termos significativos da equação, e Z_2 uma variável muda que codifica o factor Abrigo assumido o valor 1 no Abrigo Branco Aberto e o valor zero nos restantes tratamentos. Substituindo Z_2 pelos valores que assume a equação pode exprimir-se como:

$$DFRP = a' \exp(b' T^2)$$

onde $a' = 1.2039$ e $b' = -3.1108 \times 10^{-6}$ no Abrigo Branco Aberto ($Z_2 = 1$) enquanto nos restantes $b' = -4.2233 \times 10^{-6}$ ($Z_2 = 0$). O modelo indica que a densidade foliar inicial no Ramo Principal é idêntica em todos os tratamentos e separa o Abrigo Branco Aberto dos restantes tratamentos. A separação é, no entanto muito ligeira, (veja-se figura 4.24) devendo-se a uma pequena variação da taxa incremento da densidade foliar que é menos negativa neste abrigo. É aliás possível ajustar modelos também significativos sem um termo em Z_2 embora com pior ajustamento aos dados observados.

A variação da Densidade Foliar nos Ramos Laterais pode também ser descrita por uma relação exponencial negativa conforme é traduzido pela equação seguinte que constitui o melhor modelo descritivo encontrado para a variação da Densidade Foliar nos Ramos laterais, $DFRS$, em função do tempo, T :

$$DFRS = \exp(a + b T^2 + c T^2 Z_5)$$

onde a é uma constante que define a ordenada na origem, b e c coeficientes que afectam os termos significativos da equação e Z_5 , a variável muda que codifica o factor Abrigo, assumindo o valor 1 na Testemunha e sendo nula nos restantes tratamentos. Substituindo Z_5 pelo seu valor a equação pode escrever-se como:

$$DFRS = a' \exp(b' T^2)$$

onde $a' = 1.7903$ sendo idêntico em todos os tratamentos, enquanto b' assume o valor -18.9269×10^{-6} na Testemunha ($Z_5 = 1$) e -10.5467×10^{-6} nos abrigos ($Z_5 = 0$).

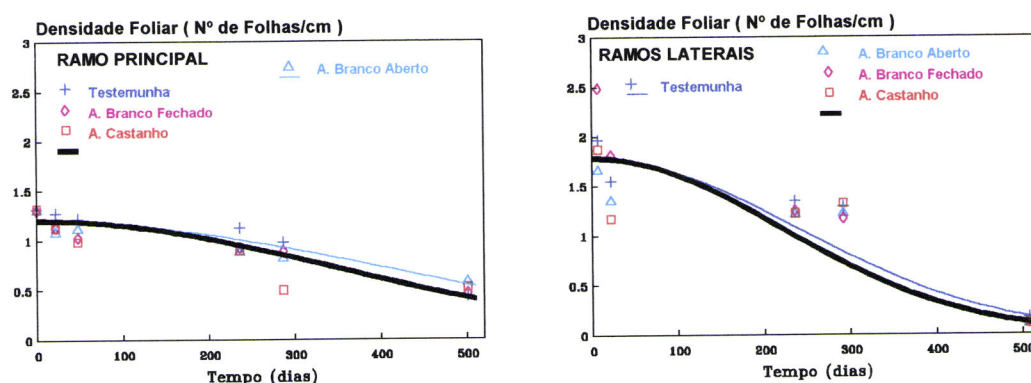


Figura 4.30 Curvas ajustadas e valores médios observados da densidade foliar no ramo principal e laterais, expressa em número de folhas por centímetro de comprimento de caule, ao longo do tempo em que decorreu o ensaio 2.

A densidade foliar no RP tem uma dinâmica ligeira mas significativamente diferente no Abrigo Branco Aberto e nos restantes tratamentos. Como se viu, neste abrigo, o balanço de folhas no RP mantém-se positivo, ou seja são mais as folhas formadas do que as folhas perdidas, até ao final da segunda estação de crescimento o que pode obviamente ser vantajosa num ambiente de luz reduzida. O contrário ocorre nos restantes tratamentos, onde o balanço de folhas no RP se torna negativo durante a segunda estação de crescimento.

Nos ramos laterais a densidade foliar é ligeira mas significativamente superior na Testemunha. Isto explica-se pela maior produção foliar na Testemunha associada maioritariamente aos R2, ramos relativamente curtos que tendem a ter as folhas mais concentradas, com um comprimento médio inferior aos ramos predominantes no abrigos, os R1, mais desenvolvidos.

Dimensões foliares

O comprimento e largura do limbo das folhas da planta, do ramo principal e laterais foram estudados no final do ensaio. Conforme se assinala na figura 4.31,

não há diferenças significativas ao nível do ramo principal, tanto no que diz respeito, ao comprimento (C) como à largura (L) das folhas, entre a Testemunha e os abrigos, exceptuando o Abrigo Branco Aberto. Neste tratamento, que se diferencia significativamente de todos os outros, ambas as dimensões foliares são superiores aos restantes tratamentos que não diferem entre si. Também nos ramos laterais, as dimensões lineares do limbo são maiores nas plantas do Abrigo Branco Aberto que nos outros tratamentos. Efectivamente, para as folhas dos ramos e totalidade da planta podemos distinguir três grupos de tratamentos quanto às dimensões foliares: Um primeiro grupo (A) onde as dimensões são mais reduzidas, constituído pela Testemunha e Abrigo Castanho, um segundo (B) de dimensões intermédias constituído pelo Abrigo Branco Fechado e pelo Abrigo Castanho e um terceiro (C) de dimensões superiores constituído pelo Abrigo Branco Aberto (figura 4.31 A).

A razão entre comprimento e largura do limbo (C/L) tende a aumentar nas folhas do ramo principal das plantas abrigadas podendo definir-se dois grupos homogéneos de tratamentos (A) de menor razão C/L, constituído pela Testemunha e Abrigo Castanho e (B) de maior razão C/L, constituído por todos os abrigos. Ao nível quer das folhas dos ramos laterais, quer do conjunto de todas as folhas das plantas, podem definir-se dois grupos homogéneos de tratamentos, o primeiro (A) de razão C/L mais reduzida é constituído pela Testemunha, Abrigo Branco Aberto e Abrigo Castanho, um outro de razão C/L maior (B) é constituído pelo Abrigo Branco Fechado.

Os resultados relativos ao Abrigo Castanho são idênticos aos observados no Ensaio 1, em que, de igual forma, não houve alterações significativas nas dimensões foliares, embora o seu aumento pudesse ser esperado, dada a reduzida intensidade luminosa no interior do abrigo. A elevação da temperatura e as dificuldades à dissipação de calor, criadas pela resistência aumentada à transpiração pelo ar parado do abrigo, parecem poder explicar o facto de não se verificar um aumento da expansão foliar no Abrigo Castanho.

Os resultados relativos ao Abrigo Branco Aberto onde se observa um aumento significativo da expansão da lâmina foliar, relativamente à Testemunha e restantes abrigos, sugerem que a ausência de movimento do ar pode ter um importante efeito restritor da expansão foliar no interior dos abrigos fechados. O efeito do movimento do ar na expansão foliar é explicável pela redução que provoca na resistência oferecida pela camada limite às trocas de calor e vapor de água com o ambiente. É sabido que em folhas grandes a resistência da camada limite à difusão do vapor de água é superior à de folhas mais pequenas, dificultando a dissipação do calor, de forma que a temperatura foliar tende a aumentar com o aumento da dimensão foliar (Taylor, 1975, Salisbury e Ross, 1978, Jones, 1983).

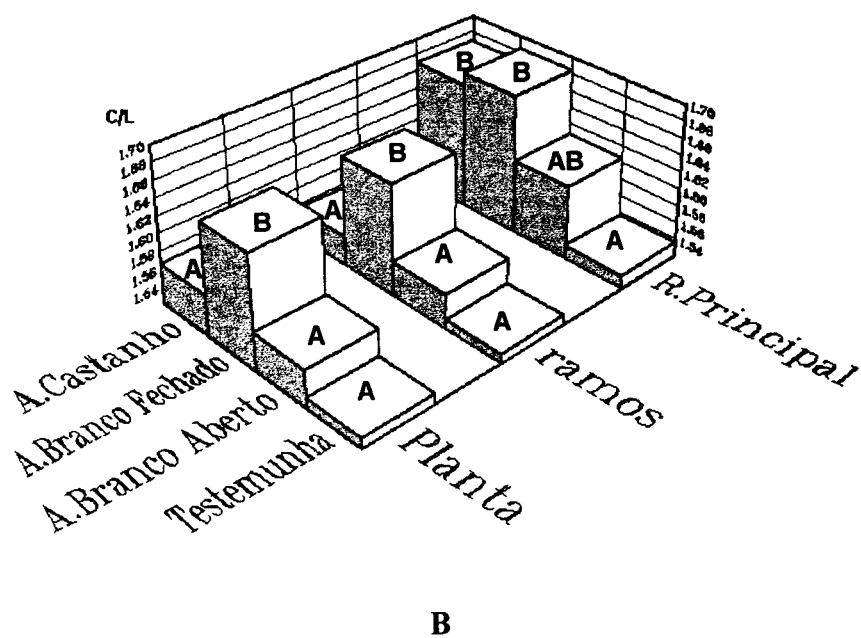
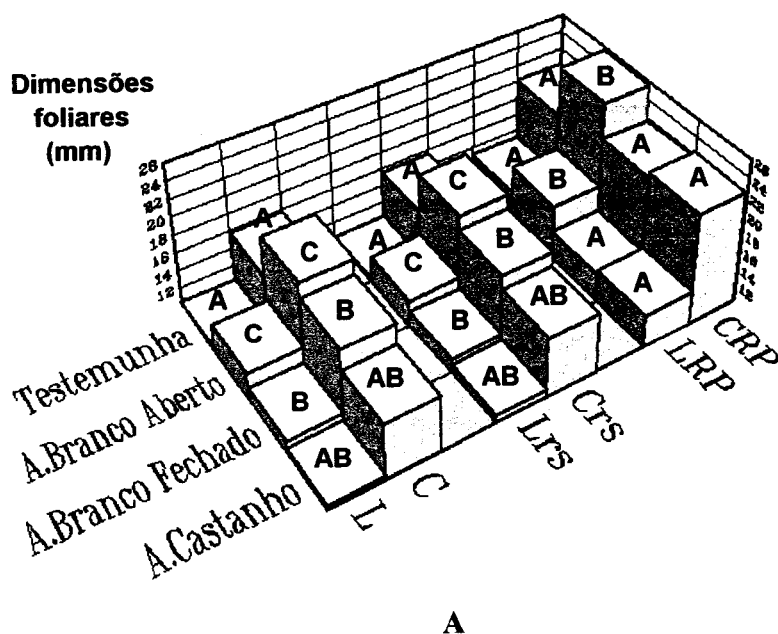


Figura 4.31 A. Comprimento e largura média das folhas do ramo principal (CRP e LRP), ramos laterais (Crs e Lrs) e totalidade da planta (C e L) nos diferentes tratamentos no final do Ensaio 2. B. Razão média entre o comprimento dos eixos foliares (C/L), relativa à totalidade das plantas, ramo principal e laterais. Para cada parâmetro, os tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem entre si ($P > 0.05$).

Assim, no interior de abrigos, onde ocorrem temperaturas muito elevadas e a dissipação de calor é prejudicada pela estagnação do ar, compreende-se que apesar da redução da intensidade luminosa, a expansão foliar não seja significativamente aumentada. É de notar que o aumento das dimensões foliares no Abrigo Branco Aberto, que tenderá a aumentar a resistência da camada limite, é acompanhado pela aumento da razão C/L, que tenderá a diminuí-la, pois uma forma mais alongada reduz a 'dimensão' das folhas (entendida com Taylor, 1975) e a resistência da camada limite.

A manutenção de uma humidade relativa mais elevada no interior dos abrigos brancos (veja-se capítulo 2), beneficiando as relações hídricas durante a expansão foliar, poderá também contribuir para o aumento da expansão foliar no Abrigo Branco Aberto e explicar a sua ocorrência no Abrigo Branco Fechado. Com efeito, se compararmos as condições no interior do Abrigo Branco Fechado e do Abrigo Castanho verificamos que a luz é menos reduzida, a temperatura média mais elevada, podendo supor-se o movimento do ar idêntico e no entanto as dimensões foliares são superiores no Abrigo Branco o que poderá explicar-se pelo ambiente relativamente mais húmido. Em estudos realizados em sobreiros adultos, foram observadas maiores dimensões (comprimento e largura) do limbo das folhas, em locais com maior disponibilidade hídrica (Molinas *et al.*, 1992).

Distribuição das folhas no perfil de altura

A distribuição das folhas no perfil de altura das plantas foi estudado no final do ensaio após divisão das plantas em estratos correspondentes a um sexto da sua altura. Para este efeito, não foram consideradas, secções de folhas. Como mostra a figura 4.32, distribuição das folhas no perfil de altura mantém-se bastante estável não evidenciando alterações consideráveis atribuíveis aos tratamentos.

Encontra-se, com efeito, uma estrutura básica de distribuição de folhas no perfil de altura que em termos genéricos se caracteriza pela preponderância, maior ou menor, do número de folhas presentes na metade inferior da planta (representando entre 75 % do total de folhas na Testemunha e 65 % no Abrigo Castanho) sobre o da metade superior; do número de folhas do terço inferior (entre 52 % no Abrigo Branco Aberto e 42 % no Abrigo Castanho) sobre o dos terços médio (entre 37 % no Abrigo Castanho e 38 % no Branco Fechado) e superior (com a menor parcela de 12 % no Abrigo Branco Aberto e 20 % no Castanho).

Da mesma forma, regista-se em todos os tratamentos um crescendo mais ou menos ou menos regular na proporção de folhas presentes por andar à medida que se avança desde a extremidade superior da planta (1º andar) que detém a menor parcela de folhas, até ao

5º andar que apresenta invariavelmente a parcela máxima (representando entre 31% no Abrigo Branco Fechado e 29% no Castanho do número total de folhas da planta).

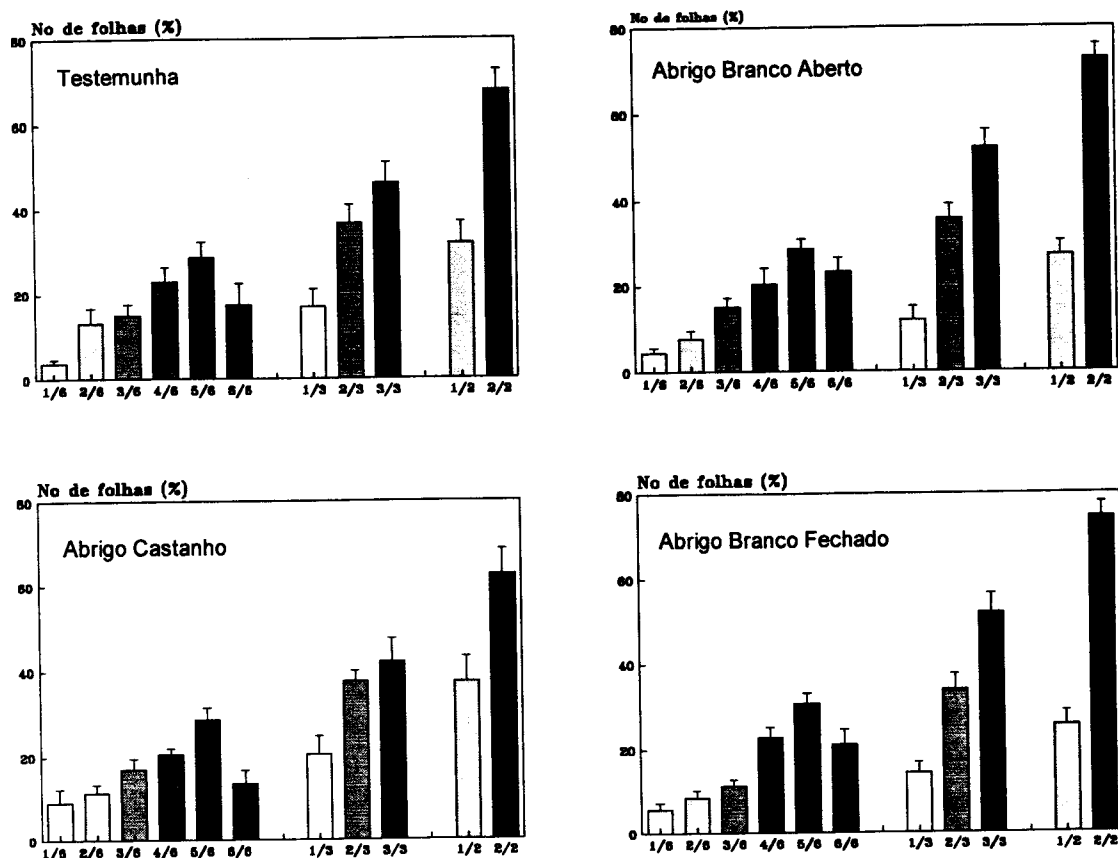


Figura 4.32 Gráficos da variação do número médio de folhas expresso em percentagem do número total presente por planta, nos diferentes tratamentos, em perfis definidos, consoante a altura das plantas, por meio de seis, três e duas secções de igual comprimento. Em cada partição o cinzento das barras é tanto mais claro quanto maior a altura do estrato.

Conforme poderá concluir-se da análise da figura 4.32 a única variação digna de nota no que respeita à distribuição das folhas no perfil de altura envolve a posição relativa do sexto inferior das plantas, cuja importância em número de folhas varia nos vários tratamentos. É no conjunto das plantas do Abrigo Branco Aberto que o sexto inferior tem a sua maior importância relativa sendo a segunda parcela em número de folhas logo a seguir ao 5º andar. Na Testemunha e Abrigo Branco Fechado, o sexto inferior das plantas é o terceiro estrato em número de folhas, a seguir ao 5º e 4º andares, enquanto no Abrigo Castanho está relativamente reduzido, ocupando a quarta posição em número de folhas após o 5º, 4º e 3º andares.

Área foliar e sua distribuição no perfil de altura

A área foliar e a sua distribuição no perfil de altura foi estudada no final do ensaio. Conforme mostra a figura 4.33, o contributo dos ramos laterais para a área foliar total das plantas, nesta fase do desenvolvimento, é sempre muito superior à contribuição do ramo principal, independentemente do tratamento a que as plantas foram sujeitas. A área foliar total bem como a área foliar dos ramos laterais não é significativamente alterada pelos tratamentos. A ordenação de grandezas médias absolutas da área foliar total é semelhante, como se verá, à ordenação encontrada para a biomassa foliar e para a biomassa em geral. A Testemunha apresenta o maior valor de área foliar total e dos ramos laterais, seguida pelo abrigo Branco Aberto, Branco Fechado e Castanho.

Apenas ao nível do ramo principal há diferenças significativas entre os tratamentos com a Testemunha diferindo significativamente dos Abrigos Branco Aberto e Castanho que ostentam áreas foliares superiores. O Abrigo Branco Fechado, com área foliar intermédia, não difere, neste parâmetro, de qualquer dos outros tratamentos.

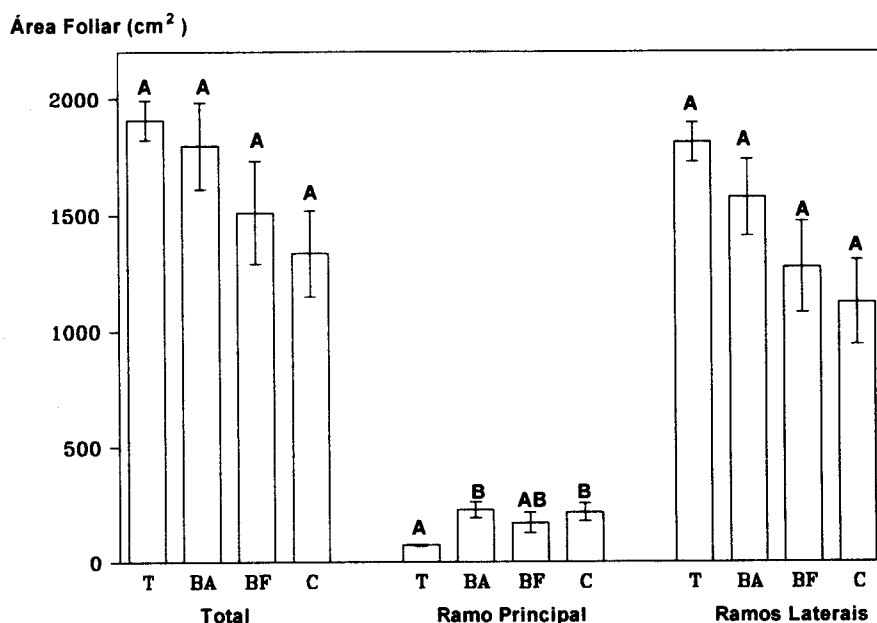


Figura 4.33 Valores médios e erro padrão da área foliar total, do ramo principal e ramos laterais no final do Ensaio 2 nas plantas Testemunha (T), abrigadas em Abrigo Branco Aberto (BA), Abrigo Branco Fechado (BF) e Abrigo Castanho (C). Para o mesmo parâmetro, os tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($P > 0.05$).

A distribuição da área foliar em altura foi analisada considerando ramo principal, ramos laterais e a totalidade da planta, encontrando-se os resultados sintetizados nas figuras 4.34, 4.35 e 4.36.

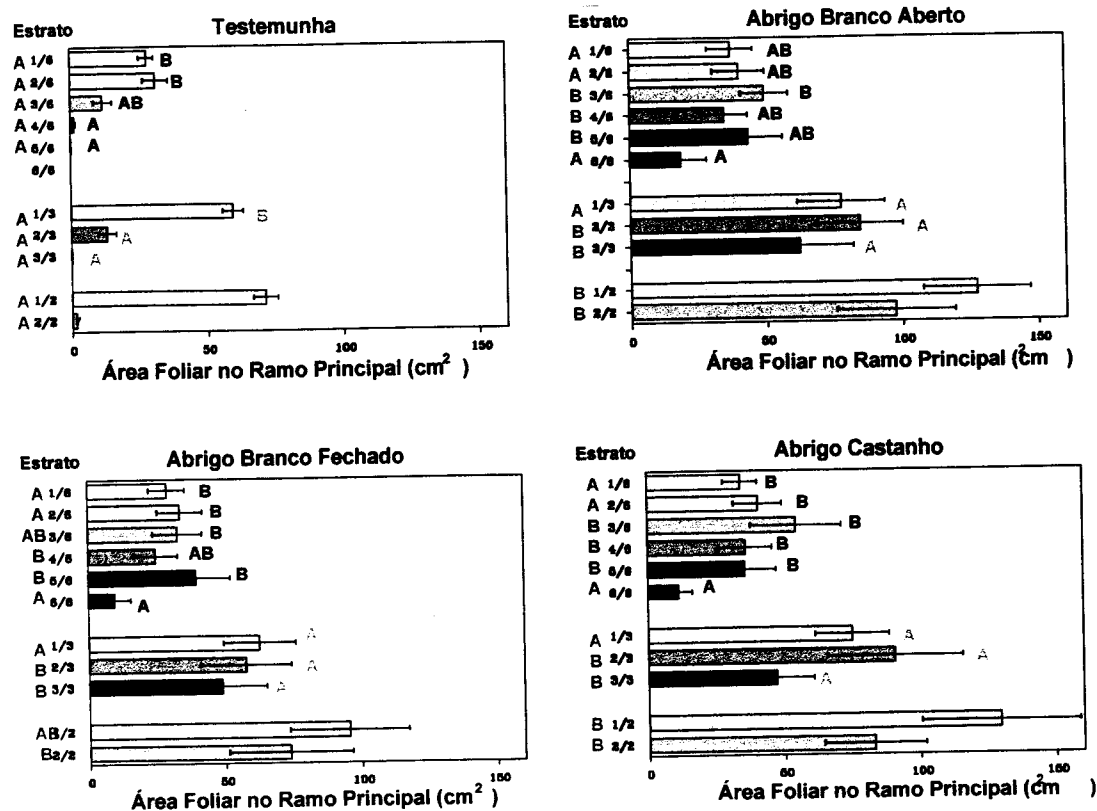


Figura 4.34 Média da área das folhas presentes no ramo principal e respectivo erro padrão, expressos em centímetros quadrados no final do Ensaio 2 para os diferentes tratamentos aplicados. Em cada perfil de altura o cinzento da barra que representa a área foliar média é tanto mais claro quanto maior a altura do estrato. Os estratos de cada um dos perfis de altura foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra interior os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra exterior não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Ao nível do ramo principal das plantas, há, como se viu, uma redução global da área foliar do ramo principal na Testemunha comparativamente com as plantas abrigadas. Regista-se além disso, uma alteração na distribuição de área foliar em altura pelo emprego dos abrigos, a qual tem uma correspondência quase perfeita, como se verá adiante, na distribuição da biomassa foliar no ramo principal das plantas. Com efeito, verifica-se, na Testemunha, que a área foliar está concentrada

na metade superior do tronco enquanto nos abrigos se distribui de uma forma mais homogênea ao longo do perfil de altura. Esta observação articula-se com o balanço negativo de folhas observado na Testemunha ao longo da segunda estação de crescimento e surge como uma consequência natural do desenvolvimento do tronco que é relativamente inibido nas plantas abrigadas. Nota-se, no entanto, em todos os tratamentos, que no estrato mais baixo do perfil, a área foliar é significativamente reduzida.

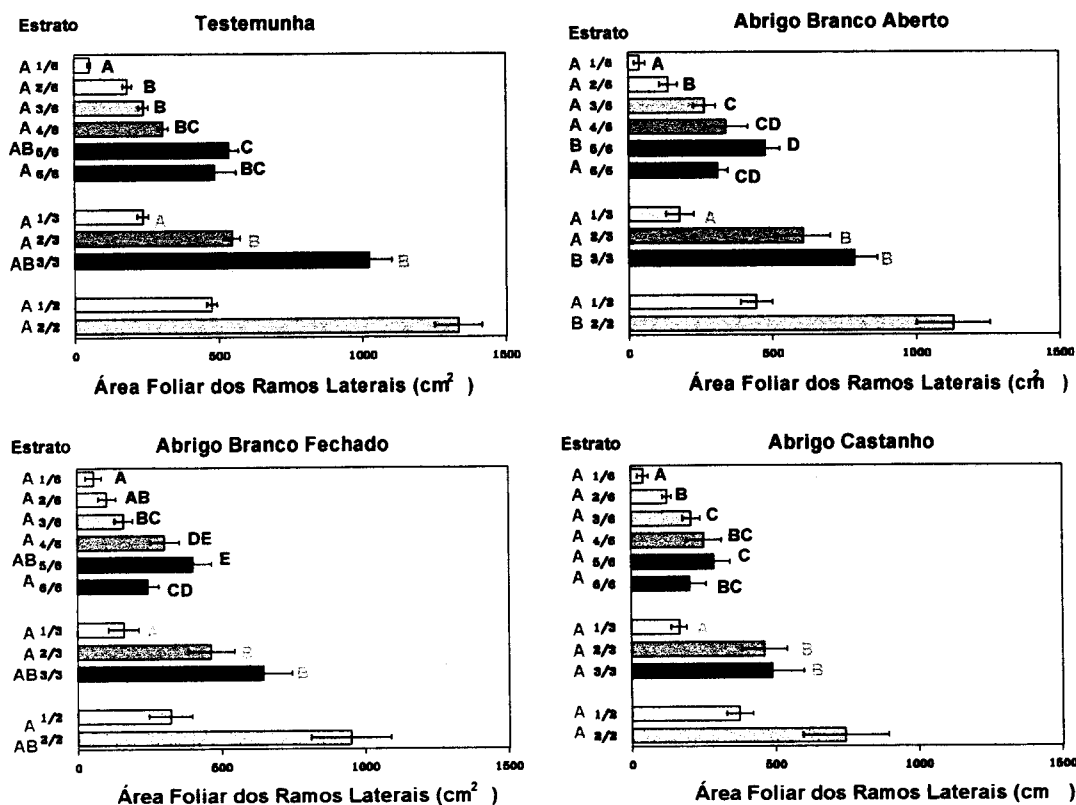


Figura 4.35 Média da área das folhas presentes nos ramos laterais e respectivo erro padrão, expressos em centímetros quadrados, no final do Ensaio 2. Em cada perfil de altura o cinzento da barra que representa a área foliar média é tanto mais claro quanto maior a altura do estrato. Os estratos integrantes de cada perfil de altura foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra interior os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra exterior não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Na comparação entre tratamentos verifica-se que a Testemunha não difere dos outros tratamentos nos dois sextos e terço superior do perfil de altura onde a expressão foliar ainda é considerável. No terceiro sexto, a expressão da área foliar

na Testemunha não difere da do Abrigo Branco Fechado mas é inferior à dos restantes que não diferem entre si nem do Abrigo Branco Fechado. No quarto e quinto estratos, a área foliar no ramo principal da Testemunha difere significativamente da dos Abrigos que não diferem entre si apresentando valores médios superiores. Finalmente, no sexto estrato, em que a Testemunha é nula, os Abrigos não diferem significativamente entre si.

O terço superior do perfil de altura é idêntico quanto à Área foliar do ramo principal para todos os tratamentos mas nos dois terços inferiores a Testemunha difere significativamente dos Abrigos, todos semelhantes e apresentando, em média, maior área foliar no ramo principal. Na metade superior do perfil não se registam diferenças significativas entre os Abrigos, mas a Testemunha é inferior ao Abrigo Branco Aberto. Enquanto isto, na metade inferior do perfil de altura continuam a não se registar diferenças significativas entre os diferentes Abrigos mas entre estes e a Testemunha, que apresenta valores médios de área foliar inferiores, as diferenças são significativas.

Nos ramos laterais a distribuição de área foliar em altura é bem diferente como mostra a figura 4.35, com uma preponderância geral e evidente dos estratos inferiores do perfil independentemente do tratamento. A análise do perfil de altura definido por seis estratos revela a existência de uma distribuição fusiforme mais ou menos gradual da área foliar em todos os tratamentos, a qual tem o seu máximo no quinto estrato e o seu mínimo no primeiro. Os tratamentos, como se viu, não diferem entre si globalmente na área foliar dos ramos laterais. Na distribuição vertical desta no perfil de altura das plantas também não há a assinalar, em geral, diferenças significativas na comparação entre tratamentos.

No perfil de seis estratos apenas se registam diferenças significativas entre tratamentos ao nível do quinto estrato em que o Abrigo Branco Aberto difere significativamente do Abrigo Castanho que lhe é inferior, não havendo outras diferenças significativas a assinalar. Reflectindo e confirmando estas diferenças vamos encontrar a mesma relação entre tratamentos no terceiro estrato do perfil de três estratos e no segundo do perfil de dois.

Conforme facilmente se pode constatar por comparação das figuras 4.35 e 4.36, a variação da área foliar dos ramos laterais no perfil de altura define basicamente a variação da área foliar total. Essencialmente não existem igualmente diferenças entre os tratamentos na distribuição vertical da área foliar total, encontrando-se,

independentemente do tratamento a que as plantas foram sujeitas, uma distribuição fusiforme da área foliar que corresponde muito aproximadamente à distribuição do número de folhas no perfil de altura (veja-se figura 4.32). Com efeito, a área foliar dos ramos cresce de uma forma mais ou menos gradual a partir do estrato superior, onde é sempre significativamente menor que em todos os outros estratos, até ao quinto estrato onde, em todos os tratamentos, se atinge a maior área foliar total média, decrescendo para o sexto estrato.

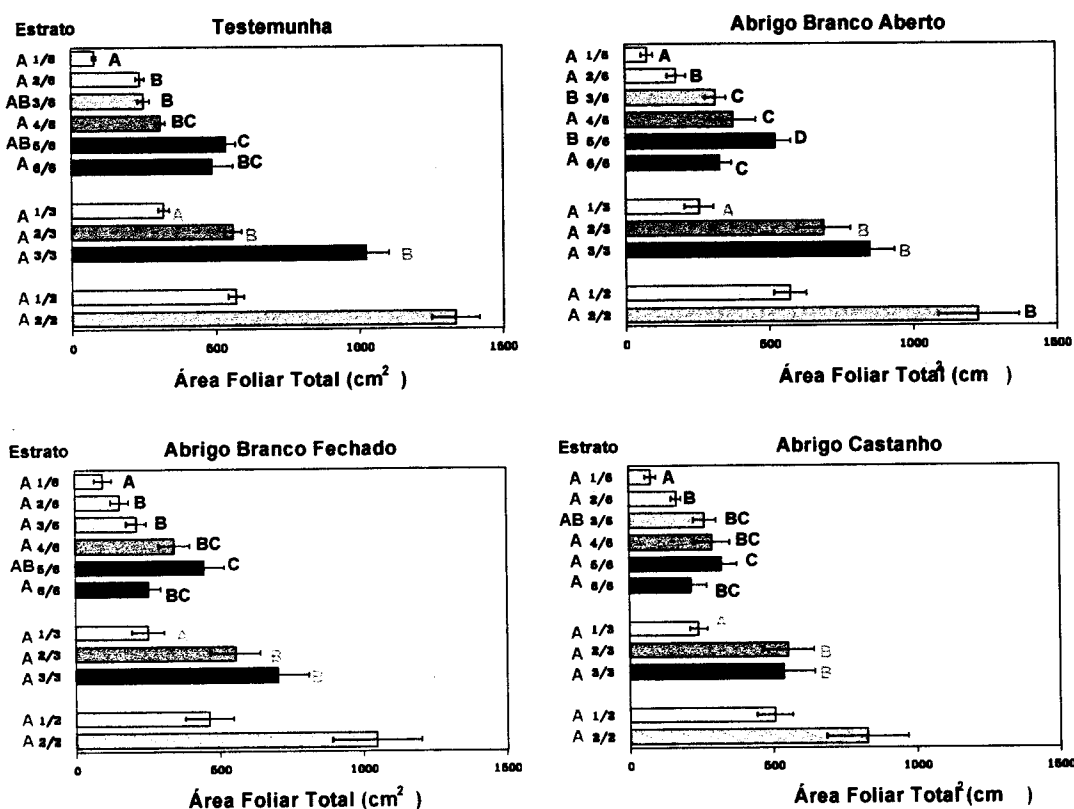


Figura 4.36 Média da área foliar das plantas e respectivo erro padrão, expressos em centímetros quadrados, no final do Ensaio 2 nos diferentes tratamentos aplicados. Em cada perfil de altura o cinzento da barra que representa a área foliar média é tanto mais claro quanto maior a altura do estrato. Os estratos de cada um dos perfis de altura foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra interior os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra exterior não diferem significativamente entre tratamentos.

Nos perfis definidos por estratos maiores não se encontram de todo em todo diferenças significativas entre tratamentos na área foliar. Apenas no perfil definido por seis estratos são significativas as diferenças entre os Abrigos Brancos ao nível

do terceiro estrato, apresentando o Abrigo Aberto uma área foliar média superior à do Fechado; e ao nível do quinto estrato permanece significativa a diferença entre Abrigo Branco Aberto e Abrigo Castanho que se verifica na área foliar dos ramos laterais.

O aumento da área foliar oferece vantagens evidentes num ambiente de luz reduzida, permitindo às plantas uma maior colheita de fotões.

O aumento da área foliar após uma estação de crescimento foi observado em *Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch crescendo no interior de abrigos (Kjelgren, 1994) e o aumento do número de folhas foi observado em *Quercus borealis* M. igualmente após uma estação de crescimento (Tchuente, 1987).

Após uma estação de crescimento, observámos igualmente no sobreiro (veja-se capítulo 3), um aumento da área foliar nas plantas crescendo no interior de abrigos, sendo o aumento, estatisticamente significativo no Abrigo Baixo e não significativo no Abrigo Alto ou Castanho. Este aumento não correspondia, no entanto, a um maior investimento relativo em biomassa foliar que não se alterou nas plantas abrigadas, com maior área foliar específica, nem a uma maior expansão média do limbo das folhas cujas dimensões não se alteraram no Abrigo Castanho e foram inclusivamente reduzidas no Abrigo Baixo, relacionando-se antes com a formação de um maior número de folhas pelas plantas abrigadas.

No Ensaio 2, após duas estações de crescimento, todo este quadro se alterou. Nota-se uma redução, apesar de não significativa, da área foliar das plantas abrigadas a qual está associada a uma redução do número de folhas produzidas nos ramos laterais. A expansão individual do limbo foliar mantém-se inalterada no Abrigo Castanho mas nos Abrigos Brancos, especialmente no Aberto, são significativamente aumentadas.

Apesar de reduzida, a área foliar das plantas abrigadas, corresponde, como se verá adiante, a um investimento relativamente superior em biomassa foliar por parte das plantas abrigadas. A redução da área foliar surge assim como uma desvantagem inultrapassável para as plantas abrigadas num ambiente onde a luz é reduzida. A capacidade de produzir e de manter um número superior de folhas no interior do abrigo poderá ser uma questão chave para que os jovens sobreiros possam retirar benefícios de um abrigo. Porém, quando a redução da luz é elevada como nos abrigos usados no Ensaio 2, a superioridade da área foliar nas plantas abrigadas relativamente às testemunha não se mantém a médio prazo o que se pode

explicar pela presumível redução da assimilação líquida no interior destes abrigos, que não pode sustentar uma produção de ramos e folhas equivalente à da Testemunha.

Pelas suas consequências no desenvolvimento das plantas, a sub-ramificação que ocorre na segunda estação de crescimento revela-se como um factor chave para o crescimento dos jovens sobreiros pois condiciona drasticamente o número de folhas produzidas do qual depende basicamente a área foliar das plantas em qualquer dos tratamentos.

Área foliar específica

A área foliar específica (SLA, Specific Leaf Area) foi determinada a partir das medidas de área foliar expressa em decímetros quadrados e do peso foliar expresso em gramas de peso seco (Evans, 1972) para todas as folhas verdes presentes nas plantas no final do Ensaio 2.

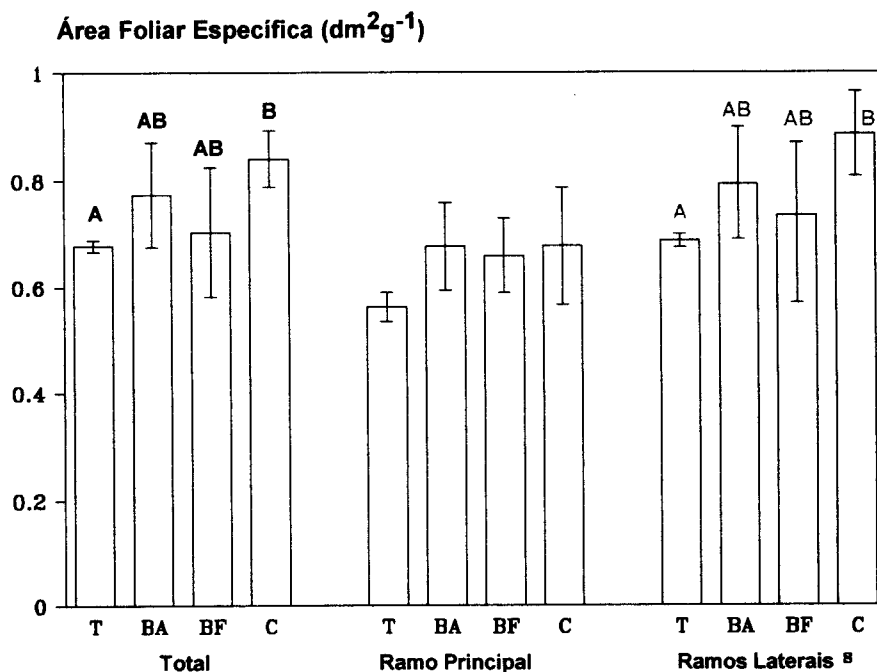


Figura 4.37 Valores médios e erro padrão da área foliar específica relativa às folhas do ramo principal e laterais, expressa em decímetros quadrados de área foliar por grama de peso seco foliar no final do Ensaio 2. As letras T, BA, BF e C correspondem respectivamente aos tratamentos Testemunha, Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho. Para o mesmo parâmetro tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem entre si ($P > 0.05$).

Da comparação entre tratamentos (veja-se figura 4.37), verificou-se a inexistência de diferenças significativas ao nível do ramo principal das plantas onde a SLA se mostra globalmente indiferente. Nos ramos laterais a Testemunha difere significativamente do Abrigo Castanho, cuja área foliar específica é superior. Os Abrigos Brancos apresentam valores intermédios de SLA nos ramos laterais que não diferem entre si nem de qualquer dos outros tratamentos.

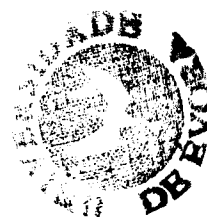
Considerando o conjunto de todas as folhas das plantas, em preponderam largamente, como se viu, as folhas dos ramos laterais, encontramos como se esperaria a mesma relação entre os tratamentos para a globalidade das folhas que a encontrada nos ramos laterais.

Comparam-se ainda quanto à área foliar específica as folhas dos ramos laterais e principal tomadas em conjunto dentro de cada tratamento. Apenas na Testemunha se encontraram diferenças significativas entre a área foliar específica das folhas do ramo principal e dos ramos laterais apresentando estes um valor superior. Os abrigos, ao homogeneizar o ambiente em redor das plantas colocadas no seu interior, parecem reduzir as diferenças na SLA entre as folhas do ramo principal e as folhas dos ramos laterais.

A análise da variação vertical da SLA nas plantas mostra comportamentos distintos ao nível do ramo principal e dos ramos laterais conforme se pode concluir da análise da figura 4.38 onde se resumem os resultados.

No ramo principal das plantas verifica-se que independentemente do tratamento, não há variação significativa na SLA com a altura do estrato. Registam-se ainda oscilações na grandeza da SLA no perfil de altura que sugerem ser a SLA pouco afectada pela altura e pela variação do ambiente luminoso que lhe estará associada. As folhas do ramo principal parecem assim, ser relativamente mais insensíveis ao ambiente em que se formam do que as folhas dos ramos laterais. Nestas últimas encontramos uma variação gradual da área foliar específica ao longo do perfil de altura em todos os tratamentos com excepção do Abrigo Castanho, verificando-se além disso que a grandeza da SLA varia sempre inversamente à variação de altura do estrato, sendo tomado como dado adquirido que quanto maior é a altura maior a quantidade de luz recebida, teremos a SLA a variar inversamente com a intensidade luminosa conforme se esperaria.

Os resultados obtidos no Abrigo Castanho sugerem que o ensombramento provocado por este Abrigo é suficientemente importante para relegar para segundo



plano a importância do auto-ensombramento e logo a importância da altura do estrato no ensombramento das folhas. Com efeito, logo no segundo estrato do perfil vamos encontrar folhas com um SLA médio semelhante ao das folhas dos estratos mais baixos do perfil nos outros abrigos.

A comparação intra-tratamentos entre a SLA no ramo principal e laterais para cada estrato de altura, mostra semelhanças entre os Abrigos Brancos nos quais as folhas dos ramos laterais e principal têm SLA semelhante nos estratos da metade superior do perfil, enquanto os da metade inferior se caracterizam pela existência de diferenças na SLA, sendo a relativa aos ramos superior à do tronco.

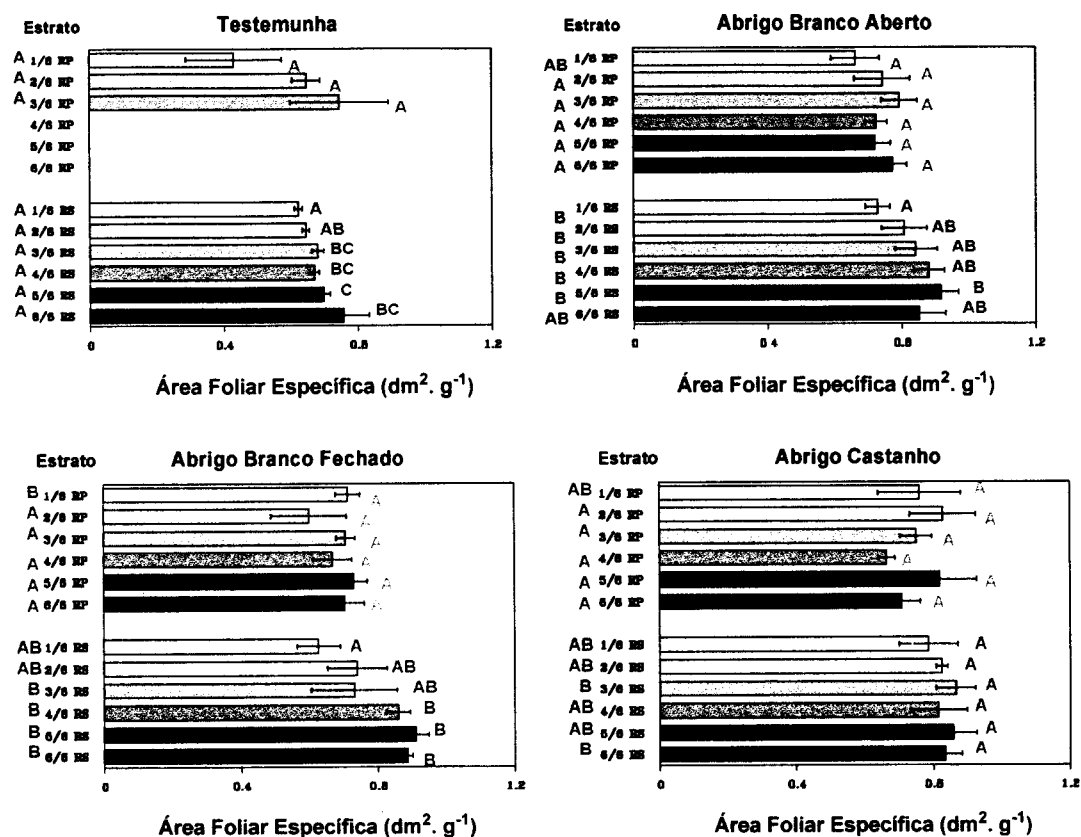


Figura 4.38 Variação da área foliar específica média e respectivo erro padrão, expressa em decímetros quadrados por grama no ramo principal e ramos laterais em estratos correspondentes a 1/6 da altura das plantas no final do ensaio 2. Para cada perfil e tipo de folha compararam-se os estratos de cada tratamento assinalando-se com a mesma letra (interior) os que não diferem significativamente. Para um mesmo estrato e tipo de folha compararam-se entre si os diversos tratamentos assinalando-se com a mesma letra (exterior) os que não diferem significativamente entre si ($P > 0.05$).

No Abrigo Castanho não se encontram diferenças significativas na SLA entre as folhas do ramo principal e dos laterais, como de resto já não se encontravam entre cada tipo de folha nos diferentes estratos. Na Testemunha, onde a existência de folhas no ramo principal se restringe praticamente à metade superior do perfil só é possível fazer a comparação nos três estratos mais elevados verificando-se haver heterogeneidade entre as folhas do tronco e dos ramos laterais quanto à SLA, que é superior nos ramos, no primeiro estrato (de seis) mas não nos outros dois (segundo e terceiro de seis). As diferenças na SLA entre ramo principal e laterais tem sempre o mesmo sentido, com as folhas dos ramos ostentando maior SLA.

4.3.5. Produção de Biomassa

Na tabela 4.7 resumem-se os dados de biomassa obtidos no final do Ensaio 2, que se apresentam parcialmente de forma gráfica na figura 4.39. Efectuaram-se comparações entre os tratamentos através de testes t de Student. ou de Mann-Whitney.

No final do Ensaio 2 verifica-se que a produção global de biomassa foi significativamente reduzida pela presença do Abrigo Castanho, tratamento em que a biomassa total média se mostra inferior à da Testemunha e restantes Abrigos que não diferem entre si. A biomassa radicular difere significativamente entre a Testemunha e os abrigos fechados, Branco e Castanho que não diferem entre si nem do Branco Aberto, e apresentam valores inferiores. Entre o Abrigo Branco Aberto e Testemunha as diferenças na biomassa radicular não consideram significativas (de notar, no entanto que $p = 0.051$). Ao nível da biomassa aérea, não há diferenças significativas entre os tratamentos, sendo de notar que a produção é mais também elevada na Testemunha. Assim, a razão Biomassa Aérea/Biomassa Radicular não se altera de forma significativa com o emprego dos abrigos.

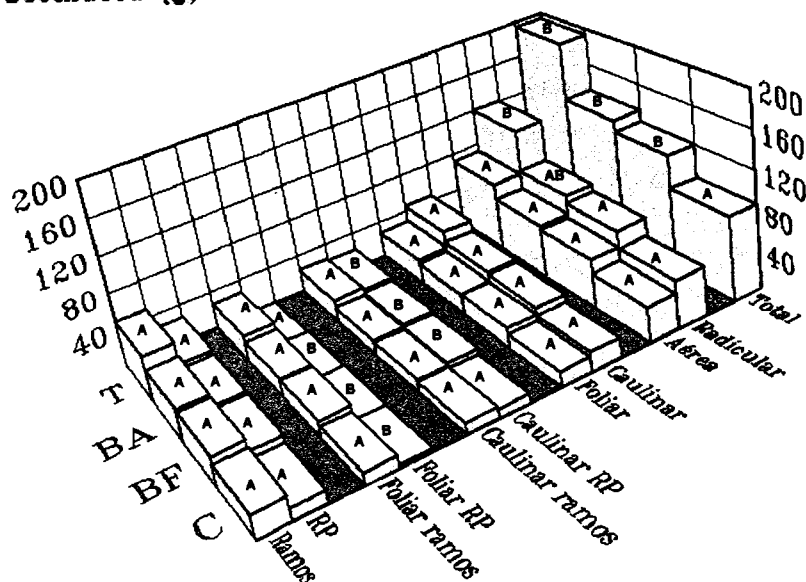
Quando se consideram as subdivisões da biomassa aérea das plantas, não se encontram diferenças significativas entre os tratamentos quer na biomassa foliar quer na biomassa caulinar, quer ainda na biomassa do Ramo Principal ou dos ramos laterais. No entanto, há diferenças significativas (e de sentido oposto) entre tratamentos na biomassa Caulinar e na Foliar. Na primeira, a Testemunha e os dois Abrigos Brancos que não diferem entre si, diferem significativamente do abrigo

Castanho, onde a produção de biomassa caulinar do tronco é inferior o que é consentâneo com o quadro geral de perda de vitalidade dos sobreiros neste Abrigo.

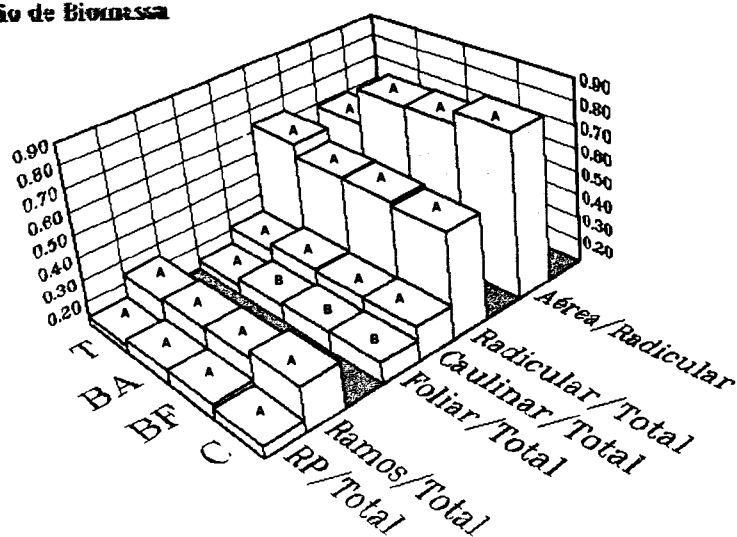
Tratamento	Testemunha		A. Branco Aberto		A. Branco Fechado		A. Castanho	
	média	erro	média	erro	média	erro	média	erro
Biomassa	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
Total	193.759	31.984	133.430	13.307	120.839	11.479	86.846	13.152
Aérea	73.237	16.645	56.864	8.079	51.999	6.039	36.968	4.246
Radicular	120.522	19.930	76.238	6.816	68.710	6.200	49.547	10.144
Caulinar	45.325	11.452	33.822	5.668	29.809	4.067	21.105	2.637
Foliar	27.912	5.275	23.042	2.479	22.190	2.351	15.863	2.000
Caulinar RP	21.684	4.127	18.428	2.214	16.292	2.679	9.534	2.336
Caulinar Ramos	23.641	7.933	15.394	3.547	13.517	2.367	1.1571	2.043
Foliar RP	1.228	0.293	3.505	0.287	3.988	0.693	3.260	0.384
Foliar Ramos	26.683	5.110	19.537	2.481	18.201	2.481	12.603	1.749
Ramo Principal	26.404	5.352	21.933	2.196	20.280	3.169	12.794	2.556
Ramos	50.324	13.030	34.931	5.933	31.718	4.135	24.174	3.386
Aérea/Radicular	0.595	0.082	0.750	0.083	0.755	0.050	0.811	0.098
Radicular/Total	0.635	0.034	0.575	0.028	0.572	0.017	0.556	0.032
Caulinar/Total	0.222	0.028	0.249	0.021	0.243	0.258	0.248	0.013
Foliar/Total	0.142	0.008	0.172	0.008	0.184	0.010	0.191	0.022
RP/Total	0.137	0.021	0.166	0.010	0.168	0.023	0.150	0.025
Ramos/Total	0.244	0.025	0.257	0.021	0.260	0.014	0.288	0.034

Tabela 4.7 Biomassa média e erro padrão, expressos em gramas, no final do Ensaio 2, nas plantas Testemunha e Abridadas, considerando a totalidade da planta, as porções aérea, radicular, caulinar, foliar e ainda o Ramo Principal (RP) e Ramsos Laterais. Razões médias entre a Biomassa Aérea e Radicular e Razões de Peso Radicular, Caulinar, Foliar, do Ramo Principal e dos Ramos (ver explicação no texto).

Por sua vez a biomassa foliar do ramo principal difere significativamente entre os três abrigos, que não diferem entre si, relativamente à Testemunha, que é inferior neste parâmetro.

Biomassa (g)

A

Razão de Biomassa

B

Figura 39 A. Biomassa média, expressa em gramas e B. Razão média entre Biomassa Aérea e Radicular, e Razão entre a Biomassa Radicular, Caulinar, Foliar, do Ramo Principal e dos Ramos laterais e a Biomassa Total no final do Ensaio 2 nos tratamentos Testemunha (T), Abrigo Branco Aberto (BA), Abrigo Branco Fechado (BF) e Abrigo Castanho (C). Os tratamentos que não diferem significativamente entre si para cada um dos parâmetros estão assinalados com a mesma letra ($P > 0.05$).

Interpreta-se basicamente este facto não como indicativo de um estímulo da produção foliar nos abrigos, que também ocorre acompanhando a superior elongação, mas sobretudo como indicativo de um atraso relativo do desenvolvimento do ramo principal das plantas devido à presença dos abrigos. Na Testemunha o ramo principal adquire mais rapidamente a condição de tronco, alargando, suberificando e naturalmente desfoliando mais precocemente. O investimento relativo em raízes, caules, folhas, ramo principal e laterais foi avaliado recorrendo à razão entre a biomassa investida nesses constituintes e a biomassa total, que podem definir-se como Razões de Peso Radicular, Caulinar, Foliar (Evans, 1972) e que estendemos aqui ao Ramo Principal e Ramos Laterais.

O investimento relativo em raízes nas plantas abrigadas é ligeiramente reduzido conforme mostra a figura 4.39B, não sendo, no entanto significativas as diferenças entre os tratamentos. Por sua vez, a razão de biomassa caulinar, ligeiramente aumentada nos abrigos, revela um investimento relativo em caules ligeiramente superior nas plantas abrigadas, não havendo igualmente diferenças significativas entre tratamentos. Pelo contrário, encontram-se diferenças significativas na Razão de Peso Foliar entre a Testemunha e os abrigos que não diferem entre si, revelando um superior investimento relativo em biomassa foliar nas plantas abrigadas.

O investimento relativo no ramo principal e ramificação (caules + folhas) não é significativamente alterado pelos tratamentos, sendo de notar que o investimento relativo em ramos é ligeiramente superior no Abrigo Castanho em relação aos outros tratamentos. Não deixa de ser um pouco surpreendente que assim seja, face aos resultados relativos à ramificação examinados anteriormente. Esta é globalmente reduzida no Abrigo Castanho e restantes abrigos, sendo a razão entre comprimentos do ramo principal e laterais, ligeira mas significativamente beneficiada neste Abrigo, comparativamente com os outros tratamentos.

É ainda de notar que a ordenação dos tratamentos da biomassa em todos os parâmetros analisados, com excepção da biomassa foliar dos ramos é sempre a mesma: Testemunha, Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho, por ordem decrescente.

Estes resultados revelam que a assimilação líquida a médio prazo é prejudicada por todos os abrigos utilizados neste estudo. Esta redução deverá resultar, pelo menos inicialmente, da redução da assimilação líquida ao nível da unidade de área

foliar a qual poderá explicar-se pela redução da intensidade da luminosa no interior dos abrigos. Aparentemente as condições potencialmente mais favoráveis de temperatura, humidade e CO_2 serão insuficientes para compensar a redução da luz em qualquer dos Abrigos. Sendo a redução da luz mais acentuada no Abrigo Castanho compreende-se facilmente a maior redução da fotossíntese e do crescimento neste abrigo.

Por outro lado, o maior crescimento observado no interior do Abrigo Branco Aberto relativamente ao Fechado terá que atribuir-se à presença dos orifícios de arejamento. Como se viu (capítulo 2), estes permitirão uma certa dissipação do calor criando um regime térmico mais favorável, devendo ocorrer um certo movimento do ar no interior do abrigo explicando o normal afunilamento do tronco nas plantas e a maior expansão do limbo foliar. É de notar que, apesar do número de folhas ser superior no Abrigo Fechado, a área foliar total acaba por ser superior no Abrigo Aberto graças à maior dimensão individual das folhas.

Posteriormente e em consequência da redução inicial da assimilação líquida por unidade de área foliar, havendo menor quantidade de fotossintetatos disponíveis para sustentar o crescimento, este é reduzido o que se reflecte negativamente na área foliar produzida. Num ambiente como o do interior dos abrigos a redução da área foliar constitui uma desvantagem enorme para as plantas abrigadas, contribuindo certamente para explicar a sua menor produção de biomassa. Por outro lado, quanto maior o crescimento e área foliar melhor ambiente poderão as plantas abrigadas criar para si próprias no interior do abrigo, como parece poder concluir-se da ordenação que poderíamos fazer dos abrigos por grau de humidade. O abrigo mais húmido é aquele onde as plantas se desenvolveram mais, o Branco Aberto, seguido do Branco Fechado e do Castanho. Julgamos efectivamente que a relação causal será esta e não a contrária porque a variação da humidade relativa do ar no interior destes abrigos durante o período diurno é contrária ao que seria de esperar com base na temperatura do ar (capítulo 2).

Relativamente ao Ensaio 1, em que foi determinada a biomassa após uma estação de crescimento há algumas diferenças a assinalar: (1) As diferenças entre a produção de biomassa no Abrigo Castanho e na Testemunha, não significativas após uma estação de crescimento, tornam-se significativas no final da segunda, (2) o mesmo se passa com a biomassa radicular, que é reduzida em todos os abrigos;

pelo contrário (3) as diferenças relativamente à Testemunha na razão biomassa aérea/radicular, significativas no final da primeira estação de crescimento, para os dois abrigos do ensaio 1, não o são no final da segunda, para todos os abrigos do Ensaio 2; (4) o mesmo se passa para a razão de peso caulinar, em que não há diferenças significativas após duas estações de crescimento, (5) no final do Ensaio 2 não há diferenças entre abrigos e testemunha na razão de peso radicular, significativamente alterada no final do Ensaio 1 em ambos os abrigos, (6) o mesmo se passa com o investimento relativo no ramo principal e (7) nos ramos laterais; pelo contrário (8) o investimento relativo em folhas após duas estações de crescimento é significativamente diferente entre abrigos e Testemunha, quando após uma estação de crescimento não existiam diferenças significativas neste parâmetro.

O aumento da razão parte aérea/ raiz é consentâneo com a redução da luz no interior dos abrigos tendo sido observada por vários autores em plantas abrigadas. Segundo Potter (1987a), a redução do desenvolvimento radicular em plantas abrigadas não é universal e a razão biomassa aérea/biomassa radicular, muito aumentada inicialmente, tende a retomar valores normais na segunda e terceira estações de crescimento. Rendle (1985) observou o aumento da razão biomassa caulinar/radicular em plantas abrigadas de *Quercus robur* após uma estação de crescimento, bem como em plantas crescendo no interior de uma estufa relativamente à testemunha, em consequência do aumento da produção de biomassa caulinar e redução da radicular, o que se manteve na segunda estação de crescimento. Burger *et al.* (1992) e Svihra *et al.* (1993) observaram em plantas de *Cedrus deodara* Loud., *Quercus ilex* L. e *Magnolia grandiflora* L., respectivamente o aumento da razão entre o peso fresco da parte aérea e da raiz, após uma e duas estações de crescimento e da razão biomassa aérea /radicular após duas estações de crescimento. Num e noutro caso não se registaram diferenças significativas no peso fresco ou na biomassa radicular e aérea entre as plantas abrigadas e testemunha.

Mas o aumento da razão biomassa aérea/ biomassa radicular foi observado em plantas abrigadas após duas, três e quatro estações de crescimento em abrigos. Tuley (1985) observou o aumento desta razão após três anos em plantas abrigadas de *Quercus petraea* (Matt.) Leiblein, em consequência de um maior aumento da biomassa aérea, especialmente a caulinar, que superou o aumento da biomassa

radicular também registado. Mayhead e Jenkins (1992) em *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. após três anos no interior de abrigos, em consequência de uma maior redução na biomassa radicular do que na biomassa aérea, ambas significativamente reduzidas relativamente à testemunha. Mayhead e Boothman (1997) em *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. após quatro anos observaram a redução da biomassa total, radicular e aérea bem como o aumento da razão Biomassa aérea/radicular em plantas abrigadas relacionando-se a redução da biomassa e o aumento da razão com o aumento da altura dos abrigos.

Burger *et al.* (1997) observaram após dois anos a redução da biomassa radicular e aérea bem como o aumento da razão biomassa aérea/radicular em plantas abrigadas de *Fraxinus latifolia* Benth., *Platanus racemosa* Nutt., *Quercus lobata* Née e *Populus euamericana* cv. Giacometti. Noutras espécies, *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., *Lagerstroemia indica* L. 'Watermelon Red' e *Ginkgo biloba* L., apenas a biomassa radicular foi reduzida, mantendo-se o aumento da razão biomassa aérea/ radicular. Pelo contrário em *Quercus agrifolia* Née a biomassa aérea foi significativamente aumentada não se alterando a radicular, nem a razão biomassa aérea radicular.

Assim a rápida retoma de uma razão biomassa aérea/radicular normal não parece ser generalizada como pretende Potter (1987a), mas corresponde às nossas observações no sobreiro. Estes resultados são animadores relativamente à oportunidade de uso de outros abrigos (que reduzam menos a intensidade luminosa) no estímulo do crescimento precoce desta espécie.

Distribuição da biomassa aérea no perfil de altura

A distribuição da biomassa aérea, no final do Ensaio 2, foi analisada com especial atenção pois que nos interessava detectar eventuais alterações provocadas pelo uso dos abrigos na estrutura das plantas. Assim, comparou-se a distribuição da biomassa aérea, nos seus diferentes componentes, entre fracções equivalentes da altura das plantas. Os dados de base apresentam-se resumidamente na tabela 4.8, sendo referentes aos seis estratos de altura numerados por ordem decrescente (começando por cima de forma que o estrato mais alto é o 1 e o mais baixo o 6) correspondentes às fracções de 1/6 da altura das plantas definidas por ocasião do corte.

Tratamento	Testemunha		A.Branco Aberto		A.Branco Fechado		A. Castanho	
	média (g)	erro (g)	média (g)	erro (g)	média (g)	erro (g)	média (g)	erro (g)
1Foliar RP	0.454	0.208	0.499	0.133	0.562	0.108	0.463	0.074
1Caulinar RP	0.532	0.237	0.372	0.097	0.571	0.128	0.370	0.091
1Foliar Rs	1.062	0.273	0.946	0.385	1.177	0.537	0.529	0.205
1Caulinar Rs	0.362	0.082	0.495	0.222	0.734	0.237	0.242	0.113
2Folhas RP	0.708	0.307	0.403	0.130	1.216	0.489	0.456	0.138
2Caulinar RP	2.304	0.497	0.894	0.231	1.376	0.249	0.767	0.211
2Foliar Rs	3.361	0.685	2.236	0.599	1.726	0.528	1.522	0.199
2Caulinar Rs	2.055	0.480	1.834	0.592	1.363	0.448	0.958	0.152
3Foliar RP	0.041	0.046	0.140	0.680	0.675	0.097	0.725	0.204
3Caulinar RP	0.337	2.113	0.152	1.884	1.945	0.241	1.174	0.412
31Foliar Rs	0.350	2.837	0.587	2.855	2.333	0.331	2.471	0.380
3Caulinar Rs	0.237	1.468	1.036	3.096	1.635	0.379	1.940	0.376
4Foliar RP	0.197	0.197	0.735	0.059	0.635	0.071	1.012	0.335
4Caulinar RP	0.676	2.980	2.686	0.300	2.558	0.407	1.517	0.489
4Foliar Rs	1.015	4.186	4.842	1.160	4.534	0.629	3.143	0.898
4Caulinar Rs	0.803	2.851	3.319	0.965	3.188	0.626	2.329	0.417
5Foliar RP	0.333	0.333	0.742	0.254	0.958	0.090	0.521	0.198
5Caulinar RP	1.158	5.228	4.256	0.564	3.311	0.602	1.804	0.678
5Foliar Rs	2.146	6.962	5.047	0.246	5.297	0.450	3.228	0.431
5Caulinar Rs	2.909	7.324	4.119	0.978	3.735	0.807	3.566	0.583
6Foliar RP	0	0	0.557	0.168	0.415	0.165	0.217	0.061
6Caulinar RP	1.954	8.526	8.336	1.448	6.531	1.233	3.902	0.575
6Foliar Rs	4.777	8.276	3.611	0.410	3.331	0.191	2.340	0.520
6Caulinar Rs	5.787	9.580	2.531	0.463	2.984	0.604	2.536	0.695

Tabela 4.8 Valores médios da biomassa aérea e respectivo erro padrão, expressos em gramas, no final do Ensaio 2 em estratos numerados por ordem descendente de altura e correspondendo cada um a 1/6 da altura das plantas nos tratamentos Testemunha, Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho. **RP** indica que se trata de biomassa do Ramo Principal das plantas e **Rs** biomassa dos Ramos Laterais.

Biomassa aérea

A figura 4.40 mostra a distribuição da biomassa aérea em cada um dos

tratamentos. Pretendeu-se evidenciar, na figura, as variações da distribuição vertical da biomassa nas plantas sujeitas aos diferentes tratamentos, mostrando-se os resultados da comparação "vertical" dos estratos correspondentes a fracções de 1/6, 1/3 e 1/2 da altura das plantas.

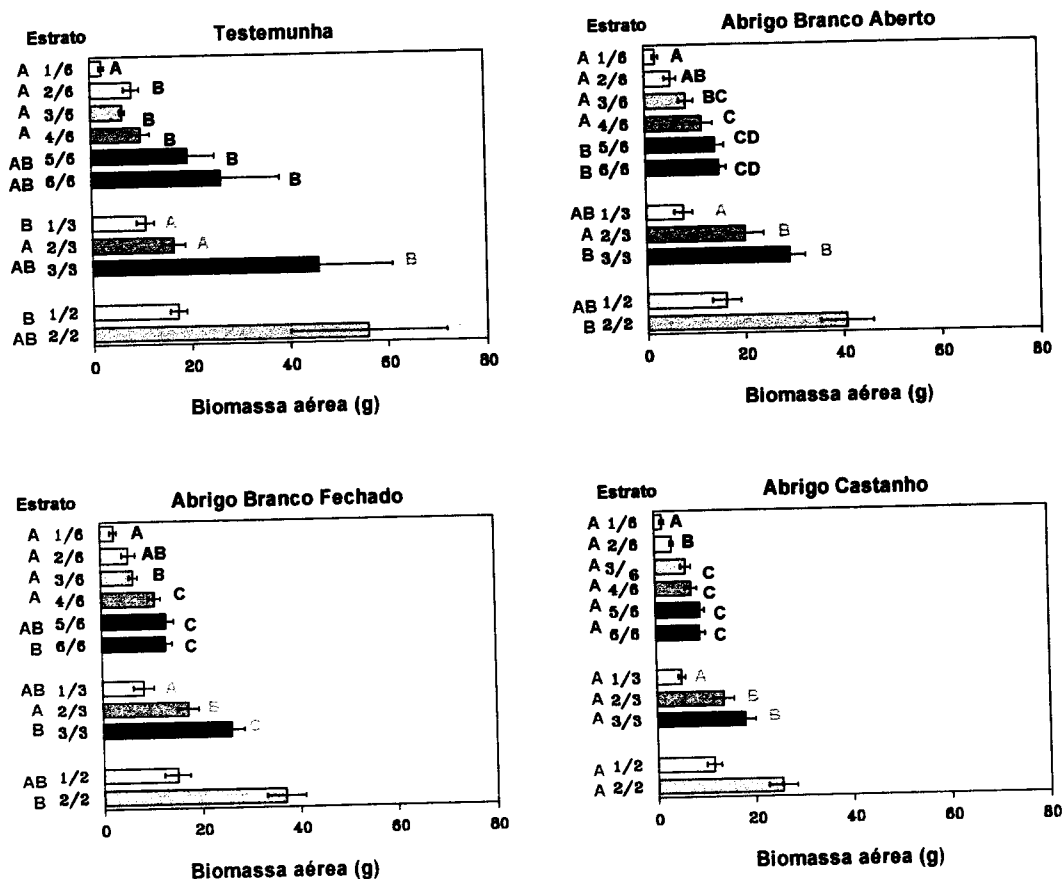


Figura 4.40 Distribuição da biomassa aérea total média, expressa em gramas, e respectivo erro padrão em estratos de 1/6 da altura das plantas e, por agrupamento destes, em estratos correspondentes a 1/3 e 1/2 da altura das plantas Testemunha e abrigadas em Abrigo Branco Aberto, Branco Fechado e Castanho, no final do Ensaio 2. Em cada perfil de altura, o cinzento da barra que representa a biomassa média é tanto mais claro quanto maior a altura do estrato. Os estratos do mesmo perfil foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra (interior) os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra (exterior) não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Podem notar-se dois tipos diferentes de organização que opõem a Testemunha ao grupo das plantas abrigadas. As plantas Testemunha mostram uma organização

"em coluna" com os cinco estratos inferiores semelhantes, diferenciando-se apenas o estrato mais elevado com uma menor expressão. Nas plantas abrigadas, há uma organização "em cone" com a transição entre estratos mais gradual, particularmente nos Abrigos Brancos. Pode notar-se igualmente, como característica comum a todos os tratamentos, que dentro do perfil de altura há homogeneidade na biomassa entre os três estratos inferiores da parte aérea que não diferem entre si significativamente em qualquer dos tratamentos e que o estrato mais elevado (6º) é sempre significativamente inferior àqueles.

Quando se agrupa a biomassa aérea das fracções definidas no corte de forma a representarem fracções de um terço da altura, verifica-se que o terço inferior das plantas é sempre significativamente superior ao terço mais elevado.

É ainda contrastante a distribuição da biomassa aérea na Testemunha e nos Abrigos pois nesta os dois terços superiores do perfil são homogéneos e significativamente menores que o terço inferior enquanto nos abrigos não se encontra esta situação. Há, pelo contrário, homogeneidade entre os dois terços inferiores significativamente maiores que o superior, no Abrigo Branco Aberto e no Abrigo Castanho enquanto no Abrigo Branco Fechado se encontra um gradiente de grandeza decrescente com a altura, com diferenças significativas entre todos os estratos. Finalmente, se considerarmos as fracções de biomassa dos seis estratos agrupadas em dois grupos representando fracções de 1/2 da altura, verificamos que independentemente do tratamento, a biomassa aérea da metade inferior das plantas é sempre significativamente superior à da metade mais elevada. Assim apesar de não serem significativas as diferenças entre os tratamentos na biomassa aérea global encontram-se diferenças significativas na sua distribuição pelos diferentes estratos.

Considerando o perfil de altura definido por seis estratos, apenas ao nível do 5º e 6º estratos há diferenças significativas entre tratamentos com o Abrigo Branco Aberto superior ao Castanho, no 5º estrato e os dois Abrigos Brancos superiores ao Abrigo Castanho no sexto estrato. Em ambos os casos não há outras diferenças significativas a assinalar entre os Abrigos e a Testemunha cuja variabilidade é significativamente superior. Assim, no 5º estrato, formam-se dois grupos homogéneos, um (B) formado pelos Abrigos Brancos e Testemunha e outro (A) por esta, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho. No 6º estrato formam-se igualmente dois grupos homogéneos, um (B) constituído pelos dois Abrigos

Brancos e Testemunha e o outro (A) por esta e pelo Abrigo Castanho.

Considerando três fracções da altura das plantas por agrupamento das secções de corte verifica-se que no terço intermédio não há quaisquer diferenças entre os tratamentos. No terço mais elevado a Testemunha é significativamente superior ao Abrigo Castanho de forma que, não havendo mais diferenças significativas a assinalar entre os tratamentos, podem definir-se dois grupos de idênticos, um (B) formado pela Testemunha e pelos Abrigos Brancos e outro (A) por estes e pelo Abrigo Castanho. Ao nível do terço inferior encontram-se diferenças significativas entre os Abrigos Brancos que são superiores ao Abrigo Castanho e, não havendo outras diferenças significativas a assinalar entre os tratamentos, podem definir-se os mesmos conjuntos homogêneos constituídos para o 6º estrato.

Considerando uma partição em duas metades idênticas formadas pelo agrupamento das três secções mais elevadas e das três secções mais baixas repete-se para a metade mais elevada o relacionamento inter-tratamentos que encontramos no terço mais elevado e para a metade mais baixa a mesma situação que no terço mais baixo.

Biomassa foliar

Na biomassa foliar, como já se viu, não existem diferenças globais entre tratamentos mas encontram-se, tal como para a biomassa aérea, perfis de distribuição da biomassa foliar em altura contrastantes entre a Testemunha e os Abrigos. Enquanto na Testemunha a biomassa foliar se distribui indistintamente pelos cinco estratos mais baixos para só "afunilar" no estrato superior, nos abrigos há um aumento gradual da biomassa foliar a partir do andar superior até ao quarto ou quinto andar onde há maior concentração de biomassa foliar que volta a decrescer no andar inferior (figura 4.41).

O perfil de distribuição da biomassa foliar definido por uma partição das plantas em secções de um terço da sua altura, volta a evidenciar uma grande constância estrutural com os dois terços inferiores nunca diferindo significativamente entre si, como estrato basal sempre significativamente mais rico em biomassa foliar que o estrato mais alto. O estrato intermédio ocupa uma posição variável, intermédia no perfil da Testemunha e Abrigo Branco Fechado, onde não difere nem do estrato basal nem do estrato superior e nos restantes abrigos claramente homogênea com o

terço basal.

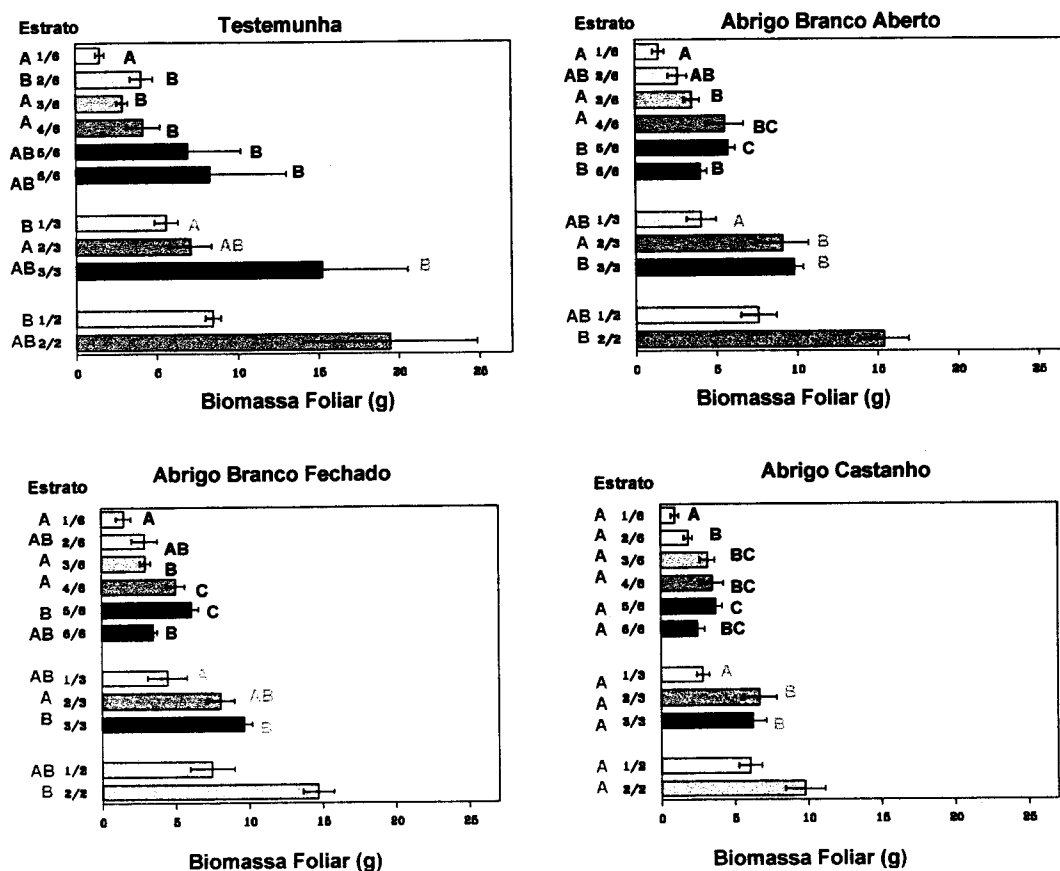


Figura 4.41 Distribuição da biomassa foliar média, expressa em gramas, e respectivo erro padrão, em perfis de altura definidos por estratos de 1/6 da altura das plantas e, por agrupamento destes, em estratos correspondentes a 1/3 e 1/2 da altura das plantas Testemunha e abrigadas em Abrigo Branco Aberto, Branco Fechado e Castanho, no final do Ensaio 2. Em cada perfil de altura, o cinzento da barra que representa a biomassa média é tanto mais claro quanto maior a altura do estrato. Os estratos do mesmo perfil foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra (interior) os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra (exterior) não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Finalmente, quando se considera o perfil de distribuição da biomassa foliar representado por dois grandes estratos correspondentes às metades superior e inferior das plantas há novamente um contraste entre Testemunha e Abrigos. Nestes a Biomassa Foliar da metade inferior da planta é sempre significativamente superior à da metade superior, na Testemunha as diferenças não podem considerar-

se significativas devido à grande variabilidade associada aos valores de biomassa foliar da metade basal.

No perfil de biomassa foliar definido por seis secções de altura, a comparação entre tratamentos mostra diferenças apenas ao nível do segundo sexto, em que a Testemunha é superior ao Abrigo Castanho, do quinto sexto em que ambos os Abrigos Brancos são superiores ao Castanho e do sexto basal em que o Abrigo Branco Aberto tem biomassa foliar superior ao Abrigo Castanho. Em todos estes casos, salienta-se como constante a inferioridade do Abrigo Castanho. Considerando três secções no perfil de biomassa foliar, a secção intermédia mostra-se homogénea nos diferentes tratamentos. No terço superior das plantas, assim como na sua metade superior, a Testemunha é superior ao Abrigo Castanho e no terço inferior, assim como na metade inferior Ambos os Abrigos Brancos são superiores ao Castanho.

Biomassa Foliar do Ramo Principal

A biomassa foliar do ramo principal nesta fase do desenvolvimento das plantas é já uma fracção muito reduzida da biomassa foliar total.

Na Testemunha, como se viu, há uma redução global da biomassa foliar do ramo principal relativamente aos outros tratamentos, sendo o quinto estrato praticamente desprovido de expressão e o sexto nulo, nota-se além disso uma redução nítida da biomassa foliar no 3º e 4º estratos.

Assim na Testemunha, a biomassa foliar do ramo principal está praticamente concentrada no terço superior das plantas, significativamente superior aos restantes que não diferem entre si. Nas comparações entre os estratos do perfil definido por sextos da altura aceita-se a existência de diferenças entre o 1º e 2º e os restantes com, nalguns casos, probabilidades ligeiramente superiores a 0.05. Nos diferentes Abrigos a biomassa foliar do ramo principal encontra-se distribuída de forma mais homogénea ao longo do perfil de altura embora se note em todos eles uma redução considerável do sexto inferior das plantas relativamente aos outros estratos, a qual curiosamente é menos evidente no Abrigo Branco Aberto do que nos restantes.

Nos Abrigos Brancos há homogeneidade entre a biomassa foliar do ramo principal nos três terços do perfil o que já não se verifica no Abrigo Castanho em que o terço intermédio é claramente preponderante sobre os extremos.

Na comparação entre tratamentos verifica-se que a Testemunha não difere dos restantes tratamentos apenas nos dois sextos superiores, no terço superior e no meio superior onde apresenta ainda uma biomassa foliar considerável e semelhante à das plantas abrigadas. Nos restantes estratos, com excepção do sexto no perfil de seis estratos em que a Testemunha é nula, há uma redução significativa da biomassa foliar do ramo principal na Testemunha relativamente aos Abrigos que não diferem entre si.

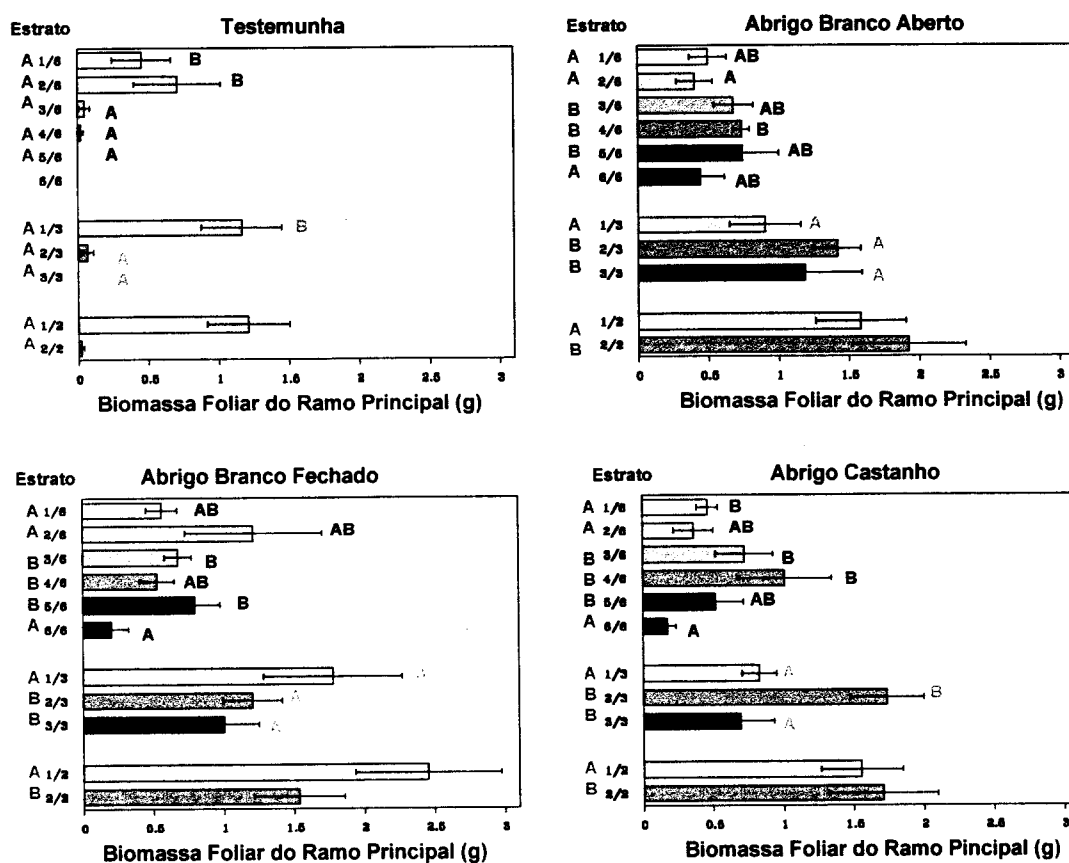


Figura 4.42 Distribuição da biomassa foliar média do ramo principal, expressa em gramas, e respectivo erro padrão em perfis de altura definidos por estratos de 1/6 da altura das plantas e, por agrupamento destes, em estratos correspondentes a 1/3 e 1/2 da altura das plantas Testemunha e abrigadas em Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho, no final do Ensaio 2. Em cada perfil de altura, o cinzento da barra que representa a biomassa média é tanto mais claro quanto maior a altura do estrato. Os estratos do mesmo perfil foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra (interior) os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra (exterior) não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Biomassa foliar nos ramos laterais

A variação da biomassa foliar nos ramos laterais define basicamente a variação da Biomassa foliar total quer dentro de cada tratamento quer entre tratamentos conforme facilmente se constata por comparação das figuras 4.43 e 4.41.

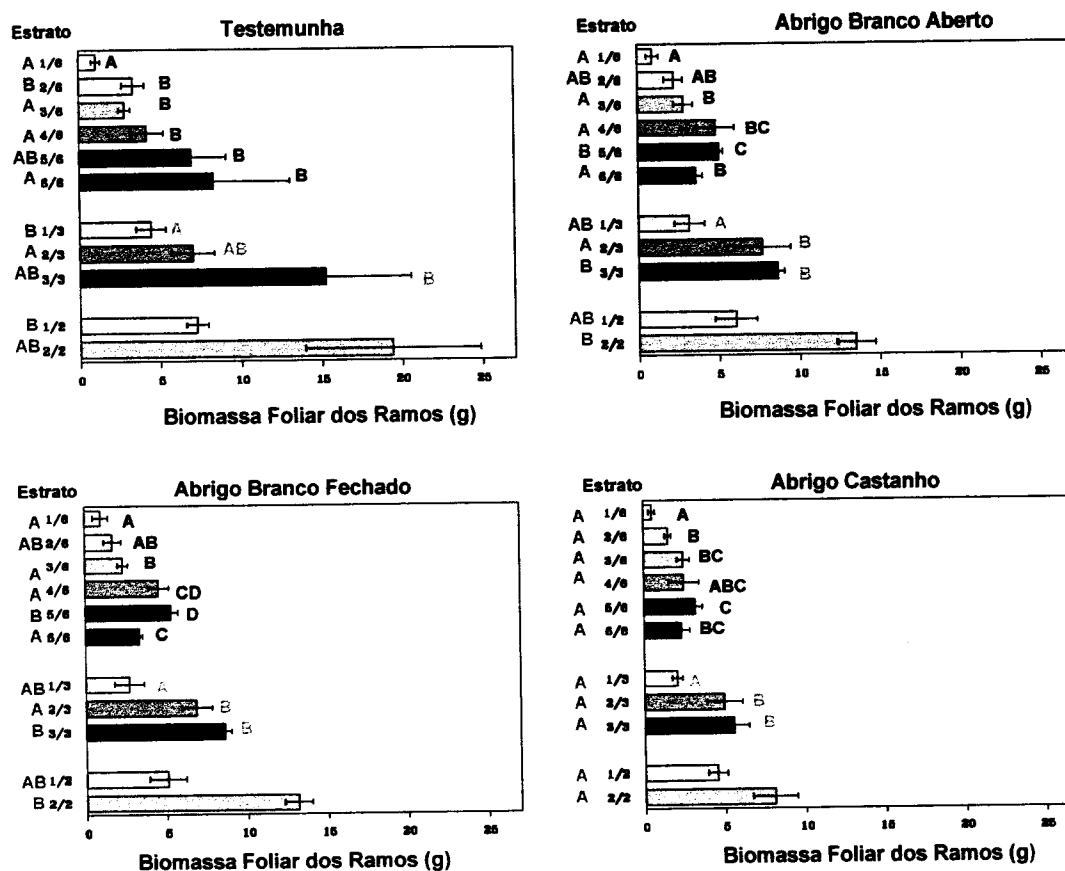


Figura 4.43 Distribuição da biomassa foliar média dos ramos laterais, expressa em gramas, e respectivo erro padrão em perfis de altura definidos por estratos de 1/6 da altura das plantas e, por agrupamento destes, em estratos correspondentes a 1/3 e 1/2 da altura das plantas Testemunha e abrigadas em Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho, no final do Ensaio 2. Em cada perfil de altura, o cinzento da barra que representa a biomassa média é tanto mais claro quanto maior a altura do estrato. Os estratos do mesmo perfil foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra (interior) os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra (exterior) não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Assim, com poucas exceções definem-se basicamente os mesmos grupos dentro dos perfis de cada tratamento para a biomassa foliar dos ramos laterais e para a biomassa foliar total.

Na Testemunha e Abrigo Branco Aberto não há alteração dos grupos de estratos que se formam em cada um dos perfis quando se considera a Biomassa Foliar Total e a Biomassa Foliar dos Ramos. No Abrigo Branco Fechado há uma ligeira alteração nos grupos formados no perfil definido por sextos da altura das plantas, a qual resulta da existência de uma diferença significativa entre o 6º e o 3º andar na biomassa foliar dos ramos laterais que não se encontra na biomassa foliar total. Do mesmo modo no perfil definido por terços há uma diferença significativa na biomassa foliar dos ramos entre o 2º e o 1º terço que não se encontra na biomassa foliar total. No Abrigo Castanho há também uma ligeira alteração dos grupos formados no perfil definido por sextos da altura das plantas pois que ao nível da biomassa foliar dos ramos não é significativa a diferença entre o 4º e o 1º andares que se torna significativa quando se considera a biomassa foliar total.

Da comparação entre tratamentos resultam para a biomassa foliar dos ramos laterais os mesmos grupos que se formam na comparação entre a biomassa foliar total dos diferentes tratamentos nos perfis definidos por dois e três estratos.

No perfil definido por seis estratos há uma alteração a assinalar relativa ao 6º andar do perfil que mostra nos ramos laterais homogeneidade na biomassa foliar de todos os tratamentos a qual já não se verifica na biomassa foliar total desse andar em que o Abrigo Branco Aberto difere significativamente Castanho.

Biomassa Caulinar

Conforme pode ver-se na figura 4.44 a biomassa caular decresce com a altura de uma forma suave em todos os tratamentos sendo de notar que a variabilidade da biomassa caular no terço inferior do perfil é notoriamente mais elevada na Testemunha do que nos abrigos

Na comparação entre tratamentos, apenas se registam diferenças significativas no 2º e 6º estratos do perfil de seis estratos, diferindo no 2º estrato a Testemunha do Abrigo Castanho que é inferior e no 6º estrato o Abrigo Branco Aberto é significativamente diferente do Abrigo Castanho que é inferior.

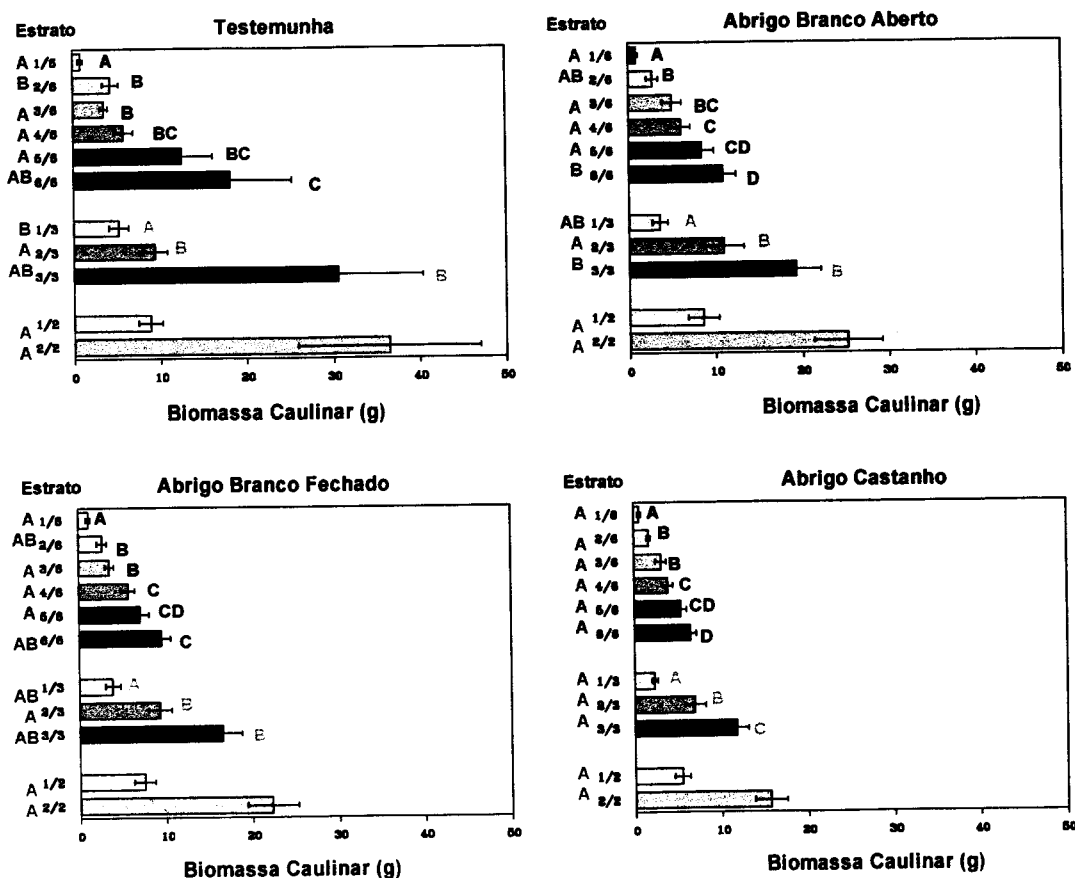


Figura 4.44 Distribuição da biomassa caulinar média, expressa em gramas, e respectivo erro padrão em perfis de altura definidos por estratos de 1/6 da altura das plantas e, por agrupamento destes, em estratos correspondentes a 1/3 e 1/2 da altura das plantas Testemunha e abrigadas em Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho, no final do Ensaio 2. Em cada perfil de altura, o cinzento da barra que representa a biomassa média é tanto mais claro quanto maior a altura relativa do estrato. Os estratos do mesmo perfil foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra (interior) os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra (exterior) não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Considerando um perfil formado por três estratos, não há mais uma vez diferenças no estrato intermédio enquanto no superior a Testemunha é superior ao Abrigo Castanho e no inferior o Abrigo Branco Aberto superior ao Abrigo Castanho tal como se verificava no 2º e 6º estratos respectivamente. Não há diferenças na biomassa caulinar média quando se compara o perfil de dois estratos.

No **ramo principal**, conforme mostra a figura 4.45, a biomassa caulinar

decrece gradualmente à medida que se sobe em altura no perfil, na Testemunha e Abrigos Brancos. Pelo contrário, no Abrigo Castanho o estrato basal é superior a todos os outros, que não diferem entre si. A Testemunha é superior ao Abrigo Castanho no 2º e 5º estratos do perfil de seis fracções, no 1º e 3º estratos do perfil de três e em ambos os estratos do perfil de duas fracções. O Abrigo Branco Aberto é também superior ao Abrigo Castanho no perfil de seis fracções, no 3º do perfil de três e no segundo do perfil de duas.

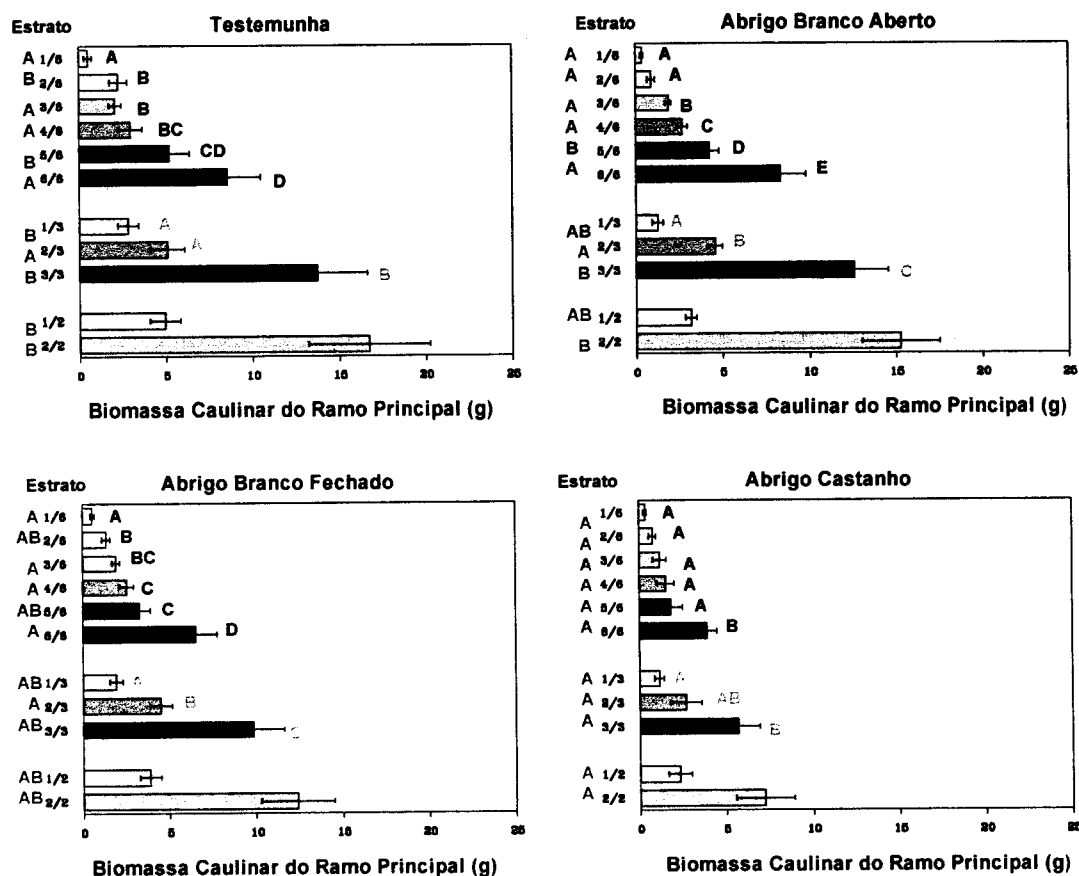


Figura 4.45 Distribuição da biomassa caulinar média do ramo principal, expressa em gramas, e respectivo erro padrão em perfis de altura definidos por estratos de 1/6 da altura das plantas e, por agrupamento destes, em estratos correspondentes a 1/3 e 1/2 da altura das plantas Testemunha e abrigadas em Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho, no final do Ensaio 2. Em cada perfil de altura, o cinzento da barra que representa a biomassa média é tanto mais claro quanto maior a altura relativa do estrato. Os estratos do mesmo perfil foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra (interior) os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra (exterior) não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Nos ramos laterais a biomassa caulinar tem uma distribuição vertical com semelhanças evidentes nos vários abrigos em que ostenta uma tendência fusiforme com o máximo localizado no 5º estrato conforme está patente na figura 4.46.

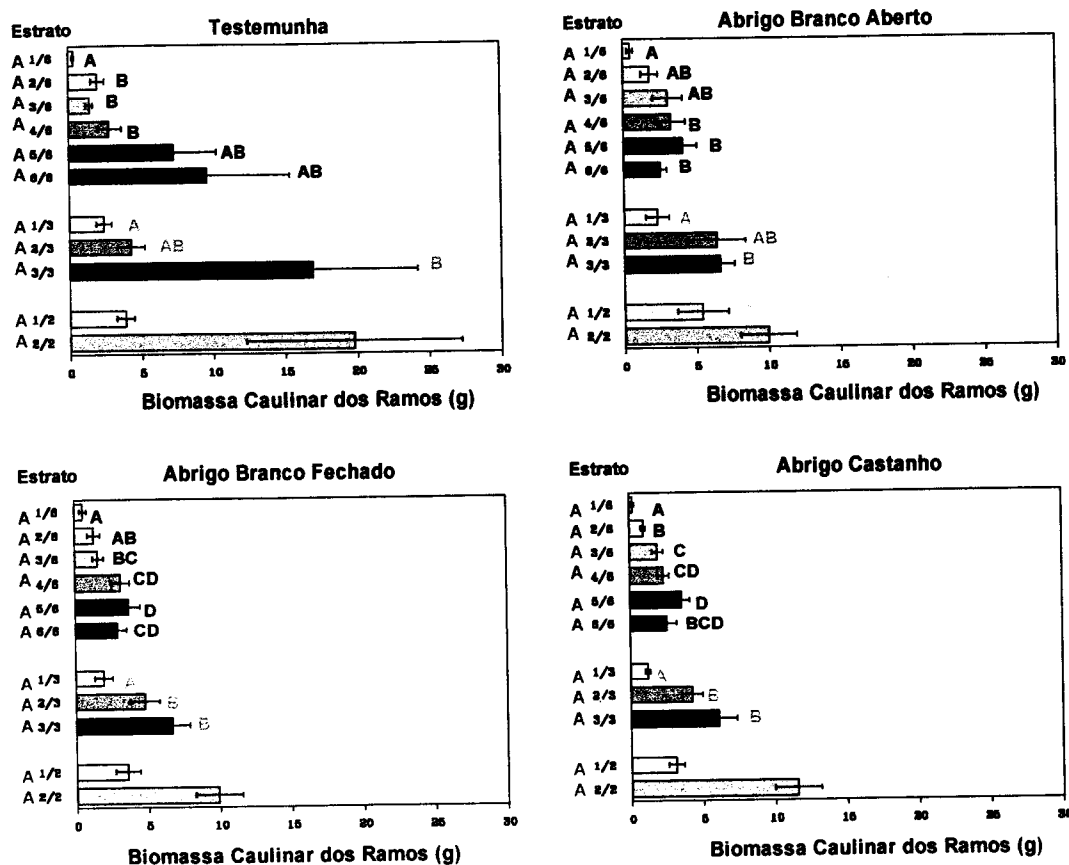


Figura 4.46 Distribuição da biomassa caulinar média dos ramos laterais, expressa em gramas, e respectivo erro padrão em perfis de altura definidos por estratos de 1/6 da altura das plantas e, por agrupamento destes, em estratos correspondentes a 1/3 e 1/2 da altura das plantas Testemunha e abrigadas em Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho, no final do Ensaio 2. Em cada perfil de altura, o cinzento da barra que representa a biomassa média é tanto mais claro quanto maior a altura relativa do estrato. Os estratos do mesmo perfil foram comparados entre si, assinalando-se com a mesma letra (interior) os que não diferem significativamente. Estratos assinalados com a mesma letra (exterior) não diferem significativamente entre tratamentos ($P > 0.05$).

Verifica-se, em todos os abrigos um aumento da biomassa caulinar pertencente a ramos laterais desde o andar superior até ao 5º estrato onde se concentra a maior

fracção da biomassa caulinar dos ramos laterais com o 3º e 4º estratos detendo também fracções importantes da biomassa que decresce no 6º estrato.

Na Testemunha há uma grande variabilidade associada à biomassa caulinar dos ramos no terço inferior da planta mas em média é a sexta fracção a de maior importância na partição daquela na Testemunha havendo além disso, em média, uma grande concentração da biomassa caulinar dos ramos no terço inferior das plantas que não tem paralelo nas plantas dos abrigos.

A Biomassa Caulinar dos Ramos é o único parâmetro individualizado na biomassa final em que não se regista qualquer variação significativa na comparação entre tratamentos.

4.3.6. Razão de área foliar

Com base nos dados obtidos de área foliar e biomassa no final do Ensaio 2 calcularam-se os valor da razão de área foliar para cada um dos tratamentos. Na figura abaixo resumem-se os resultados da análise.

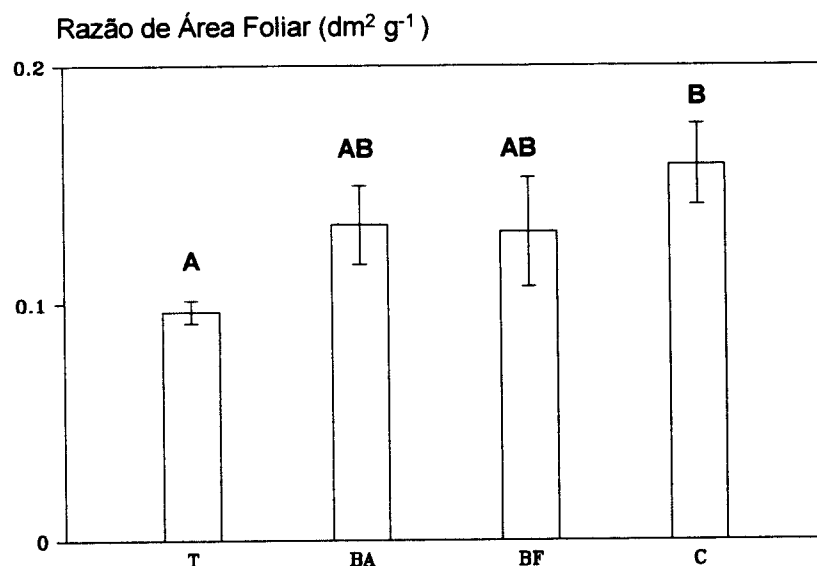


Figura 4.49 Razão de Área Foliar média e erro padrão, expressos em decímetros quadrados de área foliar por gramas de peso seco nos tratamentos T, BA BF e C respectivamente Testemunha e Abrigos Branco Aberto, Branco Fechado e Castanho no final do Ensaio 2. Tratamentos assinalados com a mesma letra não diferem significativamente entre si ($P > 0.05$).

A Razão de Área Foliar, abreviadamente LAR (Leaf Area Ratio) é dada pela razão entre a área foliar total de uma planta e o seu peso seco total sendo um índice de caracterização do crescimento vegetal em que se evidencia a relação entre parte fotossintética activa e o resto da planta.

A Razão de Área Foliar no final do Ensaio 2 difere de forma significativa entre a Testemunha onde assume o menor valor e o Abrigo Castanho onde assume o maior valor. Nos Abrigos Brancos a LAR apresenta valores intermédios que não diferem significativamente entre si nem dos restantes tratamentos. Daqui poderá concluir-se que o emprego do Abrigo Castanho "obriga" claramente as plantas nele instaladas a uma maior expansão foliar relativa, com uma maior produção de área foliar por unidade de biomassa produzida do que a das plantas colocadas no exterior. Porém, o emprego de Abrigos Brancos também contribuir, embora de forma muito mais atenuada, para uma maior produção relativa de área foliar, particularmente no Abrigo Branco Fechado.

A Razão de Área foliar pode ser decomposta noutros índices que também se analisaram utilizando parâmetros obtidos no final do Ensaio 2, nomeadamente a Área Foliar Específica, abreviadamente SLA (Specific Leaf Area) e na Razão de Peso Foliar, abreviadamente LWR (Leaf Weight Ratio) (Evans, 1972, Hunt, 1978) segundo a fórmula:

$$LAR = LWR \times SLA$$

onde

$$\frac{LA}{W} = \frac{Lw}{W} \times \frac{LA}{Lw}$$

em que LA é a área foliar total da planta, Lw a biomassa foliar e W a biomassa total da planta ou plantas.

A variação da LAR entre tratamentos é semelhante à variação da SLA (ponto 4.3.4.) o que nos indica que o aumento da área foliar por unidade de biomassa da planta se pode explicar em parte pela maior área foliar produzida por unidade de biomassa foliar. A variação observada na SLA indica-nos que as plantas abrigadas têm folhas relativamente mais finas que as Testemunha o que é consentâneo com a redução da luz no interior dos abrigos.

A aumentada Razão de peso foliar encontrada nas plantas abrigadas (ponto

4.3.5.) que revela um maior investimento em biomassa foliar por unidade de biomassa produzida contribuiu igualmente para o aumento da LAR. A variação da Razão de Peso Foliar em plantas em que as folhas são os únicos ou principais órgãos fotossintéticos torna-se importante na medida em que pode esclarecer sobre a taxa de assimilação por unidade de peso seco (Evans, 1972).

Assim, o maior investimento em biomassa foliar e a aumentada relação entre a área e a biomassa foliar traduzem-se num maior investimento em área foliar por unidade de biomassa produzida (maior LAR). Porém, este não é suficiente para aumentar nem sequer para manter, a médio prazo, a área foliar no interior dos abrigos. Nas plantas abrigadas, como se viu, após duas estações de crescimento, a área foliar é reduzida relativamente à Testemunha (diferenças não significativas estatisticamente) para o que não deixará de contribuir a ligeira mas significativa redução da densidade foliar por comprimento de caule produzido nas plantas abrigadas.

As características das plantas abrigadas, com maior área foliar relativa (maior LAR), maior peso foliar relativo (maior LWR), com folhas maiores (no caso dos Abrigos Brancos) e mais finas (maior SLA), parecem responder e adequar-se à variação do ambiente luminoso, sendo também consentâneas a variação da humidade relativa do ar mas não com a variação das temperaturas.

4.4. Conclusões

Os resultados obtidos no Ensaio 2 esclarecem que a produção de biomassa dos jovens sobreiros e portanto a assimilação líquida é globalmente reduzida em todos os abrigos usados. Assim, no interior dos abrigos, as condições gerais de temperatura, humidade (e eventualmente concentração de CO₂), possivelmente mais favoráveis para a fotossíntese e crescimento das plantas não serão suficientes para compensar a importante redução da intensidade da PAR. A médio prazo, as condições no interior dos abrigos não permitem às plantas abrigadas acompanhar o ritmo de produção de folhas da Testemunha. Consequentemente verifica-se uma redução da área foliar nas plantas abrigadas, apesar do seu maior investimento relativo em folhas e área foliar por unidade de biomassa produzida. Esta desvantagem parece incontornável no ambiente de luz reduzida dos abrigos e abre

perspectivas pouco promissoras para a terceira estação de crescimento e seguintes.

A redução da área foliar das plantas abrigadas decorre da inibição da sub-ramificação (produção de R2) durante a segunda estação de crescimento, pois esta condiciona a produção de novas folhas. Assim, em sobreiros jovens, parecem revelar-se como inconciliáveis o estímulo efectivo do crescimento das plantas e a inibição da ramificação.

Apesar da reduzida produção de biomassa as plantas abrigadas, mantiveram um superior crescimento em altura, mas o crescimento radial do tronco foi reduzido. Após duas estações de crescimento já não se encontraram diferenças significativas na razão biomassa aérea/biomassa radicular. Porém, a biomassa radicular foi reduzida nas plantas abrigadas.

Da comparação entre abrigos ressalta que a cor castanha prejudica o crescimento dos sobreiros o que pode atribuir-se à extra-redução da intensidade luminosa provocada pela adição do corante. A presença de orifícios, pelo contrário, beneficiou genericamente o desenvolvimento das plantas, podendo supor-se que pela superior dissipação de calor e aumentado movimento do ar. Torna-se igualmente óbvio que caso se pretenda estimular o crescimento de sobreiros pela utilização de abrigos, estes deverão reduzir menos a intensidade da radiação da PAR do que os aqui usados, conforme permitem supor os resultados obtidos no Abrigo Baixo (capítulo 3).

4.5. Resumo

Para estudar o efeito de abrigos individuais no crescimento de sobreiros jovens instalaram-se quarenta plântulas com cerca de três meses de idade em vasos com 0.5 m de altura, 37 cm de diâmetro e cerca de 50 l de capacidade, preenchidos com uma mistura de terra e areia. Os vasos foram dispostos em quadrado latino, em quatro filas de orientação Este-Oeste e os tratamentos constituídos por três abrigos e testemunha distribuídos aleatoriamente, foram aplicados quando as plantas tinham cerca de 5 meses. O crescimento foi acompanhado por meio de determinações não destrutivas e no final da segunda estação de crescimento, as plantas foram seccionadas por estratos correspondentes a um sexto da sua altura, registada a área foliar para determinação posterior, recuperadas as raízes e determinada a biomassa após secagem a 80 C numa estufa de ventilação forçada.

Todos os abrigos, de polipropileno canelado alveolar, secção quadrada com 8 cm de aresta e 1.2 m de altura, um dispondo de orifícios para arejamento, Branco Aberto, e os outros não, Branco Fechado e Castanho, estimularam o crescimento em altura dos jovens sobreiros. O estímulo foi mais acentuado na primeira estação de crescimento do que na segunda em que desapareceram as diferenças entre os abrigos observadas inicialmente. O aumento do diâmetro do colo foi reduzido em

todos os abrigos e o afinilamento do tronco nos abrigos fechados mas não no arejado o que sugere que o movimento do ar possa ser efectivamente aumentado no interior do Abrigo Branco Aberto devido à presença de orifícios de arejamento.

Durante a primeira estação de crescimento o número de ramos produzidos, é aumentada nos abrigos Brancos, em especial no Branco Aberto e ligeiramente reduzida no Castanho. Na segunda estação de crescimento a produção global de ramos é reduzida em todos os abrigos. A produção de ramos a partir do ramo principal foi estimulada nos Abrigos Brancos, especialmente no Fechado, e a sub-ramificação inibida em todos os abrigos durante a segunda estação de crescimento sugerindo a redução dos fotoassimilados disponíveis para sustentar o crescimento nas plantas abrigadas.

O comprimento total da ramificação e comprimento médio dos ramos não são, no entanto, significativamente alterados pelos tratamentos. Já o mesmo não sucede com o número de folhas dos ramos e total que são reduzidos pelos abrigos, registando-se um aumento ligeiro mas significativo da densidade foliar no ramo principal no Abrigo Branco Aberto relativamente aos outros tratamentos e uma redução também ligeira mas significativa da densidade foliar nos ramos em todos os Abrigos relativamente à Testemunha.

O comprimento e largura do limbo das folhas não se alteram no Abrigo Castanho mas aumentam nos abrigos Brancos, especialmente no Aberto, onde também se observa um alongamento do limbo, o que parece estar relacionado com os ambientes mais húmidos criados nestes abrigos comparativamente com o Castanho e com uma eventual maior movimentação do ar no caso do abrigo Aberto.

Apesar das diferenças não serem estatisticamente significativas, a área foliar das plantas é reduzida nas plantas abrigadas o que poderá constituir uma séria desvantagem no ambiente de luz reduzida no interior dos abrigos. A redução do número de folhas dos ramos na plantas abrigadas é responsável pela redução da área foliar pelo que a sub-ramificação se afigura como um factor chave no desenvolvimento do sobreiro, não parecendo concebível um estímulo do crescimento desta espécie que envolva a inibição da formação de ramos.

Embora a área foliar seja menor nas plantas abrigadas, nestas é superior o investimento relativo em folhas (maior Razão de Peso Foliar), a área foliar produzida por unidade de biomassa foliar (maior Área Foliar Específica) e a área foliar produzida por unidade de biomassa total (maior Razão de Área Foliar), mostrando a capacidade dos jovens sobreiros abrigados para se adaptarem a um ambiente de luz reduzida e elevada humidade relativa.

A biomassa total é menor em todos os abrigos que na Testemunha embora só sejam significativas as diferenças entre o Abrigo Castanho e os outros tratamentos. A biomassa radicular é reduzida em todos os abrigos mas não há diferenças na razão biomassa aérea/biomassa radicular. A ordenação dos tratamentos por ordem decrescente de biomassa é: Testemunha, Abrigo Branco Aberto, Abrigo Branco Fechado e Abrigo Castanho que tende a observar-se a todos os níveis. Assim, verifica-se que a presença da cor castanha prejudica o crescimento das plantas pela redução extra da intensidade luminosa que implica a adição de corante mas a presença de orifícios beneficiou o microclima do abrigo e o crescimento dos jovens sobreiros nas condições do ensaio.

Estes resultados indicam uma redução da taxa de assimilação líquida global no interior dos abrigos que se explica pela redução da intensidade da PAR e que as condições teoricamente mais favoráveis de temperatura, humidade relativa (e eventualmente concentração de CO₂) não terão compensado.

5. Ensaio de campo	227
5.1. Introdução	229
5.2. Materiais e métodos	229
5.2.1. Caracterização do local do ensaio	229
5.2.2. Produção de plantas em viveiro e plantação	239
5.2.3. Delineamento experimental	240
5.2.4. Determinações efectuadas e análise numérica dos dados	242
5.3. Resultados e discussão	244
5.3.1. Altura	245
5.3.2. Diâmetro do colo	254
5.3.3. Relação entre o diâmetro do colo e a altura	264
5.3.4. Diâmetro à altura do peito	267
5.3.5. Número de plantas com DAP	274
5.3.6. Relação entre o DAP a altura e o diâmetro do colo	276
5.3.7. Índice de cobertura de cortiça	280
5.3.8. Caracterização e agrupamento dos indivíduos	285
5.3.9. Mortalidade	291
5.3.10. Relação entre a mortalidade, o tempo, os tratamentos e os blocos	301
5.4 Conclusões	308
5.5. Resumo	309

5. Ensaio de campo

5.1. Introdução

Em Abril de 1988 procedeu-se à instalação de um ensaio de campo, na Herdade Experimental da Mitra, Universidade de Évora. Este ensaio realizou-se no âmbito do projecto JNICT nº 87.86.128 sendo o delineamento experimental, bem como a produção das plântulas em viveiro e acompanhamento do ensaio e crescimento das plantas durante os três primeiros anos da responsabilidade do Engº José Tomé sob a orientação do Professor João Santos Pereira ambos do Departamento de Engenharia Florestal do Instituto Superior de Agromomia.

Com o ensaio de campo pretendia-se avaliar o efeito de diferentes tipos de substrato e contentor utilizados na produção das plantas em viveiro, a partir de lande, sobre o seu desenvolvimento posterior e sobrevivência bem como as potencialidades de dois tipos de abrigo individual no estímulo do crescimento em altura durante a fase juvenil de desenvolvimento do sobreiro.

5.2. Materiais e métodos

5.2.1. Caracterização do local do ensaio

A Herdade Experimental da Mitra, onde decorreu o ensaio situa-se, conforme se referiu anteriormente (ponto 2.2.2.1.), na Freguesia de N.ª Sr.ª da Tourega, Concelho e Distrito de Évora, sensivelmente a 38º 32' latitude Norte e 8º 01' longitude Oeste e a uma

distância de aproximadamente 9.6 Km, em linha recta, a Sudoeste da cidade de Évora (IGC, 1977). A área em que se insere é dominada por montados, predominantemente de azinheira.

O local seleccionado para a instalação do ensaio, uma encosta suave virada a Oeste, situada na margem esquerda da Ribeira de Valverde, sobranceira a esta, foi escolhido por se encontrar relativamente próximo de instalações e infra-estruturas da Universidade de Évora, ser de fácil acesso para pessoas e máquinas, por se encontrar na continuidade física da maior mancha de sobreiros da herdade apresentando características edáficas apropriadas para o sobreiro sendo além disso a única área disponível na altura com dimensão suficiente para instalar o número pretendido de plantas sem interferir com outros ensaios em curso ou ser por eles afectado.

Seleccionou-se, uma zona aberta, com vegetação herbácea rasteira com predomínio de gramíneas e utilizada até aí como pastagem natural. Esta área, com cerca de 1.5 ha, foi vedada com arame farpado para impedir a intromissão de gado bovino, ovino e caprino que transita na zona.

Um caminho de terra batida ladeado por eucaliptos situa-se uns metros mais acima, na encosta, separando a área vedada do povoamento de sobreiros atrás referido. A presença destes eucaliptos, que não foi possível evitar, introduziu condições ambientais no ensaio que não estavam previstas à partida nomeadamente o ensombramento de grande parte das parcelas até final do ano de 1995.

A possibilidade de ter ocorrido alguma competição radicular entre os eucaliptos e os sobreiros apresenta-se-nos relativamente remota (os eucaliptos encontravam-se a largas dezenas de metros das plantas mais próximas) e o efeito da queda de algum material como folhas, ramos e casca que ao longo dos anos foram surgindo no terreno, presumivelmente arremessados pelo vento, só poderá ter tido uma influência muito limitada. Neste último caso, e tendo em conta as dimensões de alguns dos fragmentos, não é, no entanto de rejeitar a hipótese de alguma mortalidade ou danos físicos nas plantas mais próximas poder estar associada à queda deste material, particularmente durante a fase inicial de desenvolvimento das plantas.

Mas, como se disse, terá sido sobretudo ao nível da interceptação da radiação solar que a presença destas árvores afectou o ensaio. Com efeito, dispostas numa dupla fila, projectavam uma sombra relativamente densa sobre a área em que ficou instalado o ensaio. Durante os primeiros minutos da manhã esta sombra prolongava-se por uma extensão razoável deixando de fora apenas algumas das plantas mais distantes. À medida que o sol vai ganhando altura a sombra projectada na área do ensaio vai recuando gradualmente, mas só no fim da manhã, já próximo do meio-dia solar, é que as plantas localizadas mais acima começam a receber radiação solar directa, sofrendo uma transição

sombra-sol que pode ser bastante brusca particularmente no Verão. Assim enquanto num dos extremos do campo experimental algumas plantas não chegam a ser afectadas e outras são ensombradas poucos minutos ao alvorecer, no extremo mais próximo dos eucaliptos, as plantas são ensombradas durante algumas horas recebendo bruscamente a radiação solar directa quando esta se encontra perto da sua intensidade máxima.

Na figura 5.1 apresenta-se um mapa da Herdade da Mitra no qual se localiza a área vedada e os espaços circundantes que acima se descreveram e nas figuras 5.2 a 5.4 fotografias dos mesmos locais.

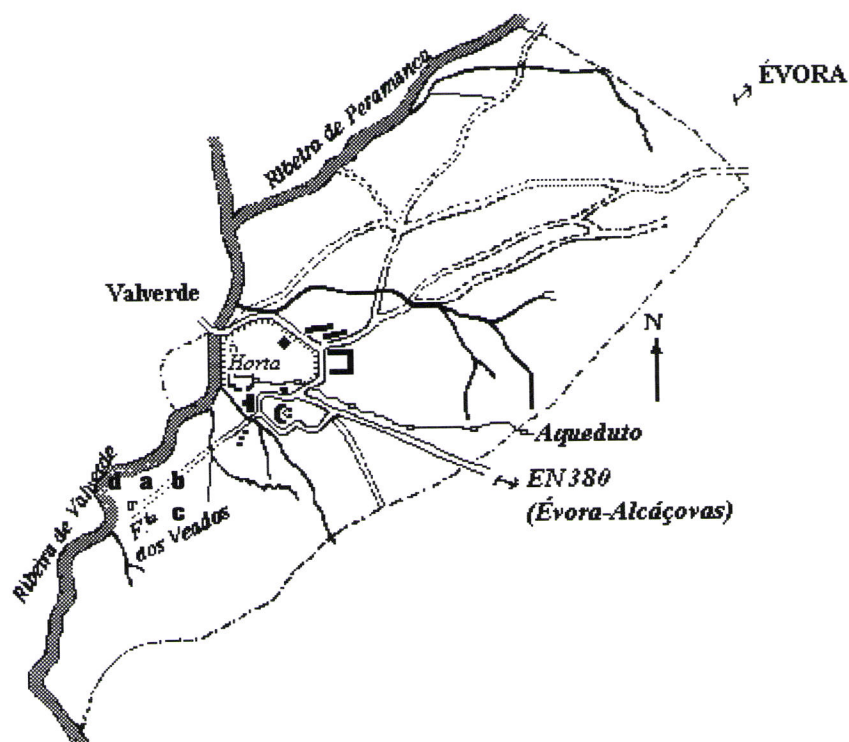


Figura 5.1 Mapa da Herdade da Mitra na escala 1:25 000, assinalando-se **a** a área vedada, **b** o caminho de terra batida ladeado de eucaliptos, **c** a encosta com sobreiros e **d** a área acidentada e cheia de matos localizada abaixo. Pode ainda observar-se a localização da Ribeira de Valverde, Fonte dos Veados e da Horta onde decorreram os ensaios com plantas envasadas.

O solo em que foi instalado o ensaio e que servia há décadas como pastagem natural é na sua maior parte um solo litólico de dioritos ou quartzo-dioritos. Na zona mais baixa do ensaio, onde o declive se acentua, encontramos um litossolo com afloramentos rochosos formado sobre a mesma rocha-mãe (Carta de Solos da Herdade da Mitra, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, 1977).

As características do solo, especialmente quanto ao arejamento, permeabilidade e capacidade de infiltração são fundamentais para o estabelecimento do sobreiro, sendo os solos litólicos não húmicos considerados de aptidão elevada ou muito elevada para a subericultura. Já os litossolos, dada a sua reduzida espessura rápido escoamento e risco de erosão são considerados de aptidão suberícola mediana ou baixa (Diniz, 1994, 1995)



Figura 5.2 Aspecto parcial do ensaio em Maio de 1991, 3 anos após a plantação, podendo ver-se os dois tipos de abrigos usados, já ultrapassados nalguns casos pelas plantas abrigadas e plantas testemunha que não receberam abrigo.

Na tabela 5.1 apresentam-se os resultados de uma análise de solo em amostras de terra recolhidas à data da plantação no local do ensaio.

	0-20 cm	20-50 cm
Textura	g, Grosseira	g, grosseira
pH(H ₂ O)	6.1, solo pouco ácido	6.4, solo pouco ácido
Fósforo (P ₂ O ₅)	5 ppm, muito baixo	7 ppm, muito baixo
Azoto (NO ₃)	2 ppm	1 ppm
Potássio (K ₂ O)	50 ppm, médio	69 ppm, médio
NEC.CAL (CaCO ₃)	0 0 t/ ha	0 t/ ha
Cálcio (Ca)	6.10 meq/ 100g	4.30 meq/ 100g
Magnésio (Mg)	0.60 meq/ 100 g	0.60 meq/ 100g

Tabela 5.1 Características de amostras de terra recolhidas no local do ensaio a aproximadamente a 20 e 50 cm de profundidade. Análise do Laboratório Químico-Agrícola da Universidade de Évora.



Figura 5.3 Aspectos da área circundante do ensaio. Em cima, um aspecto da encosta com sobreiros, situada acima e a Este do campo de ensaio. Em baixo, dois aspectos do caminho de terra batida contíguo, a Este, com a vedação. Na imagem do meio são visíveis, a partir do campo de ensaio, os eucaliptos que ladeavam o caminho, tal como se apresentavam em Abril de 1994. Em baixo um aspecto do mesmo caminho em Dezembro de 1995, após o corte recém-effectuado dos eucaliptos.

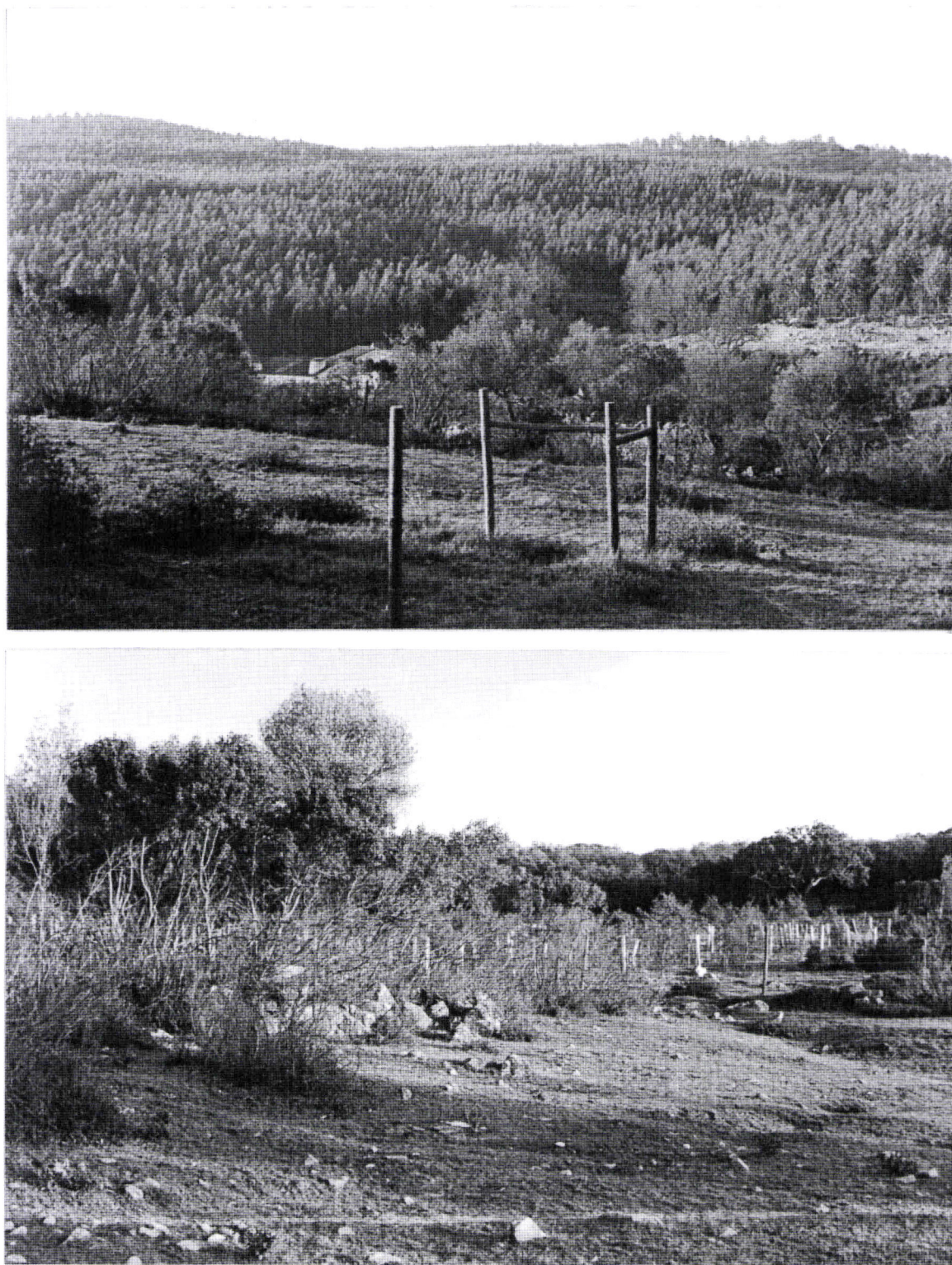


Figura 5.4 Aspectos da área circundante do ensaio. Em cima, é visível um dos extremos da vedação do campo a partir da encosta situada abaixo, podendo notar-se que o declive se acentua. A Ribeira de Valverde, oculta, corre na base desta encosta, podendo ver-se na sua margem direita os contrafortes da Serra Pedrosa cobertos por um eucaliptal instalado em 1992. Em baixo, outro aspecto dos terrenos pedregosos situados imediatamente abaixo do campo de ensaio.



Figura 5.5 Aspectos da Fonte dos Veados, que dá o nome ao local do ensaio.

5.2.2. Produção de plantas em viveiro e plantação

As plantas foram produzidas a partir de lande do ano de 1987, produção de Novembro/Dezembro, colhida na Herdade da Chamusca, Concelho de Mora, seleccionada pelos serviços da Direcção Florestal de Évora, considerando critérios de pureza e extensão dos povoamentos e boa qualidade da cortiça.

A lande foi posta a germinar ainda em Dezembro de 1987, tendo as plântulas crescido no interior de uma estufa-viveiro na Tapada da Ajuda, Lisboa. Usaram-se dois tipos diferentes de substrato colocados em três contentores distintos, **a)** um vaso rígido de secção circular, sensivelmente cilíndrico em plástico negro - que designaremos por Vaso - com 10 cm de altura e 9.5 cm de diâmetro dispondo de quatro orifícios circulares na base, para escoamento, cada um dos quais com 1 cm de diâmetro; **b)** o mesmo vaso revestido interiormente por carbonato cúprico que designaremos abreviadamente por CaCu e **c)** sacos cilíndricos confeccionados em tecido tipo Melfert com cerca de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro incluídos para sustentação num suporte de plástico rígido branco, aberto de um dos lados com uma fenda longitudinal a toda a altura e com uma base destacável dispondo de cinco orifícios de escoamento - contentor este que designaremos por Melfert. Supostamente o contentor CaCu e o contentor Melfert actuam produzindo uma poda radicular por inibição do crescimento das raízes ao entrarem em contacto com o carbonato cúprico ou com o ar.

Como substratos usaram-se **a)** uma mistura 7:3 (v:v) de terra proveniente de viveiro (Emporsil, Cariceira, Tramagal, Abrantes) cujas características constam da tabela 3.1 (capítulo 3) e turfa a que foi aplicada uma adubação com super fosfato (18%), 1100 g /m³ e que designaremos como Terra e **b)** uma mistura 7:3 (v:v) de casca de pinheiro moída e vermiculite a que chamaremos Casca.

Assim da combinação dos três contentores e dos dois substratos resultaram, como já referido, seis tratamentos radiculares que referiremos de forma abreviada como Vaso/Terra, Vaso/Casca, CaCu/Terra, CaCu/Casca, Melfert/Terra, e Melfert/Casca.

No final do mês de Março de 1988 as plantas foram transferidas para o exterior do viveiro e colocadas numa zona relativamente sombria na sua proximidade para aclimação às condições de ar livre. Aí permaneceram até serem transportadas para o campo experimental em finais do mês de Abril. O terreno de cerca de 1.5 ha

onde foi instalado o ensaio foi cercado por uma vedação de arme farpado, e sujeito a uma gradagem com grade de discos e ripagem a 50 cm de profundidade dois dias antes da plantação que se efectuou a 28 de Abril de 1988, segundo o delineamento experimental. As plantas foram abundantemente regadas imediatamente antes da plantação, colocadas em covachos abertos na altura sobre as linhas de ripagem e enterradas de forma a deixar cerca de 2 cm de tronco debaixo da terra.

No seguinte, dia 29 de Abril, colocaram-se os abrigos, utilizando-se como suporte estacas de madeira tratada enterradas profundamente no solo aproveitando a facilidade concedida pela mobilização recente do terreno. As estacas colocaram-se sempre a Norte das plantas abrigadas ficando sensivelmente da mesma altura do abrigo a que serviriam de suporte. Segundo o delineamento experimental, foram colocados dois diferentes abrigos individuais que designaremos abreviadamente como Abrigo Baixo e Abrigo Alto e cuja descrição foi feita anteriormente (ponto 2.2.1.).

5.2.3. Delineamento experimental

A área do ensaio foi dividida em dois blocos, iniciando-se a plantação a partir da zona mais afastada dos eucaliptos onde se localizou o Bloco 1. Cada bloco foi dividido em 18 unidades experimentais, ou parcelas contíguas, de 20 plantas cada, dispostas em duas linhas com 10 plantas. As linhas de plantação orientaram-se segundo as curvas de nível (sentido Norte-Sul), sendo a distância entre as plantas na linha de aproximadamente 2 m. A distância entre linhas foi de aproximadamente 1.5 m. Optou-se por deixar esta distância porque se pretendia aproveitar as linhas de ripagem para colocar as plântulas tendo-se adoptado uma organização em quadrado latino que maximiza o espaço disponível para cada planta.

Cada uma das unidades experimentais do mesmo bloco recebeu um tratamento diferente, resultando os dezoito tratamentos aplicados da combinação dos seis tratamentos radiculares recebidos no viveiro (contentor/substrato) com as três modalidades de abrigo aplicadas logo após a plantação (Abrigo Alto, Abrigo Baixo e Sem Abrigo). Na figura 5.9 apresenta-se um esquema do ensaio mostrando a disposição espacial dos tratamentos, completamente casualizada em cada Bloco. A numeração das unidades experimentais, que se apresenta segue uma lógica espacial para facilitar os trabalhos.

1. Abrigo Baixo / CaCu / Casca	19. Abrigo Baixo / Melfert / Terra
2. Sem Abrigo / Vaso / Casca	20. Abrigo Alto / Vaso / Casca
3. Abrigo Alto / Vaso / Terra	21. Sem Abrigo / Melfert / Terra
4. Abrigo Baixo / CaCu / Terra	22. Abrigo Alto / Melfert / Casca
5. Sem Abrigo / CaCu / Casca	23. Abrigo Alto / CaCu / Terra
6. Sem Abrigo / Melfert / Casca	24. Abrigo Alto / Melfert / Terra
7. Abrigo Baixo / Vaso / Terra	25. Sem Abrigo / CaCu / Terra
8. Abrigo Baixo / Vaso / Casca	26. Abrigo Alto / CaCu / Casca
9. Sem Abrigo / Vaso / Terra	27. Abrigo Baixo / Melfert / Casca
10. Abrigo Baixo / CaCu / Casca	28. Abrigo Baixo / Melfert / Terra
11. Abrigo Baixo / Vaso / Casca	29. Sem Abrigo / Melfert / Casca
12. Abrigo Baixo / CaCu / Terra	30. Abrigo Baixo / Melfert / Casca
13. Abrigo Alto / Vaso / Casca	31. Abrigo Alto / Vaso / Terra
14. Sem Abrigo / CaCu / Terra	32. Sem Abrigo / CaCu / Casca
15. Abrigo Alto / CaCu / Terra	33. Abrigo Alto / CaCu / Terra
16. Sem Abrigo / Melfert / Terra	34. Abrigo Alto / Melfert / Casca
17. Sem Abrigo / Melfert / Terra	35. Abrigo Alto / Melfert / Terra
18. Sem Abrigo / Vaso / Casca	36. Abrigo Baixo / Vaso / Terra

Figura 5.9 Esquema do ensaio instalado junto à Fonte do Veados, mostrando a disposição espacial das unidades experimentais, resultante de uma distribuição casualizada dos tratamentos em cada Bloco. A dupla barra delimita os dois Blocos do ensaio com o Bloco 2 em cima. Escala : 1/300.

5.2.4. Determinações efectuadas e análise numérica dos dados

Foram efectuadas determinações da altura, diâmetro do colo e diâmetro à altura do peito (DAP) aproximadamente sete anos após a plantação, em todas as plantas cuja parte aérea mostrava sinais de vida, entre 11 de Maio e 7 de Junho de 1995.

A altura foi medida na vertical desde a base da planta até à sua parte mais elevada, ramo ou folha, com uma fita métrica metálica, graduada em milímetros. O diâmetro do tronco foi determinado com uma craveira Tajima com precisão de 0.05 mm, 2 cm acima da zona de contacto do tronco com o solo tomando-se esta medida como uma estimativa do diâmetro do colo. Entendeu-se ser preferível esta a uma medida tirada exactamente na zona de contacto com o solo dada a frequência com que surgem saliências e irregularidades nesta última resultando em alargamentos geralmente muito localizados relativamente ao resto do tronco. O diâmetro à altura do peito foi determinado com a mesma craveira, sempre que o desenvolvimento da planta o permitia, a 1.20 m de altura.

O número de plantas vivas e mortas em cada unidade experimental foi contado em 13 de Maio de 1991, em 20 de Abril de 1992 e entre 11 de Maio e 7 de Junho de 1995.

Cabe aqui referir que durante os primeiros seis anos da plantação o acompanhamento do ensaio esteve a cargo do Eng^o José Tomé que acompanhou regularmente a mortalidade por parcela e o desenvolvimento das plantas por meio de determinações regulares da altura e diâmetro do colo em seis plantas casualizadas por parcela. Estas medidas foram complementadas com determinações do número de folhas de ramos, seu comprimento e diâmetro em 3 plantas de seis parcelas (duas de cada modalidade de Abrigo tendo recebido todas o mesmo tratamento radicular), seleccionadas aleatoriamente não estando ainda os resultados publicados.

Os dados por nós recolhidos foram analisados considerando os vários parâmetros separadamente e em conjunto. Para as análises efectuadas excluindo a da mortalidade só se consideraram as plantas que estiverem efectivamente sujeitas aos tratamentos aplicados não se considerando assim um número ainda substancial de plantas que "fugiram" dos abrigos aplicados e assim do tratamento. Com efeito, quando foram aplicados os abrigos verificou-se, em certos casos, que a parte aérea

creceu totalmente ou na sua maior parte fora da influência deste. Sempre que isto se verificou entendeu-se não considerar as plantas em causa na avaliação dos efeitos do tratamento aplicado uma vez que a influência do abrigo no desenvolvimento destas plantas se processou de uma forma muito diferente da pretendida. Estas "fugas" deram-se basicamente em três circunstâncias distintas. A mais radical (1) surge quando a parte aérea seca completamente no interior do abrigo e a planta torna a rebentar no exterior. Noutros casos (2) o abrigo terá ficado mal colocado, deixando no exterior um ou mais ramos que se desenvolveram mais que os do interior o que pode ter acontecido logo de início, a seguir à plantação, ou posteriormente numa das muitas ocasiões em que o abrigo foi recolocado após ter tombado por efeito do vento, de animais, da degradação dos atilhos e possivelmente de outras causas não identificadas. Noutros casos ainda (3), foi a própria planta que ao crescer encontrou uma saída mais rápida do que a proporcionada pela abertura no topo do abrigo, tendo-se desenvolvido sobretudo no exterior.

No caso do Abrigo Baixo, muitas plantas penetraram através de um dos orifícios laterais que o abrigo apresenta (para introdução de atilhos de ligação ao suporte), tendo-se desenvolvido por aí, acabando por romper o abrigo evitando assim, em grande medida, a sua influência. No caso do Abrigo Alto a via de "fuga" encontrada pelas plantas foi a costura longitudinal do abrigo.

Realizaram-se ANOVA's encadeadas para análise dos dados de altura, diâmetro do colo, DAP e proporção de cobertura do tronco com cortiça as quais foram precedidas por transformações de Box-Cox (Box e Cox, 1964, 1982) para normalização dos dados e homogeneização de variâncias. As estimativas de λ da família de transformações de Box-Cox foram determinados com dupla precisão a partir de um programa corrido em GW-BASIC escrito para o efeito. Para as ANOVA's utilizou-se o módulo NESTAN de BIOMpc (Rohlf, 1992), considerando como nível 1 os blocos e nível 2 os tratamentos. Os resultados foram interpretados segundo os critérios descritos em Sokal e Rohlf (1981,1995). A análise dos dados foi complementada, para cada parâmetro com 144 comparações entre unidades experimentais que apenas diferiam num dos tratamentos aplicados (Bloco, Abrigo, Contentor/Substrato, Contentor ou Substrato) realizadas através de testes t de Student. Sempre que não se encontraram diferenças significativas

entre as unidades experimentais que receberam o mesmo tratamento nos dois blocos do ensaio, foram estas agrupadas e comparadas com outros grupos formados da mesma forma de que diferiam apenas num dos tratamentos aplicados (Abrigo, Contendor/Substrato, Contendor ou Substrato) perfazendo no máximo 121 comparações, realizadas igualmente por meio de testes *t* de Student. A probabilidade de erro tipo I para rejeição da ou das hipóteses nulas foi $\alpha = 005$.

Estudaram-se as relações entre o Diâmetro do Colo e a Altura e entre o DAP, o Diâmetro do Colo e a Altura através de análises de regressão considerando os tratamentos aplicados como variáveis mudas. Seguiram-se de forma genérica os procedimentos descritos por Draper e Smith (1981).

Estudou-se o conjunto das plantas descritas pela altura, diâmetro do colo, DAP e proporção de cobertura de cortiça através de uma análise em componentes principais (ACP) com base na matriz de correlação das variáveis utilizando o procedimento de SPAD (Lebart e Morineu, 1985). A ACP foi precedida sempre que necessário pela normalização da distribuição das variáveis descritoras através de transformações da família de Box-Cox, tendo-se utilizado o módulo BASTAT de BIOMpc (Rohlf, 1992) para determinar a necessidade de transformação e o valor ou valores de λ necessários para normalizar as variáveis. A ACP foi seguida de classificação ascendente hierárquica segundo o método dos vizinhos recíprocos (Lebart *et al.*, 1984) com consolidação da partição em centros móveis usando os procedimentos de SPAD (Lebart e Morineu, 1985).

Os dados de mortalidade, expressos em proporção do número de plantas inicial, foram sujeitos a uma análise de regressão considerando o tempo decorrido após a plantação, os tratamentos e os blocos. Seguiu-se o procedimento descrito em Draper e Smith (1981). A análise de regressão foi precedida pela transformação logarítmica dos dados, tendo-se considerado o tempo sujeito e não sujeito a essa transformação.

5.3. Resultados e Discussão

Dado o delineamento experimental e a estrutura dos dados optou-se por analisar os parâmetros medidos, primeiro em separado e posteriormente em conjunto.

5.3.1. Altura

Na Tabela 5.2 apresentam-se sumarizados os dados de altura, expressos em milímetros, medidos sete anos após a plantação.

Parcela	Bloco	Abrigo	Substrato	Contentor	Altura média (mm)	Erro Padrão (mm)	Altura máxima (mm)	Altura mínima (mm)	n
1	2	Baixo	Casca	Vaso	1264.18	81.61	1634	907	11
2	2	Nulo	Casca	Vaso	1208.00	104.11	1812	571	16
3	2	Alto	Terra	Vaso	1592.17	101.75	2011	670	12
4	2	Baixo	Terra	CaCu	1192.31	54.40	1475	922	13
5	2	Nulo	Casca	CaCu	1145.76	75.25	1791	663	17
6	2	Nulo	Casca	Melfert	1058.68	86.52	1736	516	19
7	2	Baixo	Terra	Vaso	1272.85	86.55	1681	742	13
8	2	Baixo	Casca	CaCu	1595.23	160.51	2654	684	13
9	2	Nulo	Terra	Vaso	1105.11	107.30	1778	465	18
10	1	Baixo	Casca	CaCu	1297.64	77.96	1756	835	14
11	1	Baixo	Casca	Vaso	1273.20	164.953	1873	199	10
12	1	Baixo	Terra	CaCu	1331.57	110.10	2446	907	14
13	1	Alto	Casca	Vaso	1718.44	86.98	2642	511	16
14	1	Nulo	Terra	CaCu	1401.27	198.28	2317	602	11
15	1	Alto	Casca	CaCu	1763.17	124.32	2722	1007	12
16	1	Nulo	Terra	Melfert	1327.94	160.56	2799	137	17
17	1	Nulo	Terra	Vaso	1335.05	90.80	2300	594	20
18	1	Nulo	Casca	Vaso	1315.53	124.28	2178	637	15
19	2	Baixo	Terra	Melfert	1155.74	111.60	2072	510	14
20	2	Alto	Casca	Vaso	1607.69	64.72	2142	447	13
21	2	Nulo	Terra	Melfert	1226.79	142.37	2369	547	14
22	2	Alto	Casca	Melfert	1511.20	157.25	2167	837	10
23	2	Alto	Terra	CaCu	1534.78	70.62	2136	1183	14
24	2	Alto	Terra	Melfert	1766.00	80.73	2365	1466	10
25	2	Nulo	Terra	CaCu	1133.42	113.99	1571	511	12
26	2	Alto	Casca	CaCu	1696.86	132.28	2202	1298	7
27	2	Baixo	Casca	Melfert	1512.92	102.36	2485	1200	13
28	1	Baixo	Terra	Melfert	1534.67	149.26	2085	977	9
29	1	Nulo	Casca	Melfert	1438.82	162.87	2980	687	17
30	1	Baixo	Casca	Melfert	1151.91	118.80	1782	553	11
31	1	Alto	Terra	Vaso	1680.54	107.29	2602	1222	11
32	1	Nulo	Casca	CaCu	1555.00	149.55	2429	521	15
33	1	Alto	Terra	CaCu	1474.00	93.14	2048	953	14
34	1	Alto	Casca	Melfert	1474.00	117.64	2052	538	13
35	1	Alto	Terra	Melfert	1494.25	195.64	1728	912	4
36	1	Baixo	Terra	Vaso	1014.00	131.26	1345	759	4

Tabela 5.2 Altura média, erro padrão e valores máximos e mínimos, expressos em milímetros, bem como o número de dados (n) relativos às diferentes parcelas ou unidades experimentais, indicando-se abreviadamente o respectivo Bloco, modalidade de Abrigo, Substrato e Contentor.

A análise dos dados através de uma ANOVA encadeada, foi precedida por transformação de Box-Cox que não permitiu, no entanto, a normalização dos dados (dados $Y' = Y/1000$). Apesar dos pressupostos da análise não se encontrarem devidamente preenchidos, realizou-se a ANOVA encadeada (dados transformados como $Y'' = [(Y/1000)^\lambda - 1] / \lambda$, sendo $\lambda = 0.83505$), admitindo que este tipo de análise é suficientemente robusto para suportar relativamente bem a não normalidade dos dados. Encontraram-se diferenças significativas entre os Blocos ($P = 0.019$) com o Bloco 1 superior ao Bloco 2 mas não entre os Tratamentos ($P = 0.065$).

Considerando, no entanto, que a probabilidade encontrada para a hipótese de não existirem diferenças significativas entre os tratamentos é relativamente baixa encontrando-se muito próxima do limiar definido e ainda dado que os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias não se encontravam à partida preenchidos julgou-se conveniente prosseguir a análise com testes de comparação de médias seleccionados, procedimento que se optou por adoptar igualmente para os restantes parâmetros. Realizaram-se assim posteriormente, por meio de testes t de Student, 144 comparações (com os dados transformados como $Y' = Y/1000$) entre unidades experimentais que apenas diferiam num dos tratamentos aplicados (Bloco, Abrigo, Contentor/Substrato, Contentor ou Substrato). Estas comparações revelaram que apenas três, entre os dezoito tratamentos resultantes da conjugação das várias modalidades de Abrigo, Contentor e Substrato, apresentam diferenças estatisticamente significativas, entre os Blocos.

Como é patente na figura 5.10 as várias modalidades de Abrigo contrastam na resposta ao factor Bloco. Nas plantas Sem Abrigo verifica-se que qualquer que seja o tratamento radicular aplicado, a altura média é mais elevada no Bloco 1, sendo a altura média de uma planta Sem Abrigo neste bloco superior à do Bloco 2 em cerca de 25 cm. No entanto, as diferenças entre Blocos só são significativas no tratamento radicular CaCu/Casca (3).

Nos tratamentos com Abrigo Baixo, não se regista constância na superioridade de um dos Blocos sobre o outro, sendo a altura média globalmente superior no Bloco 2, embora ligeiramente (cerca de 4 cm). Três dos seis tratamentos radiculares, nomeadamente Vaso/Casca (1), CaCu/Terra (4) e Melfert/Terra (6) têm alturas médias, mais elevadas no Bloco 2, sendo no último caso a diferença estatisticamente significativa.

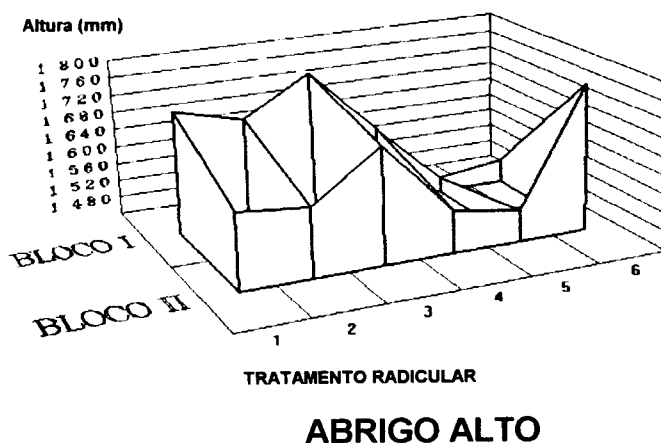
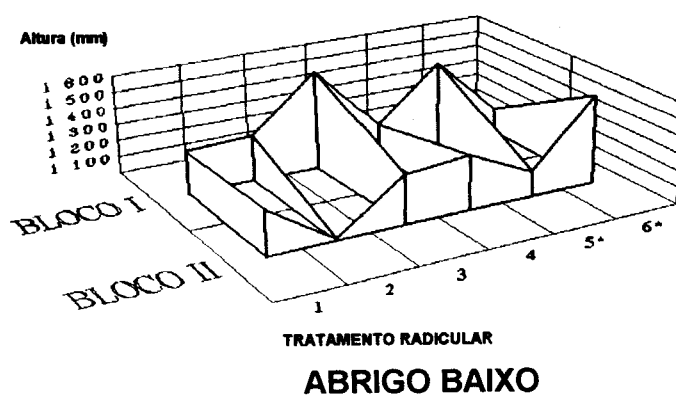
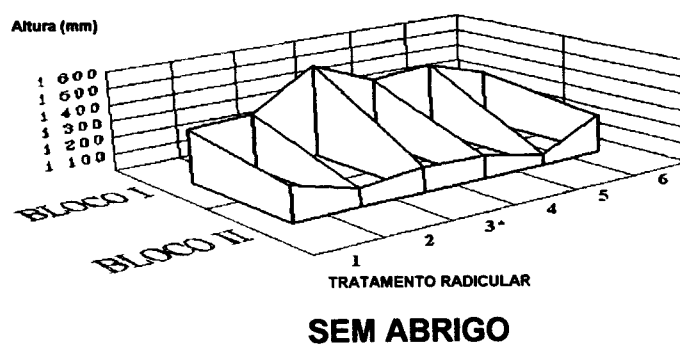


Figura 5.10 Altura média, expressa em milímetros, para as parcelas com tratamentos Sem Abrigo, Abrigo Baixo e Abrigo Alto. O asterisco assinala a existência de diferenças significativas ($P < 0.05$) entre os Blocos para as parcelas com idêntico tratamento radicular: 1- Vaso/Casca, 2- Vaso/Terra, 3- CaCu/Casca, 4- CaCu/Terra, 5- Melfert/Casca, 6- Melfert/Terra.

Ainda em Abrigo Baixo/Melfert/Casca (5) a diferença entre os blocos é significativa, sendo a parcela do Bloco 1 superior à do Bloco 2. Nos dois tratamentos restantes as diferenças entre os blocos são mínimas.

Para os tratamentos de Abrigo Alto as diferenças entre os blocos são muito ténues, havendo apenas uma ligeira vantagem, de cerca de 3.3 cm, na altura média para o conjunto das parcelas do Bloco 1 e ausência de diferenças significativas entre as parcelas cujos tratamentos só diferem no Bloco. Tendo em conta o número de comparações em que se detectaram diferenças significativas entre os Blocos, para $\alpha_C = 0.05$, a probabilidade de se cometer um ou mais erros tipo I no conjunto destas comparações será $\alpha_E = 0.143$ (veja-se Jones, 1984).

Em linhas gerais, as diferenças entre blocos na altura parecem ser consistentes nas plantas Sem Abrigo, apresentando variações de difícil interpretação nas plantas abrigadas. A altura dos jovens sobreiros não abrigados parece tender, a médio prazo, para variar inversamente com grau de ensombramento a que as plantas estão sujeitas. Estes resultados compreendem-se dado que a redução da luz disponível para a fotossíntese levará necessariamente, a médio prazo, a uma redução do crescimento das plantas, embora a curto prazo o crescimento em altura seja estimulado em resposta ao ensombramento.

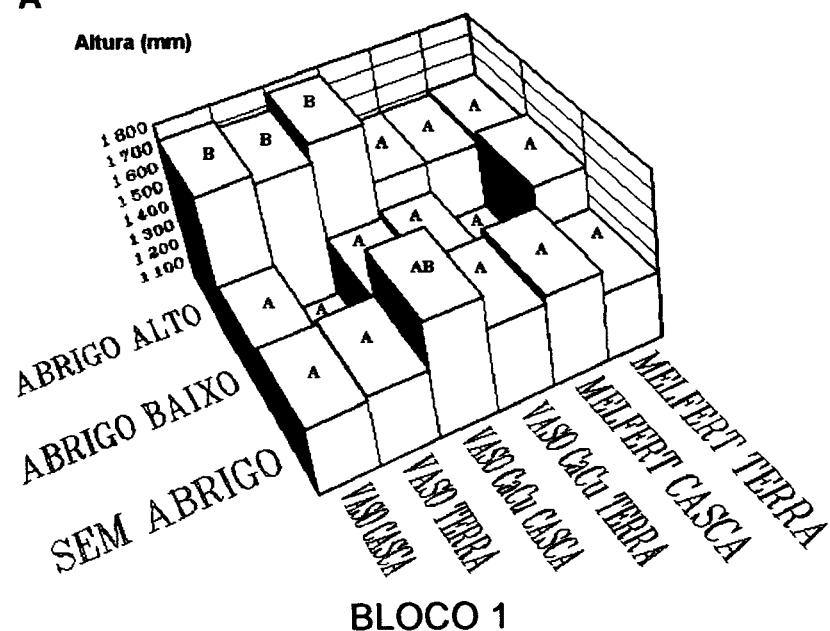
Quando se comparam as unidades experimentais que apenas diferem quanto ao Substrato utilizado (18 comparações) não se encontram, de forma geral diferenças significativas. As únicas exceções são os tratamentos do Bloco 2/Abrigo Baixo de Contentores CaCu e Melfert em que as unidades experimentais de substrato Casca se mostram superiores às de substrato Terra ($\alpha_E = 0.098$).

De forma semelhante, não se encontraram diferenças significativas associadas ao Contentor quando se compararam os tratamentos que apenas diferiam neste aspecto (36 comparações) apenas se registando diferenças significativas entre as unidades experimentais do Bloco 2/Abrigo Alto/Terra de Contentor CaCu (unidade 23) e de Contentor Melfert (unidade 24).

Compararam-se igualmente os tratamentos que apenas diferiam na modalidade de Abrigo sumando-se os resultados na figura 5.11. Constatou-se que as diferenças entre modalidades de Abrigo são mais acentuadas no Bloco 2, mais ensombrado. A atenuação de diferenças no Bloco 1 deve-se a um decréscimo relativo da altura nas unidades experimentais de Abrigo Alto que não diferem significativamente das outras modalidades de abrigo em três dos seis tratamentos

radiculares neste bloco.

A



B

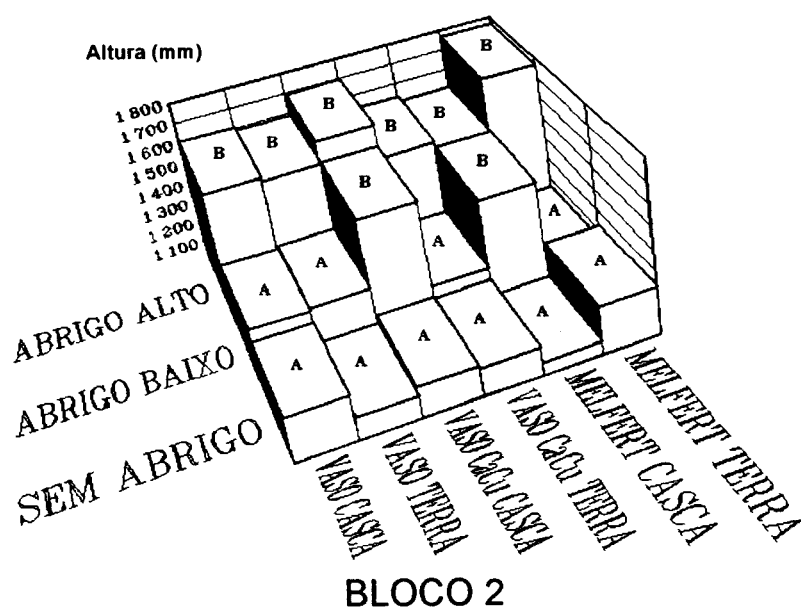


Figura 5.11 Altura média, expressa em milímetros para parcelas A. do Bloco 1 e B. do Bloco 2. Compararam-se unidades experimentais com o mesmo tratamento radicular (Contendor/Substrato) para as três diferentes modalidades de Abrigo. Tratamentos com a mesma letra, para o mesmo tratamento radicular, não diferem significativamente entre si ($P > 0.05$).

No Bloco 2 encontram-se diferenças significativas entre as modalidades de Abrigo para todas as combinações de contentor e substrato, apresentando as parcelas de Abrigo Alto valores invariavelmente superiores aos das plantas não abrigadas. Quando o contentor usado foi Vaso, a altura média no Abrigo Alto é também superior à do Abrigo Baixo que não difere de Sem Abrigo, situação idêntica à encontrada no Bloco 1 para este contentor. Nos restantes contentores, o Abrigo Alto é superior ao Abrigo Baixo e Sem Abrigo que não diferem entre si, sempre que o substrato empregue foi Terra. Porém, sempre que com os contentores CaCu ou Melfert se empregou o substrato Casca ambos os Abrigos parecem tirar vantagem, mostrando-se então superiores à modalidade Sem Abrigo, sem diferir entre si ($\alpha_E = 0.580$).

Estas comparações confirmam a existência de interacções entre os factores Bloco, Abrigo, Contentor e Substrato que dificultam a comparação directa entre as modalidades de cada tratamento.

Apesar disto, quando se consideram em conjunto os dois Blocos do ensaio, não pode deixar de se notar (veja-se figura 5.12) que o factor Abrigo parece prevalecer sobre os restantes, com as unidades experimentais em que foi aplicado o Abrigo Alto apresentando valores médios de altura consideravelmente superiores aos encontrados nas parcelas de Abrigo Baixo e Sem Abrigo, em qualquer dos tratamentos radiculares. Considerando ambos os Blocos verifica-se que as unidades experimentais de Abrigo Baixo apresentam consistentemente valores intermédios de altura relativamente às restantes modalidades de Abrigo. No entanto, o Abrigo Baixo, tem resultados globalmente inferiores aos da testemunha no Bloco 1 e superiores no Bloco 2. Curiosamente o crescimento em altura neste abrigo só parece ser estimulado quando associado ao substrato Casca e a contentores que supostamente terão produzido alguma poda radicular em viveiro (Vaso CaCu e Melfert) (figura 5.11B).

As unidades experimentais (de Blocos diferentes) a que foram aplicados os mesmos tratamentos e que mostraram não diferir entre si foram agrupadas e comparadas entre si por novos testes t de Student. Para cada modalidade de Abrigo compararam-se os vários tratamentos radiculares (Contentor/Substrato) não se encontrando diferenças significativas em caso algum, entre os tratamentos Sem Abrigo. Desta análise excluíram-se as unidades experimentais CaCu/Casca

que diferem significativamente entre os dois Blocos. Nos tratamentos de Abrigo Baixo não se encontraram diferenças entre os tratamentos radiculares comparados, tendo-se excluído da análise os tratamentos Melfert/Casca e Melfert/Terra dada a existência de diferenças inter-blocos. Entre os tratamentos de Abrigo Alto, em que não houve necessidade de excluir nenhuma das modalidades de tratamento radicular, não se encontraram igualmente diferenças significativas associadas ao tratamento radicular.

Estes resultados sugerem que ao fim de sete anos de estabelecimento no campo, as diferenças encontradas entre as unidades experimentais ao nível da altura pouco ficarão a dever-se às condições de crescimento radicular associadas aos tratamentos radiculares da fase de viveiro. Uma análise mais detalhada envolvendo todos os parâmetros estudados mostra, no entanto, que poderão persistir alguns efeitos relacionados com o substrato utilizado na produção das plantas.

Ponder (1997) num trabalho semelhante, observou interacções significativas entre os tratamentos radiculares pré-plantação (envolvendo um bio-estimulante e um melhorador da capacidade de retenção de água pelo solo) que afectaram o desenvolvimento pré-plantação das raízes e o crescimento e sobrevivência de *Juglans nigra* e *Quercus rubra* após quatro estações de crescimento, verificando igualmente que as plantas abrigadas eram marcadamente mais altas que as não abrigadas.

Quando se comparam entre si as várias modalidades de Abrigo com o mesmo tratamento radicular, sem considerar o factor bloco, nos casos em que é possível, torna-se evidente que, para todos os tratamentos radiculares, a modalidade Abrigo Alto apresenta altura média significativamente superior às modalidades Sem Abrigo e Abrigo Baixo que não diferem entre si em nenhum caso conforme se sumariza na Figura 5.12 ($\alpha_E = 0.370$).

Os resultados relativos ao Abrigo Baixo não se estranham já que após sete anos, efectivamente não é de esperar qualquer efeito na altura das plantas de um abrigo com esta altura. Além disso, o estrangulamento do caule, que pode ser um problema quando os abrigos não se degradam ou abrem por pressão da planta em crescimento (Woolhouse, 1995, Evans, 1996), poderá, em conjunto com uma precoce degradação e enegrecimento do plástico, ter contribuído para os fracos resultados observados no Abrigo Baixo.

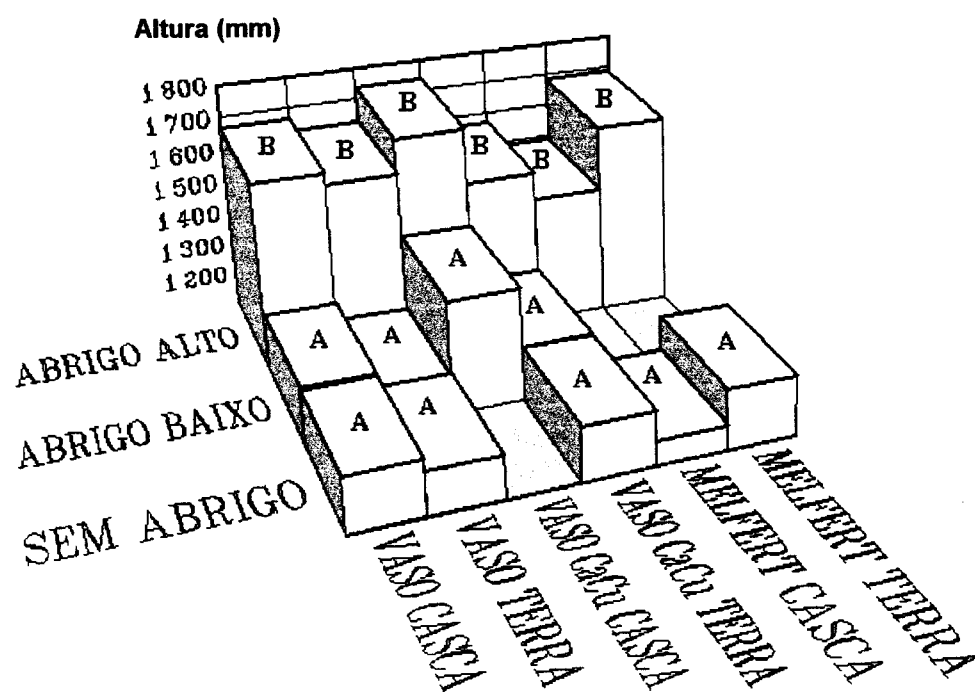


Figura 5.12 Altura média, expressa em milímetros. Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si ($P > 0.05$), quando se comparam as modalidades de Abrigo em cada modalidade de tratamento radicular.

A existência de diferenças significativas nas plantas do Abrigo Alto relativamente às outras modalidades de abrigo, após sete anos surpreende de certa forma, pois a maioria das plantas deverá ter ultrapassado o abrigo na terceira ou quarta estação de crescimento a partir da qual seria de esperar que o efeito dos abrigos sobre o crescimento em altura se atenuasse pois o meristema apical deixa de estar sobre influência do microclima do abrigo como sugerem Kittregde *et al.* (1992). No entanto, é também evidente que um regresso imediato ao modo de crescimento exterior é impossível e assim o efeito de abrigo deverá prolongar-se, após a emergência pois há uma perturbação hormonal dos processos de regulação da morfogénese (Tchuate, 1987).

Uma grande variação no que respeita ao estímulo do crescimento em altura em plantas sujeitas ao uso de abrigos está aparentemente associada à espécie envolvida. Nalguns casos observou-se a manutenção do estímulo do crescimento

em altura em plantas abrigadas mesmo após a emergência dos abrigos (Tuley, 1985, Svihra *et al.*, 1993, Mayhead e Boothman, 1997). Noutros casos, pelo contrário, as taxas de crescimento em altura reassumem valores idênticos aos da testemunha quando as plantas ultrapassam a altura dos abrigos (Applegate e Bragg, 1989, Beetson *et al.* 1991, Kittredge *et al.*, 1992, Mayhead e Jenkins, 1992, Burger *et al.*, 1996, Gillespie *et al.*, 1996, Mayhead e Boothman, 1997), vindo as taxas de crescimento nalguns casos a ser rapidamente ultrapassados pela testemunha (Mayhead e Jenkins, 1992).

Os resultados de experiências em que diferenças de altura entre plantas abrigadas e testemunha persistiram para além de três ou quatro anos (Lantagne *et al.*, 1995; Gillespie *et al.*, 1996) sugerem que a maior altura das plantas do Abrigo Alto observada após sete anos poderá resultar basicamente de vantagens adquiridas durante os três ou quatro primeiros anos e não da manutenção de taxas de crescimento superiores após emergência do abrigo. Em *Quercus rubra*, a maior altura das plantas abrigadas após seis anos, foi atribuída à vantagem obtida nos três primeiros anos de desenvolvimento, já que as taxas de crescimento observadas a partir da 4ª estação de crescimento foram semelhantes entre plantas abrigadas e sem abrigo (Lantagne *et al.*, 1995). Num estudo de cinco anos realizado com a mesma espécie, Gillespie *et al.* (1996) verificam que a vantagem na altura das plantas abrigadas era mantida mas não aumentava após a emergência dos abrigos. Ainda em *Q. rubra*, *Juglans nigra* e *Pinus strobus*, Ward (1996) verifica que a superioridade de altura das plantas abrigadas se mantém após cinco anos.

Noutras espécies, em estudos de médio prazo efectuados com abrigos, a altura das plantas (*Q. rubra*) foi apenas minimamente afectada (Zaczek *et al.*, 1997). Em *Picea abies* e *Tsuga canadensis* a vantagem de altura nas plantas abrigadas desapareceu na 5ª estação de crescimento (Ward, 1996), tendo sido notado, no início da experiência, que as folhosas respondem claramente melhor aos abrigos do que as coníferas (Ward e Stephens, 1995). Dupraz (1997a), com base em estudos realizados em *Juglans* sp., *Prunus avium* L. e *Larix* sp., sugere que os efeitos dos abrigos na promoção do crescimento em altura e desenvolvimento da parte aérea poderão ser de muito curta duração (Dupraz, 1997a). Segundo o mesmo autor (Dupraz, 1997b), baseando-se em resultados observados em nogueiras híbridas (*Juglans hindsii* × *Juglans regia*) crescendo em abrigos com 1.70 m de altura, o crescimento em altura das plantas abrigadas sofre um abrandamento no segundo

ano e as árvores abrigadas perdem pouco a pouco o seu avanço sobre as testemunha; após quatro estações de crescimento, as árvores testemunha alcançaram as abrigadas e após seis ultrapassaram-nas embora as diferenças se mantenham não significativas após oito anos.

Assim, a persistência de diferenças significativas na altura é animadora na perspectiva do emprego de abrigos no sobreiro não sendo de excluir, sem um estudo detalhado deste aspecto, que um estímulo do crescimento em altura possa ser mantido após a emergência das plantas do abrigo.

Estes resultados, obtidos após um extenso período de seca que decorreu entre 1992-1996, parecem contrariar a assunção generalista, de Costello *et al.* (1996), de que não serão de esperar em climas mediterrânicos estímulos do crescimento em abrigos, em plantas não irrigadas, comparáveis aos encontrados em climas temperados. Esta afirmação baseia-se num estudo de quatro anos, com *Quercus douglasii*, *Q. lobata*, *Q. wislizenii* e *Pseudotsuga menziesii* efectuado na Califórnia, em que só nas plantas irrigadas durante os primeiros três anos o crescimento em altura foi estimulado.

5.3.2. Diâmetro do colo

O diâmetro do tronco foi medido dois centímetros acima do colo a fim de evitar as irregularidades e alargamentos mais comuns na zona de contacto com o solo, mas para não sobrecarregar o texto, as medidas tomadas são referidas simplesmente como de diâmetro do colo, apresentando-se sumarizadas na tabela 5.3.

Os dados de diâmetro do colo foram analisados por meio de uma ANOVA encadeada, com os dados expressos em milímetros previamente transformados como $Y' = [(Y/100)^2 - 1] / \lambda$, sendo $\lambda = 0.64680$. Esta transformação permitiu desta feita a homogeneização das variâncias. Encontraram-se diferenças significativas no diâmetro do colo associadas aos Blocos ($P = 2.51 \times 10^{-4}$) mas não aos Tratamentos ($P = 0.074$). A análise foi complementada com a comparação entre unidades experimentais diferindo apenas num dos tratamentos aplicados, efectuando-se 144 comparações por meio de testes t-Student.

Compararam-se entre si as unidades experimentais de Blocos diferentes que receberam o mesmo tratamento, efectuando-se assim dezoito comparações entre as unidades experimentais dos dezoito tratamentos resultantes da combinação das

várias modalidades de Abrigo, Contentor e Substrato; encontrando-se diferenças significativas, associadas ao factor Bloco em sete casos ($\alpha_E = 0.30$), aos quais não parece associar-se nenhum tratamento radicular (Contentor ou Substrato) em particular.

Parcela	Bloco	Abrigo	Substrato	Contentor	Diâmetro médio do Colo (mm)	Erro Padrão (mm)	Diâmetro máximo do Colo (mm)	Diâmetro mínimo do Colo (mm)	n
1	2	Baixo	Casca	Vaso	36.490	4.762	60.40	13.20	10
2	2	Nulo	Casca	Vaso	44.094	4.193	73.30	17.00	16
3	2	Alto	Terra	Vaso	23.292	3.283	42.40	6.25	12
4	2	Baixo	Terra	CaCu	30.350	3.931	50.30	6.80	12
5	2	Nulo	Casca	CaCu	42.288	2.629	64.80	21.35	17
6	2	Nulo	Casca	Melfert	37.820	2.980	57.65	18.70	19
7	2	Baixo	Terra	Vaso	40.931	47.67	68.05	13.85	13
8	2	Baixo	Casca	CaCu	54.242	4.387	84.90	20.55	13
9	2	Nulo	Terra	Vaso	40.605	4.216	72.45	6.25	18
10	1	Baixo	Casca	CaCu	35.339	5.086	68.50	6.35	14
11	1	Baixo	Casca	Vaso	34.645	6.688	63.65	2.70	10
12	1	Baixo	Terra	CaCu	31.721	5.168	81.25	9.90	14
13	1	Alto	Casca	Vaso	37.116	5.001	91.70	7.40	16
14	1	Nulo	Terra	CaCu	55.264	6.039	81.15	30.00	11
15	1	Alto	Casca	CaCu	35.017	6.155	78.90	7.40	12
16	1	Nulo	Terra	Melfert	50.350	6.510	108.50	1.50	17
17	1	Nulo	Terra	Vaso	53.812	3.492	90.60	19.00	20
18	1	Nulo	Casca	Vaso	54.613	4.466	87.60	23.30	15
19	2	Baixo	Terra	Melfert	25.400	5.950	69.40	3.30	13
20	2	Alto	Casca	Vaso	28.274	6.256	66.20	4.95	13
21	2	Nulo	Terra	Melfert	43.518	6.193	85.30	13.90	14
22	2	Alto	Casca	Melfert	36.861	3.970	64.75	5.00	9
23	2	Alto	Terra	CaCu	19.986	4.349	62.00	4.80	14
24	2	Alto	Terra	Melfert	30.635	5.255	60.10	12.50	10
25	2	Nulo	Terra	CaCu	38.312	3.867	58.50	15.60	12
26	2	Alto	Casca	CaCu	24.336	8.751	71.70	3.30	7
27	2	Baixo	Casca	Melfert	41.765	5.257	80.60	16.60	13
28	1	Baixo	Terra	Melfert	40.378	7.541	71.50	7.65	9
29	1	Nulo	Casca	Melfert	52.865	5.115	96.20	19.10	17
30	1	Baixo	Casca	Melfert	35.339	6.446	70.90	11.55	11
31	1	Alto	Terra	Vaso	23.836	4.248	54.40	8.00	11
32	1	Nulo	Casca	CaCu	59.330	4.886	88.10	20.90	15
33	1	Alto	Terra	CaCu	34.472	3.205	53.15	18.00	11
34	1	Alto	Casca	Melfert	29.023	3.510	53.15	9.65	13
35	1	Alto	Terra	Melfert	21.550	3.323	27.45	15.00	4
36	1	Baixo	Terra	Vaso	16.250	5.011	29.65	7.85	4

Tabela 5.3 Média, erro padrão e valores máximos e mínimos do diâmetro do colo, expresso em milímetros, bem como o número de dados (n) relativos às diferentes unidades experimentais, indicando-se abreviadamente o respectivo Bloco, modalidade de Abrigo, Substrato e Contentor.

Entre as modalidades de Abrigo nota-se alguma variação da heterogeneidade entre os Blocos que é superior na modalidades Sem Abrigo (figura 5.14). Se compararmos a resposta ao factor Bloco deste parâmetro, com a resposta do parâmetro altura, verifica-se que a heterogeneidade entre blocos se acentua, devido a uma maior incidência de diferenças significativas entre os tratamentos Sem Abrigo, embora se encontrem basicamente as mesmas tendências em ambos os casos. As unidades experimentais Sem Abrigo, que ostentam consistentemente valores superiores no Bloco 1, com diferenças significativas associadas ao factor Bloco em quatro dos seis tratamentos radiculares (Vaso/Terra, CaCu/Casca, CaCu/Terra e Melfert/Casca), contrastam com as outras modalidades de Abrigo, em que se observa uma resposta variável. Assim, o diâmetro do colo mostra-se relativamente mais sensível às condições ambientais, que se traduzem no factor Bloco, do que a altura.

Para ambos os parâmetros revela-se também uma menor sensibilidade relativa ao factor bloco dos tratamentos com abrigo, particularmente evidente nas unidades experimentais de Abrigo Alto. As alterações microclimáticas profundas produzidas pelos abrigos em redor das plantas, permitem compreender que a resposta das plantas abrigadas às diferenças ambientais associadas a cada Bloco, seja atenuada pela presença do abrigo.

No conjunto das unidades experimentais de Abrigo Baixo voltam a observar-se resultados superiores, embora muito ligeiramente, no Bloco 2 (cerca de 2 mm). Regista-se alguma variação associada aos tratamentos radiculares, mas nos casos em que as diferenças são estatisticamente significativas (Vaso/Terra e CaCu/Casca) há superioridade das unidades experimentais do Bloco 2 sobre as do Bloco 1. Assim, no Abrigo Baixo, as plantas parecem beneficiar das condições de ensombramento do Bloco 2, ao contrário do que sucede nas outras modalidades de abrigo. Esta situação poderá explicar-se pelo maior aumento da temperatura neste abrigo, possibilitando, particularmente em condições de stress hídrico, a ocorrência de condições térmicas demasiado extremas. Efectivamente, observou-se, sobretudo durante os primeiros anos, que no campo de ensaio a parte aérea de algumas plantas secava, total ou parcialmente, durante o Verão no Abrigo Baixo, mais do que ocorria no Abrigo Alto ou no exterior. Apesar disso, durante os primeiros anos de estabelecimento da plantação, não se encontrou mortalidade acrescida associada ao emprego dos abrigos (Dias *et al.*, 1991).

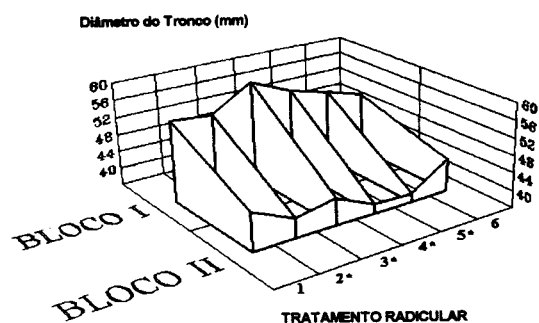
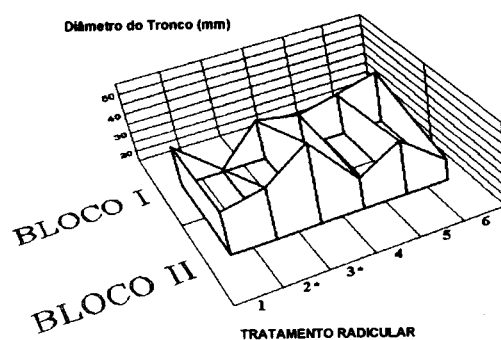
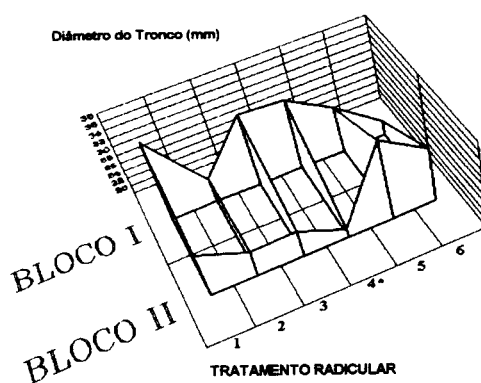
**SEM ABRIGO****ABRIGO BAIXO****ABRIGO ALTO**

Figura 5.13 Diâmetro médio do tronco, medido 2 cm acima do colo, expresso em milímetros, para as parcelas Sem Abrigo, de Abrigo Baixo e de Abrigo Alto. Os asteriscos assinalam a existência de diferenças significativas ($P < 0.05$) entre os blocos para as parcelas com idêntico tratamento radicular: 1- Vaso/Casca, 2- Vaso/Terra, 3- CaCu/Casca, 4- CaCu/Terra, 5- Melfert/Casca, 6 -Melfert/Terra.

Efectivamente, as plantas afectadas mostravam-se, na sua maioria, capazes de recuperar, formando novas folhas ou rebrotando no Outono ou na Primavera seguinte. Porém, com o decorrer do tempo o polietileno translúcido que constitui o Abrigo Baixo acaba por queimar ficando nalguns casos completamente negro e as condições de temperatura no interior tenderão certamente a agravar-se. Se a planta durante os três ou quatro anos em que decorreu o processo de enegrecimento do abrigo não conseguiu ultrapassar os 65 cm de altura e sair para o exterior só muito dificilmente poderá fazê-lo depois; se conseguiu, dependendo do seu desenvolvimento, assim será mais ou menos beneficiada pelas temperaturas mais baixas associadas ao ensombramento do Bloco 2.

As parcelas de Abrigo Alto apresentam também, à semelhança do que sucedia para a altura, uma ligeira superioridade no diâmetro do colo do Bloco 1 relativamente ao Bloco 2 (aproximadamente 5 mm em média), mas só em metade dos tratamentos há melhores resultados no Bloco 1.

Em termos globais pode notar-se um comportamento contrastante da altura e diâmetro do colo entre as unidades experimentais Sem Abrigo e abrigadas. As primeiras apresentam alturas e diâmetros médios do colo invariavelmente superiores (mesmo que não significativamente superiores) no Bloco 1 qualquer que seja o tratamento radicular aplicado, enquanto que para as unidades experimentais de Abrigo Baixo e de Abrigo Alto os melhores resultados parecem distribuir-se de uma forma mais ou menos equitativa (mais no diâmetro do colo e menos na altura) entre os dois Blocos. É interessante notar que o sentido da variação do diâmetro médio do colo entre os Blocos para as parcelas com Abrigos não é idêntico ao sentido de variação da altura média para as mesmas unidades experimentais (comparem-se as figuras 5.13 e 5.10) indiciando a existência de diferenças importantes na estrutura das plantas.

Na figura 5.14 apresentam-se, sumarizados os resultados das comparações efectuadas, dentro de cada Bloco, entre parcelas que apenas diferem na modalidade de Abrigo. Registam-se sempre diferenças significativas, com uma única excepção constituída pelo tratamento Melfert/Casca do Bloco 2.

No Bloco 1, as parcelas Sem Abrigo diferem significativamente, sendo superiores, das parcelas de ambos os abrigos, para todos os tratamentos radiculares à excepção de Melfert/Terra em que a parcela Sem Abrigo só difere significativamente, sendo superior, da parcela de Abrigo Alto, com a parcela de

Abrigo Baixo, de valores intermédios, não diferindo significativamente das outras modalidades do factor Abrigo.

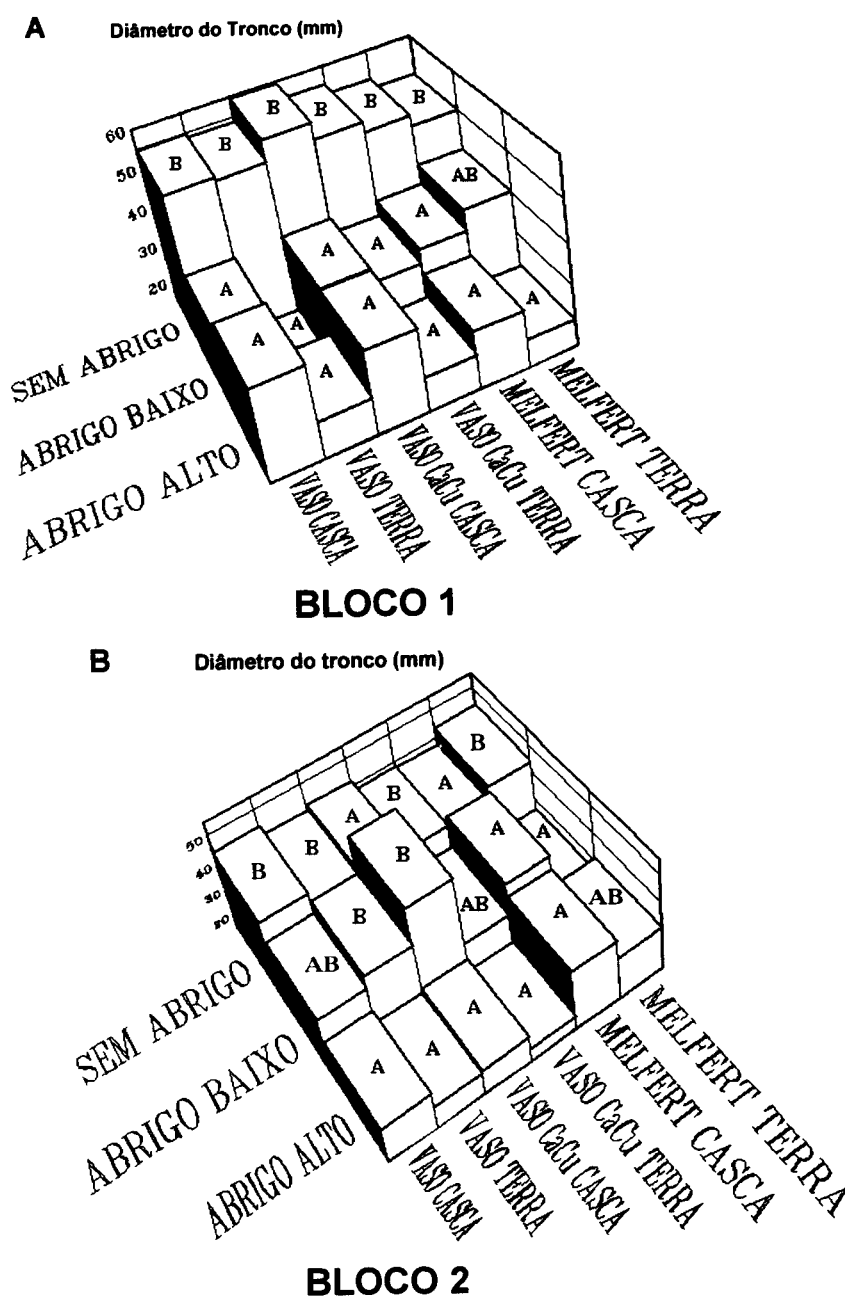


Figura 5.14 Diâmetro do tronco 2 cm acima do colo, expresso em milímetros **A** para as unidades experimentais do Bloco 1 e **B** do Bloco 2. Comparam-se unidades experimentais com o mesmo tratamento radicular (Contentor/Substrato) para as três modalidades de Abrigo. Para o mesmo tratamento radicular, tratamentos com a mesma letra não diferem entre si ($P > 0.05$).

Para o Bloco 1 constata-se pois, que o emprego dos abrigos se traduz numa redução efectiva do engrossamento do tronco. No Bloco 2 não se encontra, porém, a mesma situação pois as diferenças entre as parcelas Sem Abrigo e as restantes atenuam-se (figura 5.14). Assim nos tratamentos Vaso/Casca e CaCu/Terra as parcelas Sem Abrigo diferem significativamente das de Abrigo Alto, estas com valores inferiores, enquanto as parcelas de Abrigo Baixo, com valores intermédios, não diferem de nenhuma outra. Em Vaso/Terra as parcelas Sem Abrigo e de Abrigo Baixo não diferem entre si, diferindo ambas da parcela de Abrigo Alto com menor diâmetro do colo. Finalmente quando o tratamento radicular aplicado foi CaCu/Casca a parcela de Abrigo Baixo é superior às outras duas que não diferem entre si.

Tendo em vista que o aspecto mais importante que parece separar os Blocos é o ensombramento superior do Bloco 2 estes resultados clarificam-se. Efectivamente, conforme se viu no capítulo 2, pode esperar-se que a diferença entre a intensidade luminosa no interior e no exterior dos abrigos, seja tanto maior quanto maior for a intensidade luminosa no exterior. Assim não surpreende que o engrossamento do tronco que depende directamente da quantidade de fotoassimilados disponíveis difira mais entre plantas testemunha e abrigadas sob a maior intensidade luminosa média do Bloco 1 do que nas condições de maior ensombramento do Bloco 2.

As comparações efectuadas confirmam, por outro lado, para o diâmetro do colo, tal como para a altura, a existência de interacções entre os factores Bloco, Abrigo, Contentor e Substrato que dificultam a comparação directa entre as modalidades de cada tratamento aplicado. Apesar disso é nitido conforme mostra a figura 5.15, que o factor Abrigo tem uma influência preponderante sobre o diâmetro do colo, o que também se verificou com a altura.

Os tratamentos Sem Abrigo apresentam valores médios de Diâmetro do Colo consideravelmente superiores aos encontrados para os tratamentos de Abrigo Baixo sendo as diferenças ainda mais evidentes na comparação com as parcelas de Abrigo Alto. Se compararmos com os resultados relativos ao parâmetro altura, a posição relativa inverteu-se entre os tratamentos Sem Abrigo e os de Abrigo Alto permanecendo os tratamentos de Abrigo Baixo numa posição intermédia.

Compararam-se as unidades experimentais que apenas diferiam no Contentor (do mesmo Bloco, Abrigo e Substrato) tendo-se encontrado diferenças significativas

em três das trinta e seis comparações efectuadas. Nomeadamente no Bloco 2/Abrigo Baixo/Casca, a parcela 8 de contentor CaCu é superior à parcela 1 de contentor Vaso. Nos outros dois casos verifica-se também superioridade do contentor CaCu sobre os contentores Vaso e Melfert; nas unidades experimentais do Bloco 1/Abrigo Alto/Terra ($\alpha_E = 0.14$).

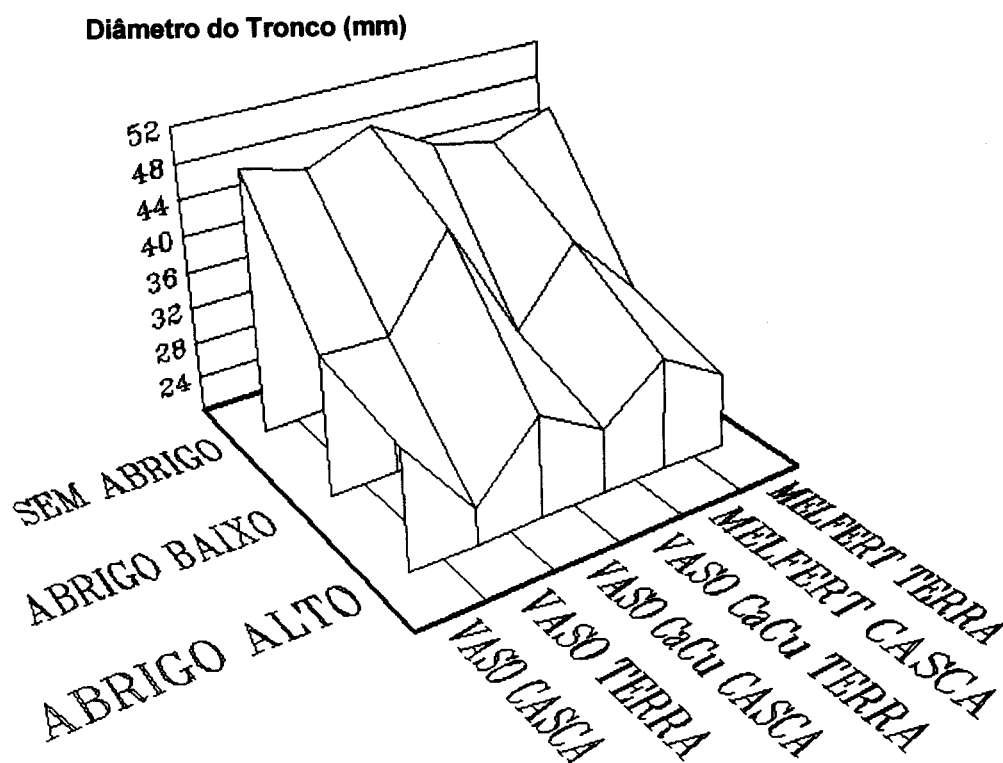


Figura 5.15 Diâmetro médio do tronco 2 cm acima do colo, expresso em milímetros, para os vários tratamentos aplicados, considerando ambos os blocos.

Observando ainda a figura 5.15 pode notar-se um certo zigzaguar entre os tratamentos de substrato Casca e os de substrato Terra que se dispõem alternadamente, correspondendo a valores invariavelmente mais baixos sempre que foi usado o substrato Terra. No entanto, quando se comparam entre si as unidades experimentais que apenas diferem no Substrato (do mesmo Bloco, Abrigo e Contentor), em apenas uma das dezoito comparações efectuadas se encontram diferenças significativas: - No Bloco 2, a parcela 8 de Abrigo Baixo e contentor CaCu em que se usou o substrato Casca é superior à parcela 4 em que se usou

substrato Terra ($P < 0.001$), situação que repete a encontrada para a altura.

As parcelas a que foram aplicados os mesmos tratamentos em ambos os blocos e que mostraram não diferir entre si foram agrupadas tendo-se comparado, por meio de teste t de Student, as três modalidades de Abrigo para cada um dos tratamentos radiculares, resultantes da interacção substrato-contentor (figura 5.16).

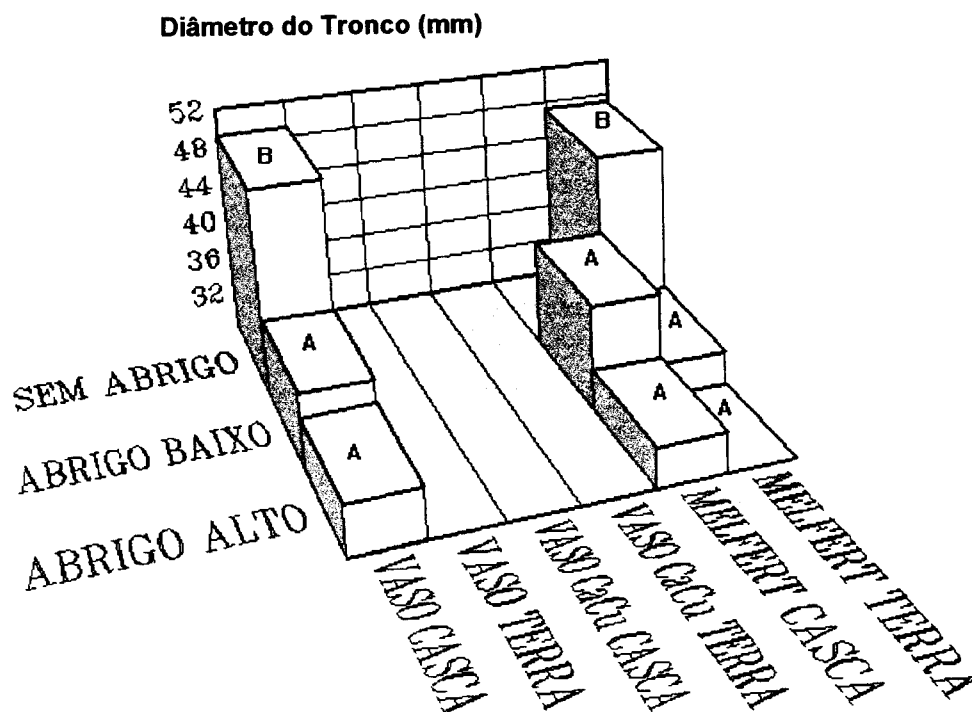


Figura 5.16 Diâmetro médio do tronco 2 cm acima do colo, expresso em milímetros. Tratamentos com a mesma letra não diferem entre si ($P > 0.05$) quando se comparam as modalidades de Abrigo para cada modalidade de tratamento radicular.

Para os casos em que foi possível efectuar a comparação, relativamente poucos, dada a existência de um número assinalável de diferenças entre os blocos, verificou-se a superioridade dos tratamentos Sem Abrigo sobre os tratamentos com Abrigo que não diferiam entre si, conforme se assinala na figura 5.16.

Dada a existência de diferenças significativas entre os blocos apenas foi possível efectuar as comparações entre os tratamentos radiculares (Contentor/substrato) para cada modalidade de abrigo entre os tratamentos Vaso/Casca e Melfert/Terra e para os tratamentos SemAbrigo e para os tratamentos com abrigo os mesmos e

Melfert/Casca. Em nenhum se encontraram diferenças significativas associadas aos tratamentos radiculares.

A redução do engrossamento do tronco é, como se viu (capítulo 3), frequentemente observada em plantas crescendo no interior de abrigos. São relativamente raros os trabalhos em que se observam aumentos do diâmetro do tronco associados ao uso de abrigos (Evans e Potter, 1985; Tuley, 1985; Tchuente, 1987; Applegate e Bragg, 1989). Nalguns casos, observam-se reduções significativas a curto prazo, durante ou após a primeira estação de crescimento no abrigo (Collet e Frochot, 1992; Kjelgren, 1994; Kjelgren e Rupp, 1997a; Burger *et al.*, 1992, 1997), porém mais frequentemente não se observam reduções significativas a curto prazo (Rendle, 1985; Tchuente, 1987; Burger *et al.*, 1992, 1997; Kittredge *et al.*, 1992; Mayhead e Jenkins, 1992; Kjelgren *et al.*, 1994; Mayhead e Boothman, 1997; Hammatt, 1998) e só mais tarde, após duas ou três estações de crescimento as diferenças se tornam significativas (Davies, 1985; Rendle, 1985; Kittredge *et al.*, 1992; Mayhead e Boothman, 1997).

A médio prazo os trabalhos realizados com abrigos mostram que o diâmetro do tronco na região basal é estimulado em *Quercus petraea* em abrigos não ventilados, em Inglaterra, após dois anos e três anos mantendo-se as diferenças após cinco anos e seis anos (Tuley, 1985; Evans e Potter, 1985). Noutros trabalhos o diâmetro do tronco na região basal foi pouco afectado por abrigos não ventilados, após três anos em dióspireiros (Lehman, 1994), ou por abrigos não ventilados, ventilados e de rede após quatro anos em plantas irrigadas ou não irrigadas de *Quercus douglasii*, *Q. wislizenii*, *Q. lobata* e *Pseudotsuga menziesii* sob clima mediterrânico, na Califórnia (Costello *et al.*, 1996).

Segundo Potter (1987b) após a emergência das plantas do abrigo, o crescimento em diâmetro aumenta rapidamente e assim seria de esperar que as diferenças no diâmetro do colo se atenuem à medida que as plantas crescem, emergem do abrigo e a influência deste se reduz. No entanto, os resultados obtidos parecem apontar para que essa atenuação, a verificar-se, seja muito lenta no sobreiro.

Efectivamente, aceitando que o engrossamento do tronco depende directamente dos fotoassimilados produzidos, as plantas abrigadas, com copa externa mais reduzida e capacidade fotossintética presumivelmente menor (veja-se capítulo 6) manterão previsivelmente uma produção mais reduzida de fotoassimilados durante

largos anos. A recuperação completa, a ocorrer, só deverá suceder, no caso destas plantas, largos anos após a remoção do abrigo, dado que quando o abrigo se degradar completamente ou for removido, as plantas ex-abrigadas estarão equipadas com uma menor área foliar (e eventualmente de menor funcionalidade) do que as que nunca receberam abrigos.

Estes resultados poderiam prever-se relativamente ao Abrigo Alto ou Castanho, onde são efectivamente de esperar taxas fotossintéticas inferiores às do exterior devido à grande redução da luz disponível para a fotossíntese (veja-se capítulos 2 e 6) e estão de acordo com os resultados obtidos nos Ensaio 1 e 2 (capítulos 3 e 4).

No caso do Abrigo Baixo, em que se observou após uma estação de crescimento uma maior produção de biomassa nas plantas abrigadas e uma elevação do diâmetro médio do colo (capítulo 3) poderiam esperar-se outros resultados, como os que só se observam no Bloco 2, CaCu/Casca. Para o facto poderão contribuir de forma determinante o desenvolvimento de temperaturas demasiado elevadas e letais para os tecidos foliares a qual deverá ocorrer sobretudo em períodos de défice hídrico prolongado durante o Verão. Com efeito, observou-se no interior deste abrigo a secagem extensiva da folhagem durante o Verão, atingindo nalguns casos toda a parte aérea (Dias *et al.*, 1991).

Esta ocorrência poderá estar associada ou agravar-se com a deterioração dos abrigos que é bastante precoce e envolve o enegrecimento e opacificação das parede plásticas inicialmente transparentes. O processo de degradação tende a acelerar-se em zonas mais expostas (o que contribuirá possivelmente para os piores resultados observados neste abrigo no Bloco 1), sendo a transfiguração sofrida pelo abrigo nesse processo de molde a transformar o ambiente inicialmente favorável num ambiente desfavorável para o crescimento e inclusivamente sobrevivência das plantas. Além disso, a partir de diâmetros de tronco superiores a 6 cm, a rede de fibras incorporadas neste abrigo que também não se degrada convenientemente, poderá ter prejudicado por estrangulamento o desenvolvimento das plantas.

5.3.3. Relação entre o diâmetro do colo e a altura

Estudou-se a relação entre o diâmetro do colo e a altura, tipo de abrigo, contentor,

substrato e bloco, considerando o diâmetro do colo como variável dependente e as restantes como variáveis independentes, seguindo-se em geral os procedimentos descritos em Draper e Smith (1981). As variáveis mudas resultaram da criação de dois vectores para Abrigo (Abrigo Alto 1,0; Abrigo Baixo 0,1; Sem Abrigo 0,0) e para Contentor (Melfert 1,0; Vaso CaCu 0,1; Vaso 0,0), um vector para Substrato e outro para Bloco (Bloco 1 e Casca tomando o valor 1; Bloco 2 e Terra tomando o valor 0).

O modelo investigado incluía à partida todas as variáveis e interacções de primeiro grau entre elas com excepção das interacções entre as variáveis necessárias para descrever o tipo de abrigo e o tipo de contentor, num total de 26 termos. A selecção do modelo foi feita seguindo o método dos mínimos quadrados tendo os 301 valores de diâmetro de colo sido multiplicados por 10^{-2} e os de altura por 10^{-4} ; a selecção sequencial ascendente foi realizada como anteriormente, com uma probabilidade nominal de erro tipo I de entrada ou saída de $\alpha \approx 0.05$, usando-se o módulo STEP de Statgraphics (STSC, 1989). Foi seleccionada a equação seguinte, com um $R^2_{aj} = 0.7200$:

$$c = 0.036194 + 3.446270a - 0.551580AA - 0.103367AB + 1.321581aAA$$

em que c é o diâmetro do colo, a a altura, AA a presença de Abrigo Alto e AB a presença de Abrigo Baixo.

Substituindo na equação acima AA e AB pelos valores que tomam para Sem Abrigo, Abrigo Baixo e Abrigo Alto obtêm-se as seguintes equações após re-transformação dos valores de diâmetro de colo e altura

$$\begin{aligned} c_{SA} &= 3.6194 + 3.4463a \times 10^{-2} \\ c_{AB} &= -6.7173 + 3.4463a \times 10^{-2} \\ c_{AA} &= -51.5386 + 4.7678a \times 10^{-2} \end{aligned}$$

com c_{SA} , c_{AB} e c_{AA} representando respectivamente o diâmetro do colo dos tratamentos Sem Abrigo, de Abrigo Baixo e Abrigo Alto e a a altura. Do exame das três equações verifica-se facilmente que para o mesmo valor de altura em Sem Abrigo obter-se-ão sempre maiores valores de diâmetro de colo do que com o Abrigo Baixo e em ambos maiores valores que no Abrigo Alto dentro da gama de

valores de altura observados neste trabalho, embora a diferença no diâmetro do colo entre os tratamentos diminua com o aumento da altura. A figura 5.18 ilustra graficamente estas conclusões.

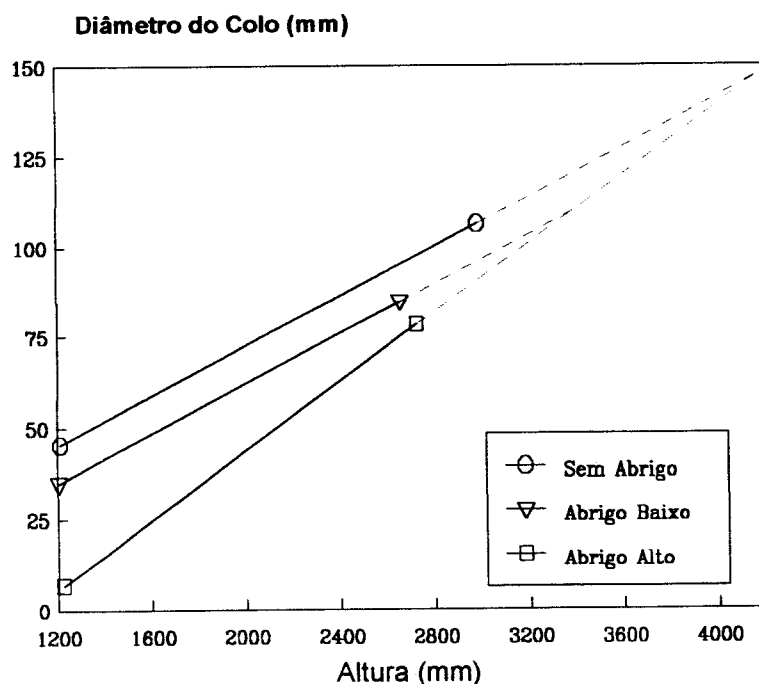


Figura 5.17 Variação do Diâmetro do Colo com a Altura para as três modalidades de Abrigo utilizadas. As linhas a cheio correspondem a valores compreendidos na gama dos observados neste estudo enquanto as linhas tracejadas correspondem a valores previstos para lá da gama observada.

Assumindo que as três equações acima se possam aplicar a valores de altura superiores àqueles em que o modelo foi baseado, o diâmetro do colo no Abrigo Alto igualará o do Abrigo Baixo com cerca 110 mm quando as plantas atingirem uma altura de cerca de 3390 mm e o dos Sem Abrigo com cerca de 147 mm quando as plantas atingirem cerca de 4173 mm de altura.

Assim, apesar da presença do Abrigo Alto reduzir o diâmetro observado do colo, é de prever que à medida que as plantas vão crescendo, a manter-se a relação entre a altura e o diâmetro do colo, venha a dar-se uma recuperação da desvantagem das plantas do Abrigo Alto. Porém, trata-se de uma extrapolação arriscada pois tal recuperação poderá não se verificar ou verificar-se de forma mais atenuada ou

acelerada caso se registem alterações na taxa de crescimento relativo das plantas com a idade e à medida que vão saindo cada vez mais do abrigo e a influência deste se torna progressivamente menor.

Para o Abrigo Baixo segundo a relação estabelecida não será de esperar uma recuperação (a equação apresenta um declive idêntico à do Sem Abrigo) mas sim a manutenção das diferenças relativamente à testemunha. Parece assim fortalecer-se a hipótese de uma restrição física ao engrossamento do tronco poder ocorrer neste abrigo pois a base do abrigo, particularmente a rede de fibras, não se degrada com a facilidade que se desejaria parecendo aconselhável proceder à sua remoção o mais tardar quando o tronco da planta ocupar totalmente o diâmetro interno do abrigo conforme sugerido por Evans (1996).

5.3.4. Diâmetro à Altura do Peito

O diâmetro do tronco foi medido a 1.20 m de altura, sete anos após a plantação. As medidas de Diâmetro à Altura do Peito (DAP), apresentam-se sumarizadas na tabela 5.4. Para a maioria das plantas que crescem na vertical ou muito próximo dela esta altura corresponde aproximadamente a um comprimento de tronco semelhante. No caso das plantas muito inclinadas já tal não se passa, tendo-se considerado nestes casos, o diâmetro do tronco no comprimento 1.20 m, medido a partir do Colo, sempre que se verificou ser a inclinação incorrigível.

Os dados de DAP foram analisados, à semelhança do que foi feito para os parâmetros anteriores e seguindo idênticos procedimentos. Efectuou-se uma ANOVA encadeada, tendo os dados, expressos em milímetros, sido submetidos previamente a uma transformação de Box-Cox para normalização e homogeneização das variâncias (variâncias homogêneas pelo teste de Bartlett) em que $Y' = [(Y/10)^\lambda - 1] / \lambda$, sendo $\lambda = 0.24900$.

Encontraram-se para o DAP diferenças significativas entre os Blocos, mais uma vez com o Bloco 1 superior ao Bloco 2 ($P = 0.032$), mas não entre os Tratamentos ($P = 0.336$). Como anteriormente prosseguiu-se a análise dos dados com a comparação de médias através de testes t de Student.

Compararam-se entre si as unidades experimentais, pertencentes a Blocos diferentes, mas que receberam o mesmo dos dezoito diferentes tratamentos

resultantes da conjugação das várias modalidades de abrigo substrato e contentor (figura 5.19). Encontraram-se diferenças significativas apenas entre os tratamentos Sem Abrigo CaCu/Terra e Melfert/Casca, com vantagem das parcelas do Bloco 1 (respectivamente 14 e 29) sobre as do Bloco 2 (25 e 6) ($\alpha_E = 0.10$).

Parcela	Bloco	Abrigo	Substrato	Contentor	DAP médio (mm)	Erro padrão (mm)	DAP máximo (mm)	DAP mínimo (mm)	n
1	2	Baixo	Casca	Vaso	11.980	3.518	24.70	4.30	5
2	2	Nulo	Casca	Vaso	12.483	2.467	36.50	26.10	9
3	2	Alto	Terra	Vaso	15.018	1.785	24.40	3.85	11
4	2	Baixo	Terra	CaCu	4.433	1.081	8.95	1.70	6
5	2	Nulo	Casca	CaCu	8.342	2.952	22.20	2.30	6
6	2	Nulo	Casca	Melfert	8.071	1.820	17.15	1.85	7
7	2	Baixo	Terra	Vaso	8.367	2.546	22.85	1.80	9
8	2	Baixo	Casca	CaCu	20.491	4.968	56.10	2.40	11
9	2	Nulo	Terra	Vaso	12.007	4.240	32.60	0.50	7
10	1	Baixo	Casca	CaCu	10.111	2.845	24.75	0.65	9
11	1	Baixo	Casca	Vaso	13.292	4.158	29.20	3.95	6
12	1	Baixo	Terra	CaCu	11.094	4.215	36.55	1.15	8
13	1	Alto	Casca	Vaso	24.164	3.113	56.70	8.90	14
14	1	Nulo	Terra	CaCu	18.075	3.645	29.95	8.00	6
15	1	Alto	Casca	CaCu	18.950	4.435	48.45	2.00	10
16	1	Nulo	Terra	Melfert	16.905	4.490	46.90	1.40	10
17	1	Nulo	Terra	Vaso	9.777	2.785	40.40	1.00	13
18	1	Nulo	Casca	Vaso	14.475	4.407	36.50	2.20	8
19	2	Baixo	Terra	Melfert	16.870	6.072	37.85	2.00	5
20	2	Alto	Casca	Vaso	17.388	2.939	37.60	3.75	12
21	2	Nulo	Terra	Melfert	13.623	5.468	44.90	3.95	7
22	2	Alto	Casca	Melfert	24.642	4.420	36.10	8.85	6
23	2	Alto	Terra	CaCu	13.783	2.847	38.95	3.00	12
24	2	Alto	Terra	Melfert	15.318	2.396	33.65	6.15	10
25	2	Nulo	Terra	CaCu	4.919	1.057	9.95	1.15	8
26	2	Alto	Casca	CaCu	14.878	4.869	41.80	5.25	7
27	2	Baixo	Casca	Melfert	8.583	3.082	64.60	2.10	12
28	1	Baixo	Terra	Melfert	14.775	5.303	31.70	1.30	6
29	1	Nulo	Casca	Melfert	20.922	4.862	44.40	1.60	9
30	1	Baixo	Casca	Melfert	10.050	3.397	22.00	1.00	5
31	1	Alto	Terra	Vaso	12.323	2.428	25.00	1.10	11
32	1	Nulo	Casca	CaCu	19.018	3.999	42.20	2.40	11
33	1	Alto	Terra	CaCu	16.796	1.856	28.15	7.56	12
34	1	Alto	Casca	Melfert	15.815	2.113	29.05	6.60	10
35	1	Alto	Terra	Melfert	16.667	2.133	18.80	12.40	3
36	1	Baixo	Terra	Vaso	5.350	-	5.35	5.35	1

Tabela 5.4 Média, erro padrão e valores máximo e mínimo do diâmetro à altura do peito (DAP), expressos em milímetros, bem como o número de dados (n) relativos às diferentes unidades experimentais, indicando-se abreviadamente o respectivo Bloco, modalidade de Abrigo, Substrato e Contentor.

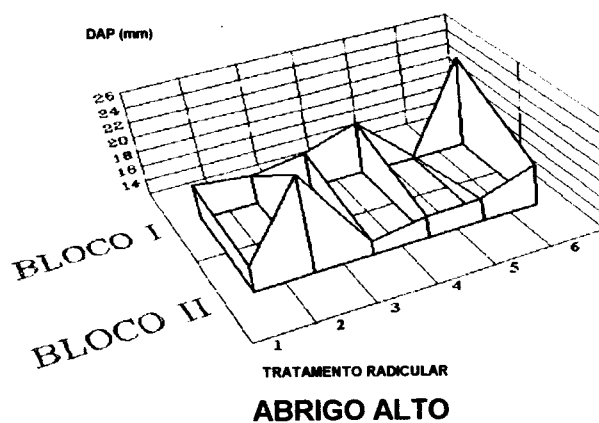
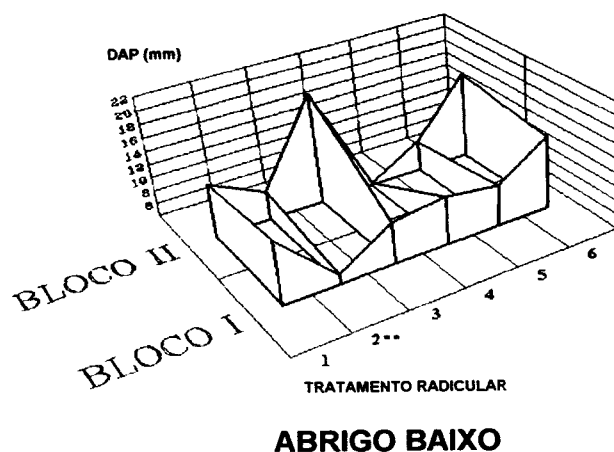
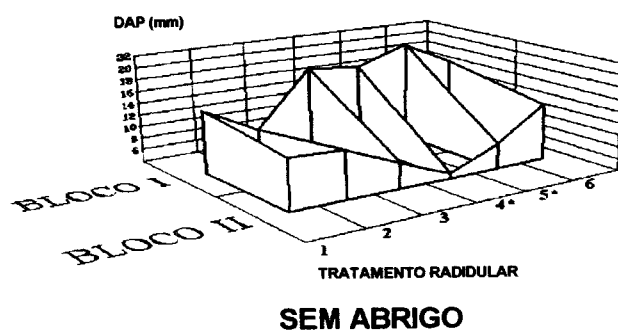


Figura 5.18 Diâmetro médio do tronco à altura do Peito (DAP) expresso em milímetros para as parcelas Sem Abrigo, de Abrigo Baixo e de Abrigo Alto. Um asterisco assinala a existência de diferenças significativas ($P < 0.05$) entre os Blocos para as parcelas de idêntico tratamento radicular: 1 - Vaso/Terra, 2 - Vaso/Casca, 3 - Ca Cu/Casca, 4 - CaCu/Terra, 5- Melfert/Casca, 6- Melfert/Terra. Dois asteriscos assinalam que não se comparam as parcelas do mesmo tratamento radicular.

Entre os tratamentos Sem Abrigo, o DAP no Bloco 1 é globalmente superior ao do Bloco 2 (em média cerca de 6.31 mm) com cinco dos seis tratamentos apresentando valores médios superiores no Bloco 1, sendo em dois casos (os únicos) as diferenças significativas.

É de notar que a unidade experimental do Bloco 1, no tratamento Sem Abrigo/Vaso/Terra, apresenta um DAP médio inferior ao da sua correspondente no Bloco 2, o que não só é caso único para o DAP, nesta modalidade de Abrigo, como é uma situação até aqui inédita entre tratamentos Sem Abrigo.

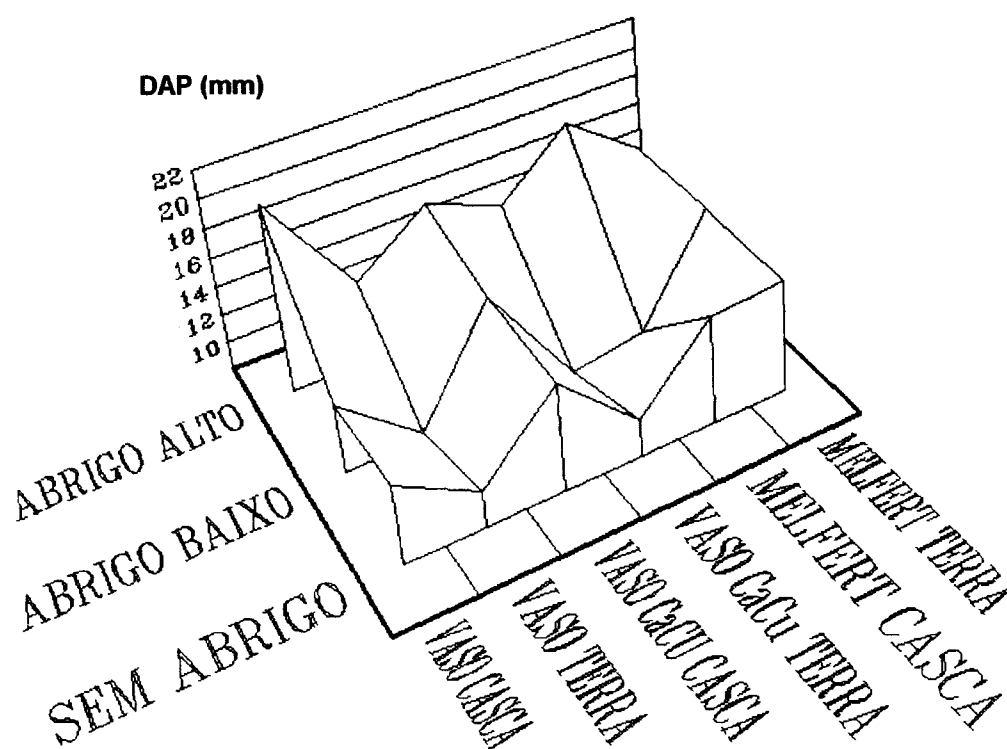


Figura 5.19 Valores médios do diâmetro à altura do peito (DAP) expressos em milímetros para os vários tratamentos aplicados, considerando ambos os Blocos.

O Bloco 2 apresenta, como habitualmente, para o conjunto das unidades experimentais de Abrigo Baixo, um DAP médio ligeiramente superior (em cerca 1.7 mm) ao do Bloco 1. Não se registam porém, em caso algum, diferenças significativas, associáveis ao factor Bloco. A comparação não foi feita para Vaso/Terra uma vez que a parcela do Bloco 1 (36) tem apenas 1 item.

No conjunto das unidades experimentais de Abrigo Alto, a diferença no DAP

médio entre os Blocos é também bastante reduzida, sendo este superior em cerca 1.6 mm no Bloco 1. Não se encontraram diferenças significativas associadas ao Bloco, entre as unidades experimentais que receberam o Abrigo Alto.

Na figura 5.19, consideraram-se em conjunto ambos os Blocos do ensaio, podendo observar-se a variação do DAP nos vários tratamentos aplicados.

Pode notar-se um conjunto de valores superiores para os tratamentos de Abrigo Alto cuja média é de 17.1 mm, sendo os valores para os tratamentos Sem Abrigo e de Abrigo Baixo menores e aproximados entre si. Os tratamentos Sem Abrigo encontram-se pela primeira vez (contrariamente ao que se verificou para a Altura ou para o Diâmetro do Colo) numa posição intermédia entre os dois abrigos, com um DAP médio de 13.5 mm, enquanto os tratamentos de Abrigo Baixo, com um DAP médio de 12.5 mm são os que se apresentam globalmente inferiores.

Os fracos resultados do Abrigo Baixo parecem poder derivar da, já referida, precoce e nefasta deterioração do abrigo com criação de um ambiente desfavorável ao crescimento das plantas. No entanto, como se verá, o ligeiramente menor DAP médio do conjunto dos tratamentos de Abrigo Baixo comparado com os Sem Abrigo, corresponde a um número ligeiramente mais elevado de plantas com DAP.

É nítido que ocorre novamente um certo zigzaguar na grandeza do DAP médio entre os tratamentos de substrato Casca e os tratamentos de substrato Terra, em geral com vantagem para os primeiros (figura 5.19). Não resulta evidente qualquer diferença entre contentores, não se encontrando diferenças significativas atribuíveis ao emprego dos diferentes contentores, encontram-se porém diferenças significativas entre unidade experimentais que apenas diferiam no substrato para duas das dezoito comparações efectuadas: 1) entre a parcela 8 e a parcela 4 (ambas de Abrigo Baixo do Bloco 2 e contentor CaCu), com superioridade para a primeira em que foi usado substrato Casca; 2) entre a parcela 13 e a parcela 31 (ambas de Abrigo Alto, do Bloco 1 e contentor Vaso), com superioridade para a primeira em que foi igualmente empregue o substrato Casca.

Na figura 5.20 apresentam-se os valores médios do DAP para as parcelas dos dois blocos e os resultados das comparações efectuadas dentro de cada Bloco entre as três modalidades de Abrigo. No Bloco 1 não se encontraram, em caso algum, diferenças significativas entre as três modalidades de Abrigo a que foi aplicado o mesmo tratamento radicular. Apenas no Bloco 2 se encontram algumas diferenças significativas; nomeadamente entre Abrigo Alto e as outras modalidades

de abrigo que não diferem entre si, sendo inferiores, nas unidades experimentais de CaCu/Terra e Melfert/Casca e entre Abrigo Alto e Abrigo Baixo nas unidades experimentais Vaso/Terra, com o Abrigo Alto superior.

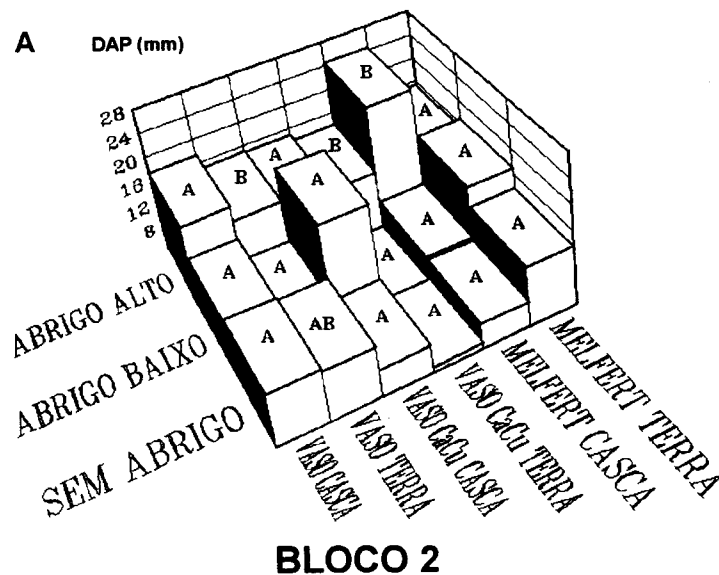
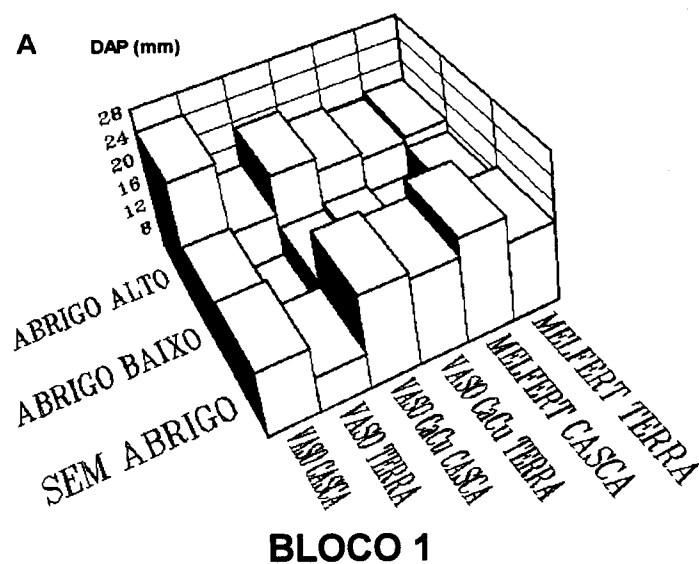


Figura 5.20 Diâmetro médio do tronco à altura do peito (DAP), expresso em milímetros **A** para as unidades experimentais do Bloco 1 e **B** do Bloco 2. Compararam-se as unidades experimentais com o mesmo tratamento radicular (Contentor/Substrato) para as três modalidades de Abrigo que nunca diferem no Bloco 1. No Bloco 2 modalidades de Abrigo com a mesma letra não diferem entre si para um mesmo tratamento radicular ($P > 0.05$).

É interessante notar que se mantém para o DAP a tendência notada nos parâmetros altura e diâmetro do colo, analisados anteriormente, para uma redução das diferenças entre os tratamentos no Bloco 1.

Efectuaram-se comparações entre as modalidades de Abrigo, considerando em conjunto as duas unidades experimentais do mesmo tratamento sempre que estas não diferiam significativamente entre os dois blocos do ensaio. De um modo geral, não se encontram diferenças significativas entre modalidades de Abrigo, o que confirma os resultados da análise feita bloco a bloco. Conforme se pode observar na figura 5.21, onde se resumem os resultados, apenas se encontraram diferenças significativas entre as modalidades de Abrigo para dois dos tratamentos radiculares - CaCu/Terra e Melfert/Casca - diferindo o Abrigo Alto do Abrigo Baixo, a que é superior ($\alpha_E = 0.10$).

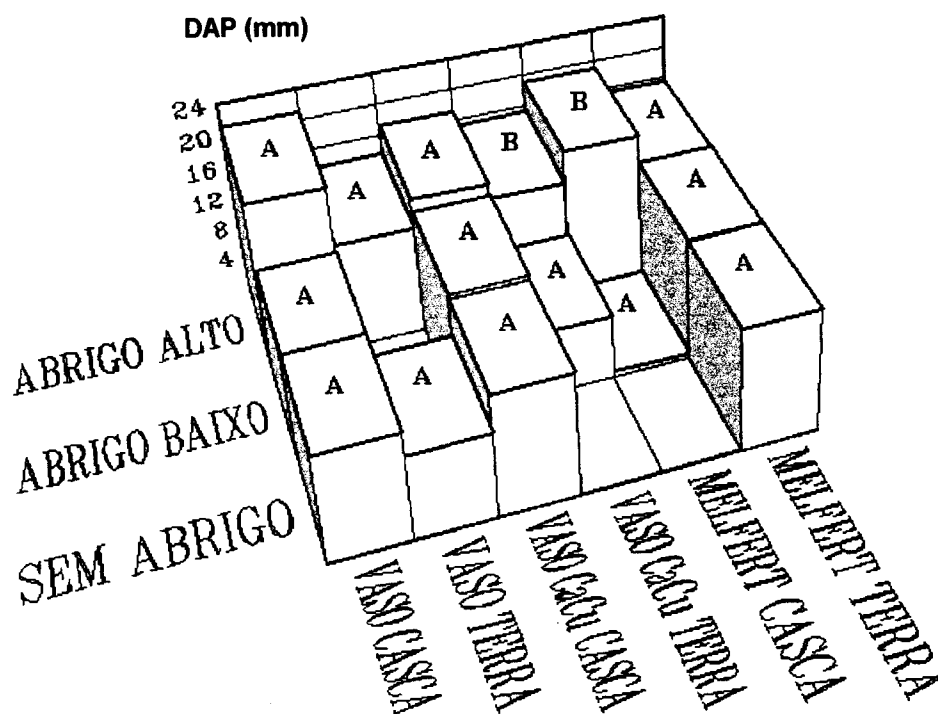


Figura 5.21 Diâmetro médio do tronco à altura do peito (DAP) expresso em milímetros, para os vários tratamentos aplicados, considerando ambos os Blocos. Modalidades de Abrigo com a mesma letra não diferem entre si para o mesmo tratamento radical ($P > 0.05$).

Não se encontraram diferenças significativas associadas ao factor Contentor, tal como na análise efectuada Bloco a Bloco. Para o Substrato, confirmou-se a superioridade do tratamento de substrato Casca que difere significativamente do tratamento de substrato Terra no Abrigo Alto/Vaso. No caso do Abrigo Baixo/CaCu não se confirmou, consideradas em conjunto as parcelas dos dois Blocos, a diferença associada ao Substrato encontrada no Bloco 2.

Da comparação entre modalidades de tratamento radicular (Contentor/Substrato), considerando os tratamentos cujas unidades experimentais não diferiam entre os dois Blocos, apenas se encontraram diferenças significativas no Abrigo Alto, em que Vaso/Casca e Melfert/Casca diferem de Vaso/Terra, que é inferior, não havendo mais diferenças a assinalar ($\alpha_E = 0.10$).

Globalmente parece poder considerar-se uma tendência para a existência de valores mais elevados no DAP no Abrigo Alto relativamente às outras modalidades de abrigo; porém as diferenças são em geral muito ténues, talvez por não se registar ainda um desenvolvimento substancial a este nível nas copas muito ramificadas, sendo os valores de DAP muito baixos em todos os tratamentos.

Em *Quercus rubra* num estudo de seis anos utilizando abrigos com 1.20 m de altura observaram-se diferenças significativas neste parâmetro entre as plantas abrigadas e não abrigadas (Lantagne *et al.*, 1995).

No nosso caso, mais do que o DAP propriamente dito o número de plantas com DAP mensurável aparece como um parâmetro mais variável entre os tratamentos e igualmente interessante como medida do crescimento das plantas.

5.3.5. Número de plantas com DAP

O número de Plantas com DAP em cada tratamento equivale ao número de plantas cuja cujo tronco é mensurável a 1.20 m de altura. Estas plantas terão assim uma altura obrigatoriamente superior a 1.20 m tendo além disso tronco e não só folhas acima desse nível. Este número difere bastante de uma parcela para outra como se torna evidente da leitura do valor de *n* na Tabela 5.4 e foi objecto de uma análise separada.

Na figura 5.22 expressa-se o número de plantas com DAP em proporção do número de plantas vivas em cada tratamento efectivamente sujeitas ao tratamento aplicado. As diferenças mais evidentes, encontram-se mais uma vez entre as

modalidades de Abrigo. Para o conjunto dos tratamentos Sem Abrigo as plantas com DAP representam 53% do total de plantas vivas. A percentagem de plantas com DAP entre as plantas vivas sobe para 60% para o conjunto dos tratamentos de Abrigo Baixo e para 87% para o conjunto dos tratamentos de Abrigo Alto.

É interessante constatar que os resultados observados para o conjunto dos tratamentos Sem Abrigo e de Abrigo Alto são semelhantes aos observados por Lantagne *et al.* (1995) após seis anos em *Quercus rubra* num estudo efectuado no Michigan, USA, em que foram utilizados abrigos igualmente com 1.20 m de altura, onde 52% das plantas não abrigadas e 80% das abrigadas tinham DAP mensurável.

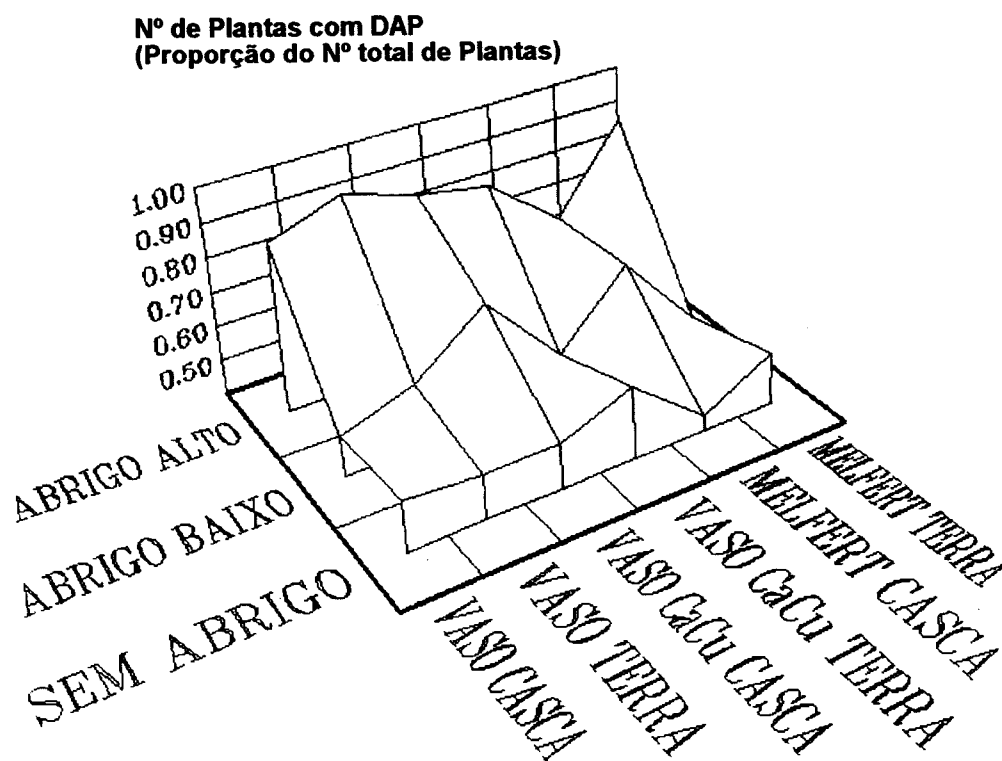


Figura 5.22 Número de plantas com diâmetro medido à altura do peito (DAP), expresso em proporção do número de plantas vivas e efectivamente sujeitas ao tratamento aplicado, em cada tratamento, considerando ambos os Blocos.

Realizou-se uma análise de independência dos vários factores (Abrigo, Contendor, Substrato, Bloco e existência de DAP) por ajustamento de modelos log-lineares múltiplos seguindo os procedimentos descritos em Bishop *et al.*,

(1975), usando-se o módulo LOGLIN de Statgraphics (STSC, 1989) com um factor de convergência de 0.001. Com uma análise de tipo descendente obteve-se um modelo que incluía todos os factores e interacções. Apesar do modelo assim obtido ser, naturalmente, altamente significativo a sua utilidade é, dado o elevado número de termos incluídos no modelo, reduzida para a interpretação dos resultados.

Com uma análise de tipo ascendente foi possível ajustar outro modelo, também significativo, incluindo o factor Abrigo, número de plantas com e sem DAP e a interacção entre ambos, permitindo concluir haver independência dos factores Contentor, Substrato e Bloco (e suas interacções) relativamente ao número de plantas vivas com e sem DAP. Em contrapartida, verifica-se não haver independência entre os factores Abrigo e número de plantas com e sem DAP.

Consequentemente realizaram-se testes *t* de Student de comparação, entre modalidades de Abrigo, do número de plantas com DAP (expresso em proporção do número de plantas vivas). Verificou-se não existirem diferenças entre Sem Abrigo e Abrigo Baixo, que diferem significativamente de Abrigo Alto, sendo a proporção de plantas com DAP superior no Abrigo Alto ($P < 0.001$).

5.3.5. Relação entre o DAP a altura e o diâmetro do colo

Dadas as alterações provocadas pelos abrigos na altura, diâmetro do colo e DAP pareceu-nos interessante estudar a variação conjunta destes três parâmetros para cada uma das modalidades de abrigo. No estudo da relação entre estes parâmetros, tratamentos e blocos seguiu-se o mesmo método e procedimentos utilizados anteriormente no estudo da relação entre altura, colo, tratamentos e blocos. O modelo investigado incluía à partida 34 termos, tendo os valores de DAP sido multiplicados por 10^{-2} . A equação resultante, com $R^2_{aj} = 0.851$, inclui a Altura, presença de Abrigo Alto, interacção entre a Altura e o Diâmetro do Colo, Altura e presença de Abrigo Alto, interacção entre Diâmetro do Colo e presença de Abrigo Alto, Abrigo Baixo, Bloco e Substrato, e interacção entre o contentor Melfert e o substrato. Substituindo na equação obtida todos os termos pelos valores que tomam para as variáveis de atributo obtêm-se 18 equações diferentes de forma geral:

$$DAP = a + bA + cC + dAC$$

onde *DAP* representa o diâmetro à altura do peito, *A* a altura e *C* o diâmetro do colo, sendo *a* a constante e *b*, *c* e *d* coeficientes que afectam os termos da equação após retransformação dos valores de DAP, Diâmetro do Colo e Altura, e que assumem, para cada tratamento, os valores que se apresentam na tabela 5.5. O valor do coeficiente *d*, é igual para todas os tratamentos, com o valor 6.905×10^{-5} .

Um primeiro exame da equação revela desde logo a existência de efeitos significativos no DAP associados à Altura, ao Diâmetro do Colo e à interacção entre ambos, esta última de tipo sinérgico, dada a presença de um coeficiente positivo associado ao termo *AC*.

Abrigo	Substrato	Contentor	<i>a</i>	<i>b</i> × 10 ⁻²	<i>c</i> × 10 ⁻²	
					Bloco 1	Bloco 2
Nulo	Terra	V. C. M	-29.067	2.064	0	2.183
	Casca	V. C	-29.067	2.064	3.502	5.685
		M	-30.947	2.064	3.502	5.685
Baixo	Terra	V. C. M	-29.067	2.064	4.386	6.571
	Casca	V. C	-29.067	2.064	7.888	10.071
		M	-30.947	2.064	7.888	10.071
Alto	Terra	V. C. M	-4.075	0.536	23.623	25.806
	Casca	V. C	-4.075	0.536	27.124	29.308
		M	-5.954	0.536	27.124	29.308

Tabela 5.5 Valores da constante *a* e coeficientes *b* e *c* para os diferentes tratamentos. Os coeficientes *a* e *b* são iguais em ambos os Blocos, apenas *c* difere entre os Blocos sendo $d = 6.905 \times 10^{-5}$ em todas as equações.

O exame da tabela revela serem de esperar diferenças significativas no DAP entre os blocos, já que para qualquer combinação dos restantes factores todos os coeficientes são iguais nos dois blocos menos o coeficiente *c*, que assume sempre valores superiores no Bloco 2. Assim o efeito do Diâmetro do Colo no DAP é maior no Bloco 2 do que no Bloco 1, ou seja para um mesmo valor de Diâmetro de Colo, o DAP esperado é superior no Bloco 2. Daqui resultará que a forma geral do tronco das plantas tenderá a ser menos afunilada no Bloco 2 do que no Bloco 1, explicando-se o facto de não se observarem maiores valores de DAP no Bloco 2, apesar da maior intensidade do efeito do Diâmetro do Colo, pelos menores valores de Altura e Diâmetro do Colo neste bloco.

Tendo em conta o sinal positivo do coeficiente associado à presença de Abrigo

Alto e o coeficiente zero associado a presença de Abrigo Baixo, pode concluir-se que o efeito do Abrigo Alto no DAP é significativamente maior que os efeitos do Abrigo Baixo e Sem Abrigo, que não diferem entre si.

Tendo em conta as características dos dois blocos somos levados a crer que o ensombramento que afecta particularmente o Bloco 2 poderá ser o grande responsável pelo menor afunilamento do tronco das plantas.

A ser assim, espera-se então que a intensidade luminosa das várias modalidades de Abrigo afecte de forma idêntica o efeito do Diâmetro do Colo no DAP. O exame da Tabela 5.4 parece efectivamente confirmar esta hipótese. De facto, tanto no Bloco 1 como no Bloco 2, para a mesma combinação dos restantes factores, o coeficiente *c* que representa o efeito do Diâmetro do Colo no DAP é sempre o menor nos Sem Abrigo e o maior no Abrigo Alto, com Abrigo Baixo intermédio; esta ordenação corresponde à ordenação do ensombramento provocado inicialmente pelas modalidades de Abrigo.

Não será, no entanto, de excluir completamente que a velocidade do vento possa ter alguma influência na relação DAP - Colo, sendo concebível que a cortina de eucaliptos poderá, para além do ensombramento provocado, ter algum efeito na velocidade média do vento, e nas diferenças de afunilamento relativo do tronco das plantas entre blocos, pelo menos nas plantas Sem Abrigo já que quando os abrigos estão correctamente colocados são de esperar velocidades do vento muito baixas no seu interior (Kjelgren, 1994, Bergez e Dupraz, 1997). Com efeito, parece possível que a velocidade do vento possa ter sido mais reduzida na proximidade da cortina de eucaliptos e portanto mais reduzida no Bloco 2. A hipótese de se verificarem efeitos devidos à redução do vento no Bloco 2 não é porém consistente com os menores valores de altura nele observados. Com efeito, as plantas podem responder ao vento desenvolvendo uma maior força mecânica, crescendo mais em diâmetro junto à base do tronco, desenvolvendo paredes celulares mais espessas e aumentando o seu crescimento radial o que é acompanhado por uma redução do crescimento em altura e da elongação internodal (veja-se Nobel, 1981). Porém se houve algum efeito de uma possível redução do vento no Bloco 2, só se reflectiu significativamente na forma e engrossamento do tronco.

Tendo em conta que o Diâmetro do Colo apresenta entre todos os factores influentes no DAP, uma maior variabilidade, resultante da sua aparente

dependência da intensidade luminosa, justifica-se uma análise mais aprofundada da sua variação. Como se viu, o efeito do Diâmetro do Colo sobre o DAP é sempre maior no Bloco 2 que no Bloco 1, mas essa superioridade varia com a natureza dos restantes tratamentos. Comparando entre blocos, e exprimindo a intensidade do efeito do Diâmetro do Colo no DAP como a razão entre os valores dos coeficientes c nos dois blocos (figura 5.23A), verifica-se que esta razão diminui, e com ela as diferenças entre blocos no grau de afunilamento do tronco, com o ensombramento provocado pelo Abrigo, havendo assim diferenças superiores entre os tratamentos Sem Abrigo, intermédias no Abrigo Baixo e inferiores no Alto, o que está perfeitamente conforme o que se poderia esperar considerando que a luz é, neste caso, o factor que mais influencia a variação da forma do tronco. Para o mesmo Abrigo, a variação observada é independente do Contentor mas dependente do Substrato, sendo a razão maior quando o substrato usado é Terra do que quando é Casca.

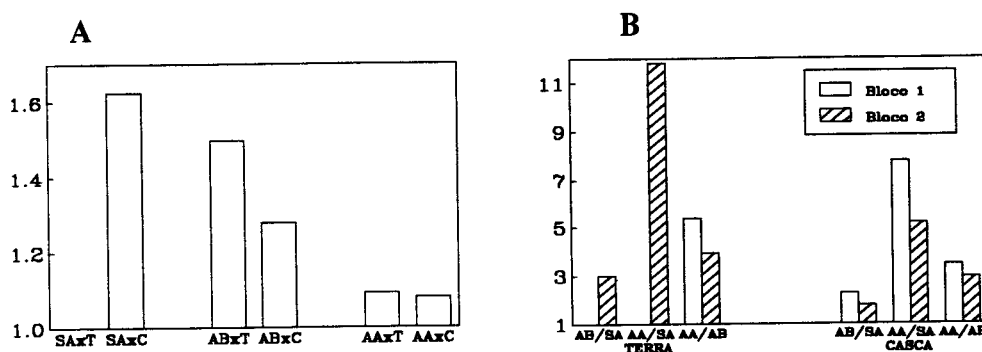


Figura 5.23 A. Razão Bloco 2/Bloco 1 da intensidade do efeito do Diâmetro do Colo (c) no DAP e B. Razão entre modalidades de Abrigo da intensidade do efeito de c no DAP. SA- Sem Abrigo, AB - Abrigo Baixo, AA - Abrigo Alto, T- Terra e C- Casca.

Comparando dentro de cada bloco os efeitos do Diâmetro do Colo no DAP verifica-se que o aumento de intensidade desse efeito, definido pelas razões entre os coeficientes dos abrigos para cada substrato, é sempre maior no Bloco 1 que no Bloco 2. Em resumo, diríamos que os resultados sugerem que o efeito do Diâmetro do Colo sobre o DAP, aumenta com o aumento do ensombramento, correspondendo a troncos de forma progressivamente mais colunar e menos afunilada mas tendendo aparentemente para um patamar.

Quanto ao efeito da Altura no DAP não se observam diferenças entre Abrigo Baixo e Sem Abrigo, tendo ambos os tratamentos um efeito menor que o do Abrigo Alto. No entanto este efeito surge como completamente independente do Contentor, Substrato e Bloco contrastando com o efeito do Diâmetro do Colo e aparentando maior insensibilidade ao grau de ensombramento.

Relativamente ao efeito do Contentor, os resultados sugerem nunca haver diferenças entre Vaso e CaCu sejam quais forem os restantes tratamentos, mas haver diferenças entre Melfert e os dois anteriores quando o substrato é Casca (mas não quando é Terra) com menores valores de DAP a esperar em Melfert.

Finalmente, quanto ao efeito do Substrato verifica-se que são de esperar maiores valores de DAP no substrato Casca desde que o contentor seja Vaso ou Vaso/CaCu, em seguida no substrato Terra, qualquer que seja o contentor, e por último no substrato Casca com contentor Melfert.

5.3.7. Índice de cobertura de cortiça

Durante a medição das plantas verificou-se que o grau de cobertura do tronco com cortiça variava bastante e considerou-se que seria um parâmetro a ter em conta na avaliação global dos tratamentos aplicados. Optou-se pela utilização de um índice de cobertura pois uma quantificação mais precisa tornar-se-ia extremamente morosa e dispendiosa de tempo. O índice que se utilizou, com seis classes (de 0 a 5), foi estabelecido face à situação concreta encontrada no campo parecendo ser esta a escala que melhor permitia descrever a maior parte das plantas. Posteriormente afim de facilitar a análise dos dados de cobertura de cortiça, considerou-se para cada classe uma proporção que se assume como o seu centro de gravidade.

As seis classes foram assim transformadas nas seis proporções de revestimento do tronco com cortiça seguintes: 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 e 0.9, sem alteração da estrutura dos dados. Na tabela 5.5 apresentam-se resumidamente dos dados obtidos.

Os dados, em proporção foram seguidamente sujeitos a uma transformação de Box-Cox como $Y' = (Y^\lambda - 1) / \lambda$ com $\lambda = -0.31903$. No entanto, não foi conseguida a homogeneização de variâncias. Não obstante, prosseguiu-se com a análise dos dados através de uma ANOVA encadeada utilizando o módulo NESTAN de

BIOMpc (Rohlf, 1992) como anteriormente. Não se encontraram diferenças significativas para o primeiro nível da ANOVA, entre os Blocos ($P = 0.455$), nem para o segundo nível, entre Tratamentos ($P = 0.219$).

Parcela	Bloco	Abrigo	Substrato	Contentor	Cobertura média (%)	Erro Padrão (%)	Cobertura máxima (%)	Cobertura mínima (%)	n
1	2	Baixo	Casca	Vaso	40.9090	10.484	90	0	11
2	2	Nulo	Casca	Vaso	63.7500	4.366	90	30	16
3	2	Alto	Terra	Vaso	44.1667	10.110	90	0	12
4	2	Baixo	Terra	CaCu	48.4615	10.430	90	0	13
5	2	Nulo	Casca	CaCu	75.8824	5.359	90	10	17
6	2	Nulo	Casca	Melfert	55.2632	7.429	90	0	19
7	2	Baixo	Terra	Vaso	64.6154	8.368	90	0	13
8	2	Baixo	Casca	CaCu	66.1538	8.589	90	0	13
9	2	Nulo	Terra	Vaso	56.1111	6.722	90	0	18
10	1	Baixo	Casca	CaCu	55.7143	7.895	90	0	14
11	1	Baixo	Casca	Vaso	44.0000	12.840	90	0	10
12	1	Baixo	Terra	CaCu	45.7143	6.606	90	0	14
13	1	Alto	Casca	Vaso	39.2308	9.705	90	0	13
14	1	Nulo	Terra	CaCu	54.5454	7.788	90	0	11
15	1	Alto	Casca	CaCu	48.1818	10.602	90	10	11
16	1	Nulo	Terra	Melfert	57.6470	7.743	90	0	17
17	1	Nulo	Terra	Vaso	61.0000	5.125	90	10	20
18	1	Nulo	Casca	Vaso	70.0000	7.037	90	10	15
19	2	Baixo	Terra	Melfert	30.7143	8.285	70	0	14
20	2	Alto	Casca	Vaso	41.5385	8.832	90	0	13
21	2	Nulo	Terra	Melfert	56.4286	9.812	90	0	14
22	2	Alto	Casca	Melfert	44.0000	13.182	90	0	10
23	2	Alto	Terra	CaCu	29.2857	9.634	90	0	14
24	2	Alto	Terra	Melfert	44.0000	8.969	90	10	10
25	2	Nulo	Terra	CaCu	41.6667	7.053	70	0	12
26	2	Alto	Casca	CaCu	31.4286	11.635	90	0	7
27	2	Baixo	Casca	Melfert	54.6154	7.216	90	10	13
28	1	Baixo	Terra	Melfert	55.5556	10.153	90	0	9
29	1	Nulo	Casca	Melfert	57.0588	6.403	90	10	17
30	1	Baixo	Casca	Melfert	42.7272	10.453	90	0	11
31	1	Alto	Terra	Vaso	32.7272	11.528	90	0	11
32	1	Nulo	Casca	CaCu	63.3333	5.404	90	30	15
33	1	Alto	Terra	CaCu	60.0000	4.060	90	50	14
34	1	Alto	Casca	Melfert	43.8462	8.285	90	10	13
35	1	Alto	Terra	Melfert	42.5000	22.126	90	0	4
36	1	Baixo	Terra	Vaso	30.0000	17.795	70	0	4

Tabela 5.6 Média, erro padrão, valores máximo e mínimo de revestimento do tronco com cortiça, expresso como percentagem da superfície total do tronco, bem como o número de dados (n) relativos às diferentes unidades experimentais, indicando-se abreviadamente o respectivo Bloco e modalidades de Abrigo, Substrato e Contentor.

Assim, investigou-se a possibilidade de combinar o quadrado médio do erro experimental com o do nível encadeado, a qual foi rejeitada de acordo com os critérios descritos em Sokal e Rohlf (1981). Assim sendo, prosseguiu-se a análise destes dados tal como anteriormente, através de comparações seleccionadas entre unidades experimentais, realizadas por meio de testes t de Student.

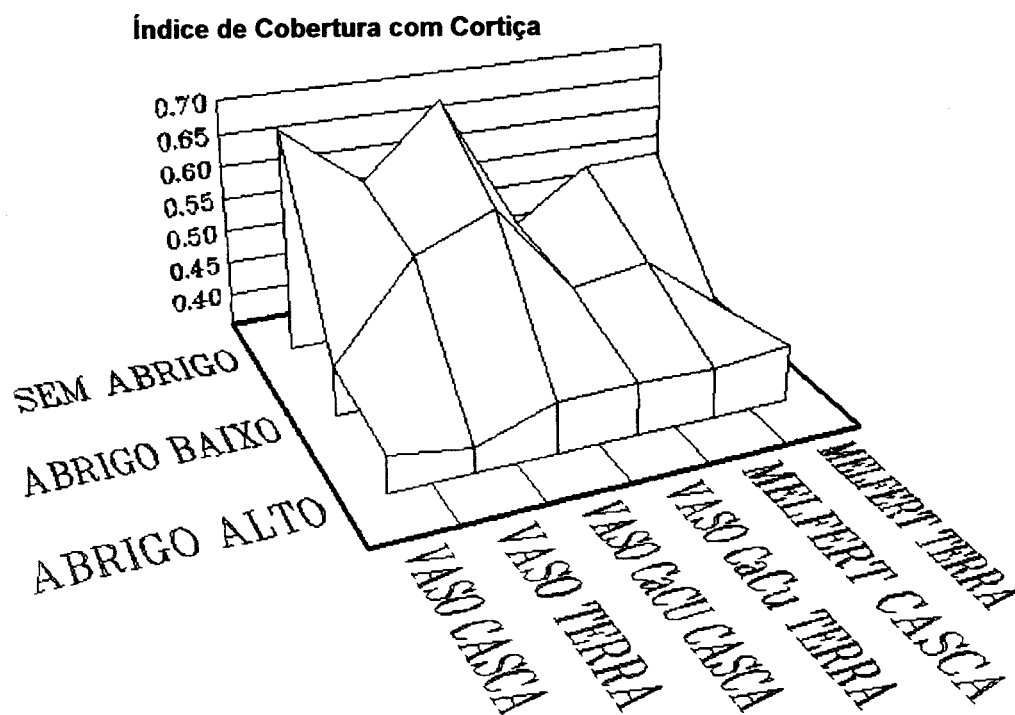


Figura 5.24 Valores médios do índice de revestimento do tronco com cortiça, expressos como proporção estimada da superfície total do tronco, para os vários tratamentos aplicados considerando ambos os blocos.

Comparando as unidades experimentais que receberam idêntico tratamento, só diferindo no Bloco, apenas se encontram diferenças significativas para o caso dos tratamentos de Abrigo Alto/CaCu/Terra, com a unidade experimental do Bloco 1 superior à do Bloco 2, o que sustenta a rejeição da solução de combinar.

Na figura 5.24 pode observar-se a variação deste parâmetro, podendo notar-se, mais uma vez, que o factor Abrigo é aparentemente preponderante. O revestimento do tronco com cortiça é sempre inferior quando foi aplicado o Abrigo Alto, intermédio para o Abrigo Baixo e superior na modalidade Sem Abrigo, sendo de notar que esta variação é semelhante à observada no diâmetro basal do tronco

O efeito do tratamento radicular é aparentemente atenuado pela presença de Abrigo Alto, sendo as diferenças entre as modalidades de tratamento radicular muito reduzidas sempre que este abrigo foi empregue. Nas duas restantes modalidades de Abrigo surgem diferenças relativamente mais marcadas entre os tratamentos radiculares nem sempre do mesmo sentido.

Não existindo basicamente diferenças entre os dois Blocos, prosseguiu-se a análise considerando em conjunto as duas parcelas do mesmo tratamento, com excepção das atrás referidas, para as quais se encontraram diferenças significativas entre os Blocos; ou seja procedeu-se a uma combinação limitada, semelhante ao que já havia sido feito para os parâmetros analisados anteriormente.

Na figura 5.25 resumem-se os resultados das comparações efectuadas entre as três modalidades de Abrigo para os tratamentos de idêntico Contentor e Substrato ($\alpha_E = 0.19$). Entre os tratamentos de Vaso/Casca, na modalidade Sem Abrigo a cobertura média de cortiça difere de ambos os Abrigos que não diferem entre si, sendo superior. Entre os tratamentos Vaso/Terra e CaCu/Casca a modalidade Sem Abrigo difere significativamente, sendo superior, do Abrigo Alto; em ambos os casos, os tratamentos de Abrigo Baixo, com uma cobertura intermédia, não diferem de qualquer deles. Para os restantes tratamentos radiculares, as diferenças entre as modalidades de Abrigo não são significativas.

Ao nível do Contentor não se registam diferenças significativas entre os tratamentos que apenas diferem nesse factor, com uma única excepção - para os tratamentos Sem Abrigo/Casca em que o contentor Melfert apresenta uma cobertura média significativamente diferente, sendo inferior, à dos outras modalidades de Abrigo que não diferem entre si ($\alpha_E = 0.10$).

Quando se comparam entre si os tratamentos que só diferem no Substrato também não se evidenciam diferenças significativas, com somente uma excepção, nos tratamentos Sem Abrigo/CaCu, em que a unidade experimental de substrato Casca difere significativamente, sendo superior, à de substrato Terra.

Finalmente comparando dentro de cada modalidade de Abrigo, as diferentes modalidades de tratamento radicular (Contentor/Substrato) encontra-se para os tratamentos Sem Abrigo um grupo superior constituído pelo Vaso/Casca e pelo CaCu/Casca, um grupo inferior constituído pelos tratamentos CaCu/Terra, Melfert/Casca e Melfert/Terra. O tratamento Vaso/Terra ocupa uma posição intermédia não diferindo nem do grupo superior nem do inferior ($\alpha_E = 0.26$).

Entre os tratamentos de Abrigo Baixo o CaCu/Casca revela-se superior ao Melfert/Terra, com todos os outros tratamentos constituindo um grupo intermédio não diferindo entre si nem daqueles. Há, pois, uma certa constância nos grupos formados com o tratamento CaCu/Casca integrando em ambos os casos o grupo superior e o tratamento Melfert/Terra integrando o inferior.

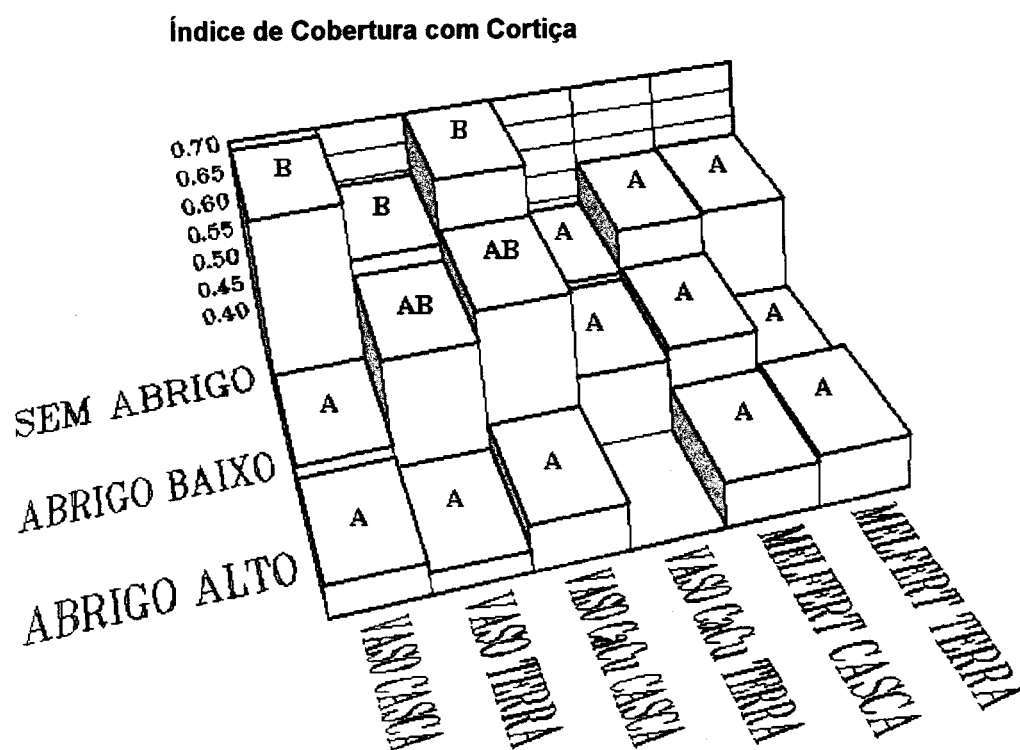


Figura 5.25 Índice médio de cobertura de cortiça, expresso como proporção da superfície total do tronco, para os vários tratamentos aplicados, considerando ambos os blocos. Modalidades de Abrigo com a mesma letra não diferem entre si para cada um dos tratamentos radiculares ($P > 0.05$).

Por fim, entre os tratamentos de Abrigo Alto não se encontram diferenças associadas aos tratamentos radiculares o que sugere ter a presença deste Abrigo uma influência suficientemente forte para se sobrepor a todas as outras.

A presença de um revestimento externo identificável como cortiça no trono das plantas acompanha o desenvolvimento normal do sobreiro, resultando da formação de uma estrutura secundária, com constituição na parte externa do tronco de um

meristema secundário o cambio-subero-felodérmico ou felogene. Este, uma vez formado e em actividade, origina uma camada de protecção externa ou periderme, produzindo feloderme para o interior onde preponderam células parenquimatosas que tipicamente acumulam substâncias de reserva e para o exterior suber secundário (também conhecido como felema), constituído por camadas regulares de células mortas na maturação, em regra achatadas, de parede celular suberificada (Esau, 1977), camada essa que no sobreiro adquire características únicas pela espessura desenvolvida, dimensão e regularidade das suas células (Natividade, 1950).

Supostamente todas as circunstâncias que reduzam o crescimento secundário do tronco e o seu engrossamento, contribuirão também para um atraso da formação de cortiça visível, e extensão da área de tronco revestida. Por isso de certa forma surpreende a ausência de diferenças significativas associadas ao factor Bloco, pois poder-se-ia esperar uma menor presença de cortiça nas plantas do Bloco 2 (média geral 49.38 %) onde o Diâmetro basal do tronco tende a reduzir-se e o tronco das plantas tende para apresentar forma mais colunar, com menor afunilamento que no Bloco 1 (50.21%).

Por outro lado, a tendência geral observada entre as modalidades de Abrigo, com tendência para uma redução do índice de cortiça nas plantas abrigadas, sendo mais acentuada no Abrigo Alto, está perfeitamente conforme com a grandeza relativa do diâmetro basal e grau de afunilamento do tronco entre as modalidades de abrigo.

5.3.8. Caracterização e agrupamento dos indivíduos

Os indivíduos vivos presentes no campo de ensaio e efectivamente sujeitos aos tratamentos aplicados, num total de 462 plantas, foram sujeitos a uma Análise de Componentes Principais (ACP) em que se consideraram como descritores as variáveis contínuas altura, diâmetro do colo, diâmetro à altura do peito (DAP) e revestimento do tronco com cortiça. Assumiu-se como zero o valor do DAP em plantas com altura inferior à do peito, sendo a ACP seguida de classificação.

Tendo em conta a vantagem de normalização de distribuição das variáveis usou-se o módulo BASTAT de BIOM (Rohlf, 1992) para determinar não só a necessidade como o valor ou valores da família de transformações de Box-Cox necessários para normalizar as variáveis. Os dados, expressos em milímetros para

as três primeiras variáveis e em proporção para a última, foram previamente sujeitos às transformações seguintes: $\text{Altura} = \text{Altura} / 10000$, $\text{Diâmetro do colo} = \text{Diâmetro do colo} / 100$, $\text{DAP} = (\text{DAP} / 100) + 1$, $\text{Cortiça} = \text{Cortiça} + 1$.

O dados de altura revelaram não necessitar de transformação; os de diâmetro de colo transformaram-se como $Y'' = [(Y/100)^\lambda - 1] / \lambda$ com $\lambda = 0.61724$, e os de cortiça transformaram-se como $Y'' = [(Y+1)^\lambda - 1] / \lambda$ com $\lambda = 1.78132$. Os valores de DAP necessitaram de uma dupla transformação: em primeiro lugar como $Y'' = [((Y/100)+1)^\lambda - 1] / \lambda$ com $\lambda = -6.77823$ seguida de nova transformação após adição de uma unidade ao valor obtido ($Y''' = [(Y''+1)^\lambda - 1] / \lambda$ com $\lambda = -5.27694$).

A ACP foi realizada usando os procedimentos de SPAD (Lebart e Morineau, 1985), tendo sido realizada com base na matriz de correlação por forma a eliminar as diferenças de escala dos descritores (Legendre e Legendre, 1979).

Tendo em conta que a ACP foi realizada com base na matriz de correlação das variáveis, seriam de reter de imediato os eixos factoriais cujo valor próprio fosse superior à unidade, o que só se verificou para o primeiro eixo. No entanto, tendo em conta que o valor próprio do segundo eixo se encontra próximo da unidade (0.840), considerando o resultado do teste gráfico dos valores próprios em função do número de eixos (Hair *et al.*, 1992) e dada percentagem de variabilidade acumulada nos dois primeiros eixos (cerca de 92%) optou-se por considerar os dois primeiros eixos para posterior classificação das plantas.

A análise das coordenadas dos descritores revela diferenças mínimas no primeiro eixo, podendo este eixo ser considerado como o reflexo do desenvolvimento global das plantas expresso por um gradiente crescente das quatro variáveis. Em contrapartida, o segundo eixo opõe claramente dois grupos de variáveis; por um lado a Altura e o DAP surgem praticamente juntos no segundo eixo, com valores positivos, opondo-se ao Diâmetro do Colo e Cortiça igualmente juntos. Este posicionamento sugere a existência de plantas com respostas diferentes, ou seja em que alturas e DAP's elevados são acompanhados de diâmetros de colo e cortiça baixos e vice-versa (figura 5.27).

Com base nas coordenadas factoriais dos dois primeiros eixos efectuou-se uma classificação ascendente hierárquica segundo o método dos vizinhos recíprocos usando os procedimentos de SPAD (Lebart e Morineau, 1985) seguido de corte da árvore em classes com consolidação da partição com centros móveis (Lebart *et al.*, 1984) e até 50 iterações, usando os procedimentos de SPAD (Lebart e Morineau,

1985).

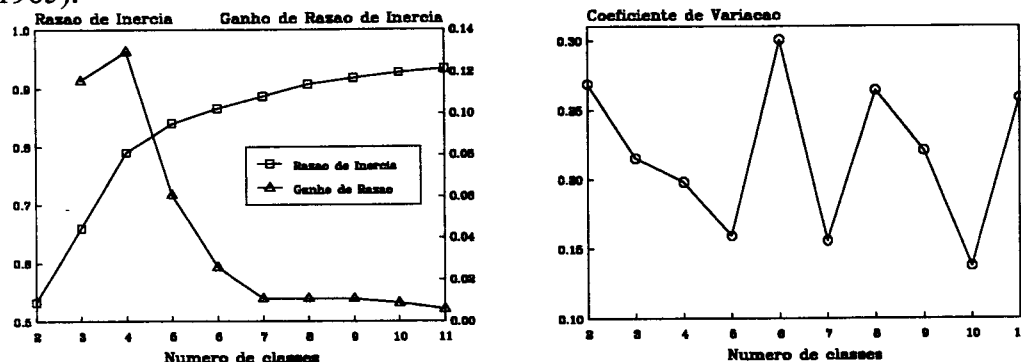


Figura 5.26 Gráficos da variação da razão de inércia (inércia inter-grupos/inércia total) e do ganho da razão de inércia (à esquerda) bem como da variação do coeficiente de variação (à direita) em função do número de classes consideradas.

A partição em duas classes revelou a existência de uma classe com todas as variáveis sobre-representadas e outra, menor, com todas as variáveis sub-representadas e que corresponde basicamente ao posicionamento dos objectos (plantas) ao longo do primeiro eixo; considerando-se que uma variável está sobre-representada ou é alta numa classe quando a sua média é claramente maior que no conjunto dos indivíduos classificados e de forma semelhante que é baixa ou está sub-representada numa classe quando a sua média é claramente menor que no conjunto dos indivíduos classificados.

A consideração de três classes começa a reflectir o efeito do segundo eixo e levou ao aparecimento de uma classe caracterizada por sobre-representação de altura e DAP e sub-representação de diâmetro de colo e cortiça permanecendo as duas classes anteriormente formadas, embora com efectivos menores.

A consideração de quatro classes não altera qualitativamente as classes formadas dando origem a uma nova classe complementar da que tinha surgido na partição anterior, ou seja, com sub-representação de altura e DAP e sobre-representação de diâmetro de colo e cortiça.

A consideração de cinco classes manteve a classe com sub-representação de todas as variáveis (classe 1), deu origem a duas classes com sobre-representação de todas as variáveis, com a classe 2 apresentando valores superiores em todas as variáveis à classe 3, manteve-se a classe com sobre-representação de altura e DAP e sub-representação de diâmetro de colo e cortiça (classe 4), alterando-se a sua ex-

-complementar (classe 5) que mantém a sub-representação de altura e DAP e a sobre-representação da cortiça mas cujo diâmetro do colo passa a não diferir significativamente do valor para o conjunto dos indivíduos.

Optou-se por interromper a partição da árvore na quinta classe devido a) à estabilização da razão de inércia inter-grupos/inércia total que se verifica na partição em seis classes e b) ao facto do coeficiente de variação corrigido da inércia média de cada classe diminuir até à formação de cinco classes, oscilando a partir daí de forma acentuada (figura 5.26).

Na figura 5.27 pode ver-se a distribuição dos indivíduos, dos cinco grupos considerados bem como a projecção das variáveis no primeiro e segundo eixos.

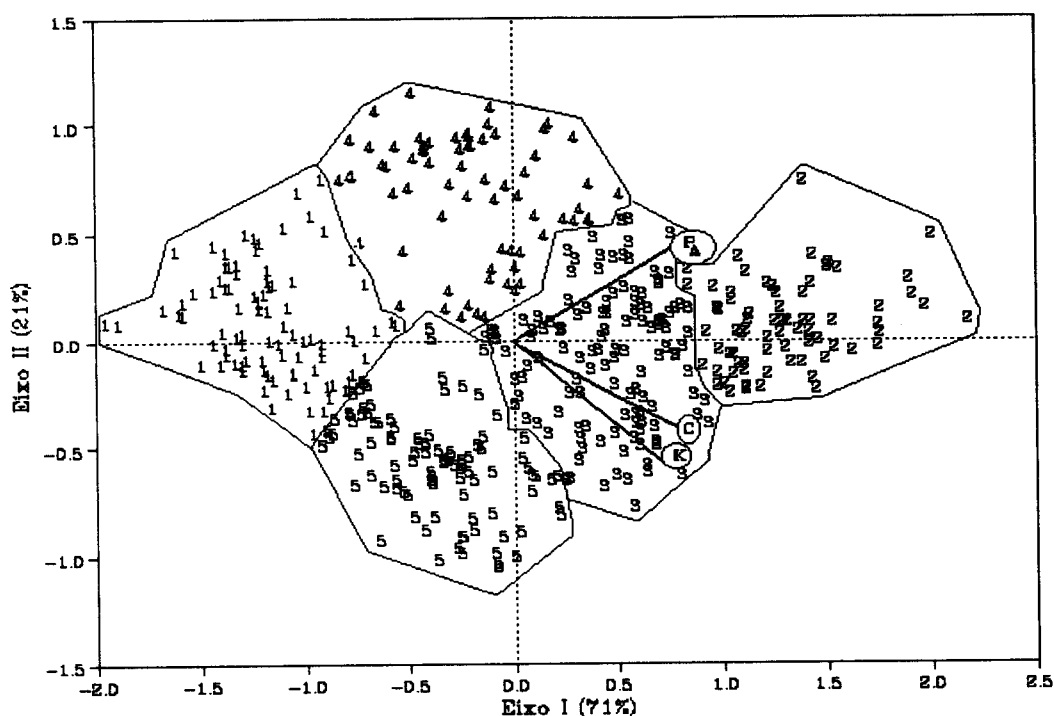


Figura 5.33 Representação dos 462 indivíduos e 4 variáveis descritoras pelas suas coordenadas factoriais nos eixos I e II resultantes de uma Análise de Componentes Principais. Os indivíduos estão representados pela classe a que pertencem, sendo A a Altura, C, o Diâmetro do Colo; P, o Diâmetro à Altura do Peito e K a Cortiça.

Na caracterização de cada classe quanto às várias modalidades de tratamentos

(Bloco, Abrigo, Contentor e Substrato) considera-se que, sempre que numa classe, a proporção de plantas de uma determinada modalidade de tratamento, esteja incluída no intervalo definido pela sua proporção no conjunto das 462 plantas mais ou menos 5%, ocorre de forma equitativa nessa classe. Sempre que a referida proporção não se inclui naquele intervalo por excesso considera-se haver sobre-representação (podendo portanto a classe ser caracterizada pela presença de plantas dessa modalidade), quando não se inclui naquele intervalo por defeito considera-se haver sub-representação (podendo portanto a classe ser caracterizada pela ausência de plantas dessa modalidade).

A **classe 1** poderá descrever-se como o grupo das plantas menores e menos desenvolvidas, representando aproximadamente 1/5 do conjunto, caracteriza-se por (1) baixa Cortiça, (2) baixo Colo, (3) baixa Altura e (4) baixo DAP. Nesta classe, 45% das plantas não têm cortiça e apenas 11% têm DAP definido. Pode notar-se uma predominância relativa de plantas de Abrigo Baixo que representam 47% das plantas, encontrando-se esta modalidade de Abrigo nitidamente sobre-representada (+17% que no conjunto de todas as plantas), o contentor Melfert, com 42% encontra-se igualmente sobre-representado (+10%) o mesmo acontecendo com o substrato Terra (+11%).

A **classe 2** encontra-se em clara oposição à classe 1 sobre o primeiro eixo podendo descrever-se como o grupo das plantas maiores e mais desenvolvidas, representando 16.0% do conjunto, caracteriza-se por (1) Altura elevada, (2) DAP elevado, (3) Colo elevado e (4) Cortiça elevada. Nesta classe predominam indivíduos Sem Abrigo mas não se pode considerar esta modalidade de Abrigo sobre-representada, com 46% dentro da classe (dado que representa 41% do conjunto de todas as plantas). Pelo contrário, o Abrigo Baixo representando 23% das plantas da classe 2, pode considerar-se sub-representado (-7% que no conjunto). Evidencia-se particularmente, a predominância de plantas de substrato Casca que representam 64% da classe (+12%), e também do Bloco 1 (+10%).

A **classe 3** é a mais abundante representando 27.3% do número total de indivíduos. Pode considerar-se um grupo de plantas desenvolvidas, mas menores e menos desenvolvidas do que as da classe 2. Sendo basicamente positiva no primeiro eixo, está relativamente central no que respeita ao segundo mas sendo tendencialmente mais negativa que positiva. Com efeito caracteriza-se por (1) Cortiça elevada, (2) DAP elevado, (3) Colo elevado e por último (4) Altura

elevada. Há um equilíbrio relativo na representação dos Abrigos, Contentores e Substratos neste grupo em que predominam as plantas do Bloco 1 que representam 61% da classe (+12% que no conjunto total).

A **classe 4** é a que tem menos indivíduos, representando 15.2% do total. A sua disposição é relativamente central sobre o eixo 1, embora mais negativa que positiva assumindo valores positivos no eixo 2. É nitidamente um grupo de plantas altas e delgadas de tronco colunar, caracterizando-se por (1) Cortiça baixa, (2) Colo baixo, (3) DAP elevado e (4) Altura elevada. As plantas de Abrigo Alto, constituem 83% da classe (+54% que no total). Blocos e substratos têm uma representação relativamente equilibrada neste grupo, muito próxima da geral. Há um ligeiro predomínio do contentor Vaso com 39% (+5%) e um ligeiro défice do contentor Melfert com 27% (-5%).

Finalmente a **classe 5** com 21.6% dos indivíduos, encontra-se em oposição à classe 4 no eixo 2, caracterizando-se por (1) DAP baixo, (2) Altura baixa, (3) Cortiça elevada. Na sua maioria (77%) são plantas sem altura suficiente para terem DAP, o tronco tem no entanto, uma grossura média com um grau de cobertura de cortiça (médio-)elevado. São basicamente plantas Sem Abrigo que formam este grupo constituindo 69% da classe (+12%), a representação do Abrigo Alto é mínima, equivalendo a apenas 3% da classe (-26%) mas a do Abrigo Baixo é semelhante (-2%) à geral.

Desta análise parece poder retirar-se que o Abrigo Baixo pela sua sobre-representação na classe 1 (das plantas menos desenvolvidas) e sub-representação, na classe 2 (das plantas mais desenvolvidas), teve um efeito globalmente deletério no crescimento das plantas no campo. Este resultado, completamente inesperado face às perspectivas optimistas resultantes da observação do crescimento de jovens sobreiros durante uma estação de crescimento (capítulo 3), poderá resultar do desenvolvimento de temperaturas deletérias para os tecidos foliares no interior deste abrigo durante o Verão, em períodos de défice hídrico, como se vem referindo, as quais são passíveis de provocar uma extensiva secagem e perda foliar na parte aérea que afecta o posterior crescimento das plantas. A degradação precoce do abrigo, por enegrenecimento e opacificação do plástico pode agravar a ocorrência de temperaturas elevadas e alterar as condições microclimáticas internas, nomeadamente reduzindo acentuadamente a luz disponível e tornando o ambiente negativo para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

As plantas do Abrigo Alto, podem caracterizar-se como plantas altas, delgadas e de tronco colunar, com atraso no engrossamento do tronco e produção de cortiça, dada a sua marcada sobre-representação na classe 4. Estas características não surpreendem face à observação do crescimento de jovens sobreiros neste abrigo durante as duas primeiras estações de crescimento (capítulo 3 e 4).

Finalmente, a sobre-representação do substrato Casca no grupo das plantas mais desenvolvidas (classe 2), evidencia a tendência generalizada para a ocorrência de melhores resultados (maior altura, diâmetro do colo, DAP e cortiça) nos tratamentos deste substrato.

Para estes resultados poderá ter contribuído um maior desenvolvimento inicial das plantas neste substrato, pois que diferenças no tamanho e desenvolvimento radicular, na altura da plantação, podem afectar o desenvolvimento posterior das árvores (Johnson *et al.*, 1984), podendo ainda notar-se vários anos depois (Ward, 1996). Porém, mais do que o efeito de uma eventual vantagem inicial que este substrato tenha proporcionado às plantas (que importa esclarecer), estes resultados parecem indicar que presença de casca de pinheiro, um material de muito lenta decomposição (Oliveira, 1990), junto à raiz poderá ter proporcionado um suplemento de nutrientes que as plantas de substrato Terra não receberam e que, nos solos pobres em nutrientes (veja-se Diniz, 1994) onde foi instalado o ensaio, poderão ter favorecido significativamente o crescimento. A casca de pinheiro, para além de poder fornecer nutrientes, favoriza a retenção da humidade e acidificação do solo, o que poderá igualmente ser benéfico para o crescimento dos jovens sobreiros, podendo ainda, eventualmente, influenciar positivamente a micorrização das plantas.

Não são notáveis no desenvolvimento das plantas, decorrido este tempo, efeitos da aplicação de carbonato cúprico ao vaso, no entanto, a sobre-representação do contentor Melfert na classe 1, sugere que o crescimento das plantas poderá ter sido prejudicado pela utilização deste contentor possivelmente devido a alguma restrição do desenvolvimento radicular pós-plantação.

5.3.9. Mortalidade

O número de plantas mortas no campo de ensaio foi registado em 13 Maio de 1991, 20 de Abril de 1992 e entre 11 de Maio e 7 de Junho de 1995.

É necessário referir que um número importante de plantas, assinaladas como mortas nas duas primeiras ocasiões, mostrou posteriormente não o estar e embora entre elas, algumas tenham permanecido com a parte aérea muito reduzida e inclusivamente voltado a ser assinaladas como mortas posteriormente, muitas outras recuperaram efectivamente alcançando um bom desenvolvimento em 1995. Mais precisamente, 38.7% das plantas assinaladas como mortas em 1991 e 22.0% das assinaladas em 1992 não o estavam realmente pois que voltaram a dar sinais de vida posteriormente.

Na figura 5.28 apresenta-se um esquema do campo de ensaio no qual se assinala a distribuição espacial das plantas mortas. Os dados de mortalidade de 1991 e 1992 foram corrigidos (retiraram-se dos registos as plantas dadas como mortas erradamente).

Conforme se torna evidente a partir da análise da figura 5.28, não há uma distribuição aleatória da mortalidade no campo de ensaio. Por outro lado, a mortalidade exagerada localizada no canto inferior direito da figura (canto sudoeste do ensaio) que afecta as unidades experimentais 35 e 36, sai completamente da gama de mortalidades das restantes parcelas e dificilmente pode ser atribuído aos tratamentos aplicados que têm valores normais nas unidades experimentais do Bloco 1. Em nossa opinião a mortalidade encontrada nestas unidades experimentais deve-se a um conjunto de condições desfavoráveis, específicas do local. Efectivamente as condições edáficas são aí diferentes e mais desfavoráveis do que no resto do terreno em que está instalado o ensaio o que por si só, poderá ser responsável pelo acréscimo de mortalidade nesta zona.

Com efeito, ao local destas parcelas, corresponde (segundo a Carta de Solos da Herdade da Mitra, Departamento de Geociências, Universidade de Évora, 1977) um litossolo com afloramentos rochosos, ou seja um solo esquelético sem horizontes definidos, limitado a um perfil C R e de espessura efectiva normalmente inferior a 10 cm (Cardoso, 1965), enquanto nas restantes parcelas temos um solo litólico, mais profundo, onde pode definir-se um Horizonte Ap com de 15 a 25 cm, pardo, arenoso-franco ou franco arenoso (com predomínio de areia fina), solto ou muito friável, com pH 5.0 a 5.5 que transita gradualmente para um horizonte B, entre 25 a 60 cm, semelhante ao anterior mas de cor pardo-amarelada, o qual transita gradualmente para um horizonte C proveniente da meteorização da rocha mãe (Cardoso, 1965), neste caso dioritos ou quartzo-dioritos.

36	1. Abrigo Baixo / CaCu / Casca	19. Abrigo Baixo / Melfert / Terra	1
35	45%	25%	2
34	2. Sem Abrigo / Vaso / Casca	20. Abrigo Alto / Vaso / Casca	1
33	20%	30%	2
32	3. Abrigo Alto / Vaso / Terra	21. Sem Abrigo / Melfert / Terra	1
31	20%	30%	2
30	4. Abrigo Baixo / CaCu / Terra	22. Abrigo Alto / Melfert / Casca	1
29	35%	30%	2
28	5. Sem Abrigo / CaCu / Casca	23. Abrigo Alto / CaCu / Terra	1
27	15%	10%	2
26	6. Sem Abrigo / Melfert / Casca	24. Abrigo Alto / Melfert / Terra	1
25	5%	5%	2
24	7. Abrigo Baixo / Vaso / Terra	25. Sem Abrigo / CaCu / Terra	1
23	30%	35%	2
22	8. Abrigo Baixo / Vaso / Casca	26. Abrigo Alto / CaCu / Casca	1
21	20%	55%	2
20	9. Sem Abrigo / Vaso / Terra	27. Abrigo Baixo / Melfert / Casca	1
19	10%	20%	2
18	10. Abrigo Baixo / CaCu / Casca	28. Abrigo Baixo / Melfert / Terra	1
17	20%	10%	2
16	11. Abrigo Baixo / Vaso / Casca	29. Sem Abrigo / Melfert / Casca	1
15	40%	15%	2
14	12. Abrigo Baixo / CaCu / Terra	30. Abrigo Baixo / Melfert / Casca	1
13	25%	25%	2
12	13. Abrigo Alto / Vaso / Casca	31. Abrigo Alto / CaCu / Terra	1
11	15%	25%	2
10	14. Sem Abrigo / CaCu / Terra	32. Sem Abrigo / CaCu / Terra	1
9	45%	15%	2
8	15. Abrigo Alto / CaCu / Terra	33. Abrigo Alto / CaCu / Terra	1
7	35%	25%	2
6	16. Sem Abrigo / Melfert / Terra	34. Abrigo Alto / Melfert / Casca	1
5	15%	30%	2
4	17. Sem Abrigo / Vaso / Terra	35. Abrigo Alto / Melfert / Terra	1
3	0%	75%	2
2	18. Sem Abrigo / Vaso / Casca	36. Abrigo Baixo / Vaso / Terra	1
1	25%	75%	2
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	

Figura 5.28 A Esquema do campo de ensaio indicando-se as unidades experimentais e respectiva mortalidade acumulada em 1995 expressa em percentagem do número inicial de plantas.

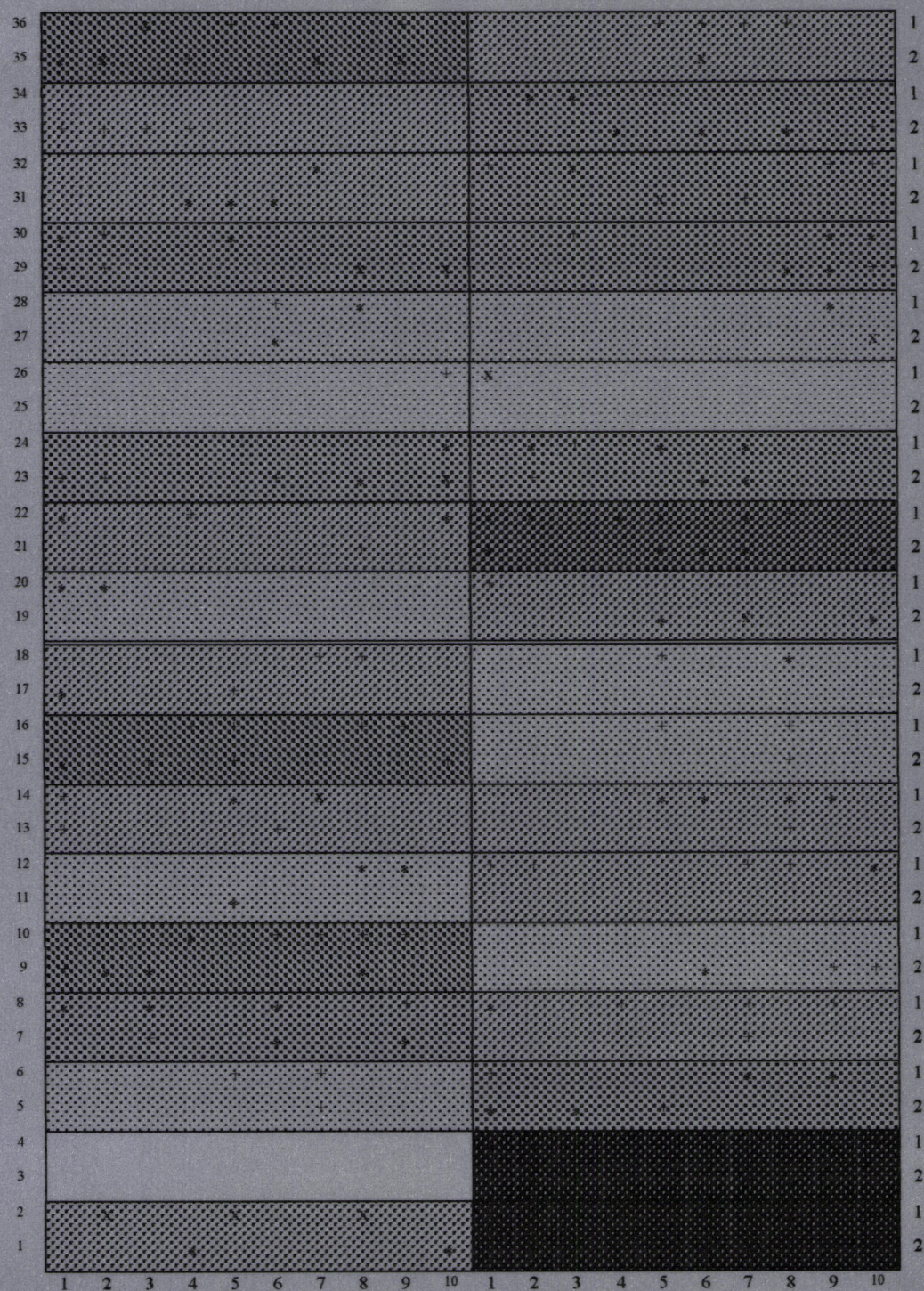


Figura 5.28 B Esquema do campo de ensaio assinalando-se a mortalidade registada em 1995 nas diferentes unidades experimentais (entre 0 % e 75%) com sombreamento progressivamente mais forte (0%, 5%, 10-15%, 20-25%, 30-35%, 40-45%, 50-55% e 75%). Assinala-se também a posição das plantas consideradas mortas em 1991 (+), em 1992 (x) e em 1995 (*).

Figura 5.28 C Esquema do campo de ensaio assinalando-se a posição das plantas consideradas mortas em 1991 (+), em 1992 (x) e em 1995 (*).

A figura 5.29 mostra a evolução da mortalidade entre 1991 e 1995 para as várias modalidades de Abrigo e para a globalidade das plantas nos dois blocos.

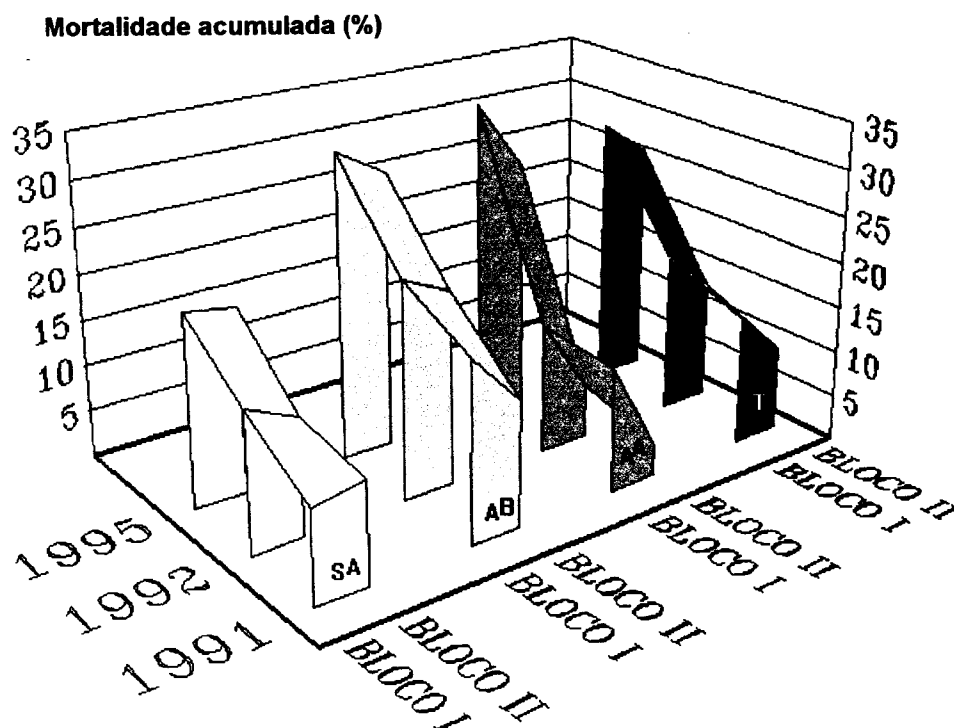


Figura 5.29 Mortalidade acumulada em 1991, 1992 e 1995, expressa em percentagem do total de plantas, no Bloco 1 e no Bloco 2 para as várias modalidades de Abrigo: *SA*-Sem Abrigo, *AB*- Abrigo Baixo, *AA*- Abrigo Alto e *T* para a totalidade das plantas.

No período em estudo e considerando a totalidade das plantas, verifica-se que a mortalidade é sempre ligeiramente superior no Bloco 1. A diferença percentual de mortalidades entre blocos é de aproximadamente 5% em 1991 e 1992 baixando em 1995 para cerca de 4%. Nas diferentes modalidades de Abrigo encontra-se igualmente uma mortalidade sempre mais ou menos superior no Bloco 1 exceptuando apenas a modalidade Sem Abrigo em 1991.

Pode notar-se que até 1992 a mortalidade global no ensaio se mantém relativamente baixa com 11.7% em 1991 e 15.3% em 1992, tendo aumentado substancialmente entre 1992 e 1995 registando-se então uma mortalidade de 27.8%. Até 1992 a mortalidade acumulada estava relativamente equilibrada entre

as várias modalidades de Abrigo, com valores mais altos no Abrigo Baixo, intermédios para Sem Abrigo e menores no Abrigo Alto. Porém, há que assinalar que no Abrigo Baixo, a mortalidade acumulada durante os primeiros três anos (21%) é superior à encontrada nas outras modalidades de abrigo, sendo as diferenças significativas relativamente ao Abrigo Alto (10%) mas não relativamente à Testemunha (17%) que também não difere do Abrigo Alto (Dias *et al.*, 1991). A proporção de plantas cuja parte aérea (folhas) apresentava, em Maio de 1991, indícios de ter secado completamente no Verão anterior era significativamente diferente, sendo mais elevada, no Abrigo Baixo (23%) do que em Sem Abrigo (1%) e Abrigo Alto (3%) (Dias *et al.*, 1991), o que sugere que as plantas no interior do Abrigo Baixo ficam sujeitas a um stress hídrico e/ou térmico superior ao das outras modalidades de Abrigo, podendo este ser responsável pela mortalidade acrescida verificada durante os primeiros três anos no Abrigo Baixo. O cotejamento destas observações com as efectuadas no decurso do Ensaio 1 (capítulo 3), onde não se verificou secagem foliar extensiva nas plantas abrigadas crescendo em contentores, com irrigação durante o Verão, permite supor que a causa primordial da secagem das folhas (e mortalidade) é o stress hídrico a que as plantas ficam sujeitas no campo, sem irrigação, e que o stress térmico no interior dos abrigos só se torna realmente grave em condições de stress hídrico.

Estas suposições encontram algum suporte no trabalho de Bainbridge (1994), conduzido no deserto Californiano, sob elevadas intensidades luminosas e temperaturas, além de condições de secura extrema, em que o crescimento de várias espécies nativas foi beneficiado no interior de abrigos, a que foi naturalmente fornecida irrigação.

No entanto, os abrigos, especialmente o Abrigo Baixo onde para uma mesma temperatura exterior é de esperar um maior aumento da temperatura interior do que no Abrigo Castanho (veja-se capítulo 2), deverão agravar o stress a que as plantas ficam sujeitas sob condições de défice hídrico. Com efeito, sob défice hídrico, a elevação da temperatura interior do abrigo tenderá a aumentar, podendo atingir valores extremos, pois deixa de ser ou passa a ser menos contrariada pela perda de calor latente de evaporação devida à transpiração das plantas. Por outro lado, o aumento da temperatura diurna interna conjugado com o decréscimo da transpiração levarão a um decréscimo acentuado da humidade relativa do ar no interior do abrigo durante o período diurno. O trabalho de Kjelgren e Rupp

(1997a) aponta para que plantas abrigadas, sem irrigação, sejam sujeitas a stress hídrico agravado durante os períodos mais ou menos prolongados de défice hídrico.

Apesar do que ficou dito, a sobrevivência das plantas durante os primeiros três anos do ensaio, não foi significativamente alterada por nenhum dos abrigos comparado à testemunha e foi inclusivamente ligeiramente menor no Abrigo Alto, apesar de ser ligeiramente superior o número de plantas afectadas pela secura extensiva das folhas.

Em 1995 a situação alterou-se; o acréscimo de mortalidade na modalidade Sem Abrigo entre 1992 e 1995 não alcançou 7 pontos percentuais, na modalidade Abrigo Baixo foi de cerca de 9 pontos percentuais enquanto que no Abrigo Alto ultrapassou os 11 pontos percentuais. Assim ambos os Abrigos apresentam em 1995 mortalidades muito semelhantes, da ordem dos 30% (31.7% no Abrigo Baixo e 31.3% no Abrigo Alto), consideravelmente superiores aos 20.4% encontrados na modalidade Sem Abrigo.

O período que decorreu entre Abril de 1992 e Maio-Junho de 1995 foi de grave e prolongada seca podendo o eventual agravamento pelos abrigos das condições de défice hídrico explicar pelo menos parcialmente estes resultados. No entanto, tomando em conjunto a mortalidade observada nos quatro primeiros anos e as nossas observações ao longo do ensaio, somos pelo contrário, levados a crer, que o aumento da mortalidade no Abrigo Baixo e no Abrigo Alto se devem a causas diferentes. Efectivamente, pensamos que no Abrigo Baixo as condições microclimáticas internas, agravadas pelo prolongado défice hídrico e pelo enegrecimento do plástico, poderão basicamente explicar o acréscimo de mortalidade neste abrigo durante este período. No Abrigo Alto, porém, pensamos que a grande causa de mortalidade foi a queda dos abrigos, devido por um lado às intempéries mas também à degradação dos atilhos e das próprias estacas que suportavam os abrigos situações que apesar de não quantificadas afectam sobretudo o Abrigo Alto, o que evidencia também a falta de capacidade de auto-suporte de muitas plantas deste abrigo. Com efeito, um abrigo disposto horizontalmente parece tornar-se letal a curto prazo para a planta que contém, mesmo quando uma parte considerável da copa já emergiu.

Na figura 5.30 pode observar-se a variação percentual da mortalidade acumulada entre 1991 e 1995 nos vários tratamentos aplicados.

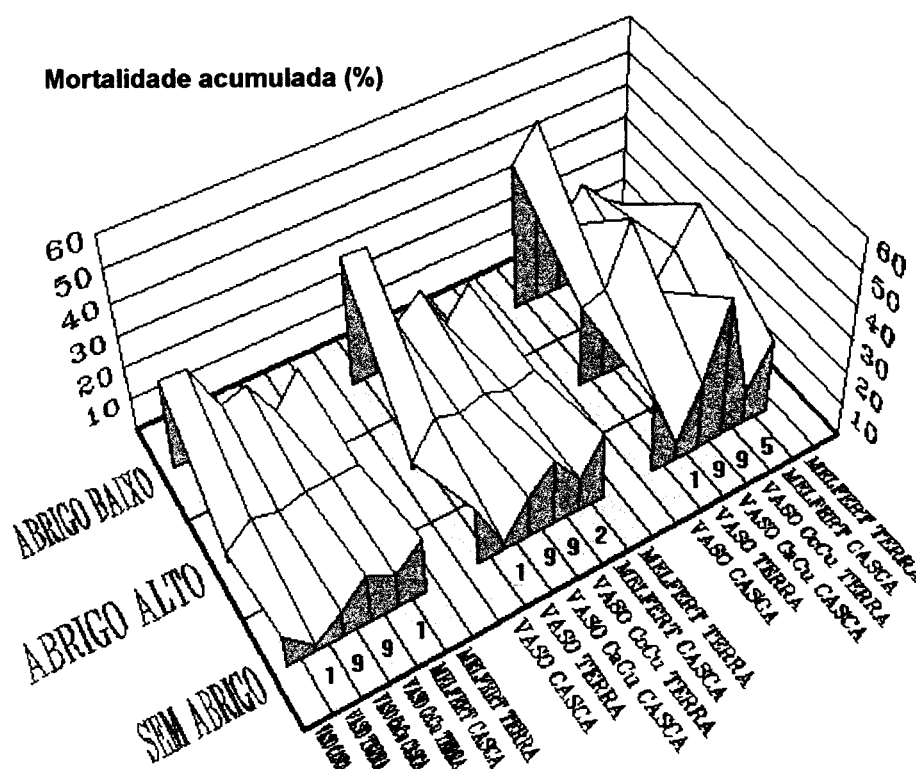


Figura 5.30 Mortalidade acumulada em 1991, 1992 e 1995, expressa em percentagem do número inicial de plantas, nos vários tratamentos aplicados considerando conjuntamente os dois blocos do ensaio.

Por observação da figura 5.30, tornam-se imediatamente evidentes os elevadíssimos valores de mortalidade em Abrigo Baixo/Vaso/Casca e Terra logo em 1991- 28%- quando a mortalidade para o ensaio era de 12%. Estes valores agravam-se com o decorrer do tempo atingindo em 1995 o máximo de mortalidade registada no Abrigo Baixo/Vaso /Terra (55%) para o conjunto dos dois Blocos e 45% em Abrigo Baixo /Vaso/Casca. Apenas mais dois tratamento atingem valores de mortalidade acima dos 40%, são eles: Abrigo Alto/CaCu/Casca, 45% e Sem Abrigo/CaCu/Terra, 42%. O tratamento Abrigo Alto/Melfert/Terra pode ainda considerar-se dentro do grupo dos "lanternas vermelhas" com 40% de mortalidade. De notar que contribuindo para a mais elevada mortalidade em Abrigo Baixo/Vaso/Terra encontramos a parcela 36 enquanto a parcela 35 contribui para

os 40% do Abrigo Alto/Melfert/Terra; nestas parcelas contíguas do Bloco 1 encontramos os valores extremos de respectivamente 80 e 75% de mortalidade.

No outro extremo da gama de mortalidades encontramos os tratamentos Sem Abrigo/Vaso/Terra, Abrigo Baixo/Melfert/Casca e Abrigo Alto/Vaso/Casca todos eles com 2.5% de mortalidade, podemos ainda juntar-lhes os tratamentos Sem Abrigo e de Abrigo Alto de contentor CaCu e substrato Casca com 7.5% de mortalidade que se destacam dos demais.

A constituição destes grupos, de grande heterogeneidade, não oferece muitas pistas para a interpretação dos resultados. Assim se examinarmos a mortalidade associada aos vários tratamentos radiculares para 1995 verificamos que não difere substancialmente (situando-se entre 31% e 27%) da mortalidade global (28%), o tratamento Melfert/Casca destaca-se um pouco, com um valor mais baixo (21%) que já se notava em 1991. As mortalidades associadas aos substratos são muito próximas em 1995 (27% para Casca e 29% para Terra), já o sendo em 1991 e 1992, sempre com a mortalidade ocorrida com o substrato Casca ligeiramente inferior à de Terra. Para os contentores a mortalidade, em 1995, é idêntica em Vaso e CaCu (30%) enquanto a mortalidade associada a Melfert é um pouco inferior (24%). Neste caso, parte-se de uma situação praticamente equitativa em 91; em 92 o contentor Vaso tem associada uma mortalidade superior (20%) à dos outros contentores (14% em CaCu e 11% em Melfert).

5.3.10. Relação entre a mortalidade, o tempo, os tratamentos e os blocos

Estudou-se a relação entre a mortalidade acumulada expressa em proporção do número inicial de plantas e o tempo após plantação, tratamentos e blocos procedendo-se tal como para a relação entre o diâmetro do colo e a altura, e entre o diâmetro à altura do peito e a altura e colo.

O modelo incluiu a mortalidade no momento da plantação (ano 0, com mortalidade 0) tendo portanto uma ordenadanecessariamente nula na origem. A variável dependente, mortalidade, foi analisada após transformação logarítmica e, de acordo com a análise gráfica dos dados, considerou-se como variável quer o tempo sem transformação quer a transformação logarítmica do tempo. No conjunto o modelo investigado tinha à partida 33 termos incluindo interações de primeiro grau e 144 estimativas de mortalidade.



No modelo ajustado com $R^2_{aj} = 0.802$, como seria de esperar, há um efeito positivo do tempo na mortalidade, o mesmo se verificando relativamente ao Abrigo Baixo, cujo efeito "positivo" na mortalidade é significativamente maior que o do Abrigo Alto e Sem Abrigo, que não diferem entre si. Substituindo na equação obtida todos 8 termos pelos valores que tomam para as variáveis de atributo obtêm-se 10 equações diferentes, de forma geral

$$M = [exp(a + bA + cA')] - 1$$

sendo M a mortalidade acumulada em proporção, exp a base dos logaritmos neperianos, A o tempo expresso em anos e $A' = \ln(A+1)$. Os valores tomados pelos coeficientes a , b e c para os vários tratamentos apresentam-se na tabela 5.7.

O exame da tabela revela nunca haver diferenças na mortalidade associadas ao substrato e só haver diferenças entre contentores no Abrigo Baixo, existirem diferenças entre modalidades de Abrigos e entre os Blocos, com o Bloco 1 com maior mortalidade associada. Tal como noutras variáveis, Sem Abrigo e Abrigo Baixo revelam mais semelhanças entre si do que em relação ao Abrigo Alto. De facto, o efeito do tempo sobre a mortalidade, ou seja b , tem sempre a mesma intensidade em Sem Abrigo e Abrigo Baixo sendo superior no Abrigo Alto. Enquanto isto, o efeito do tempo em escala logarítmica, ou seja c , é sempre positivo e maior no Bloco 1 nas modalidades Sem Abrigo e Abrigo Baixo sendo negativo no Abrigo Alto, continuando no entanto a ser maior (menos negativo) no Bloco 1.

<i>Abrigo</i>	<i>Bloco</i>	<i>Contentor</i>	$a \times 10^3$	$b \times 10^3$	$c \times 10^3$
Nulo	1	Todos	0	24.067	20.628
	2	Todos	0	24.067	0
Baixo	1	Melfert	-62.377	24.067	60.735
	1	CaCu	-23.073	24.067	60.735
	1	Vaso	93.961	24.067	60.735
	2	Melfert	-62.337	24.067	40.107
	2	CaCu	-23.073	24.067	40.107
	2	Vaso	93.961	24.067	40.107
Alto	1	Todos	0	65.335	84.517
	2	Todos	0	65.335	105.145

Tabela 5.6 Valores tomados pelos coeficientes a , b e c na equação que relaciona a mortalidade com o tempo para os tratamentos indicados.

Quando os contentores são responsáveis por diferenças na mortalidade, é ao contentor Melfert que está associada menor mortalidade e ao contentor Vaso a maior, não estando estas diferenças ligadas ao tempo. Na figura 5.31 apresentam-se graficamente estes resultados.

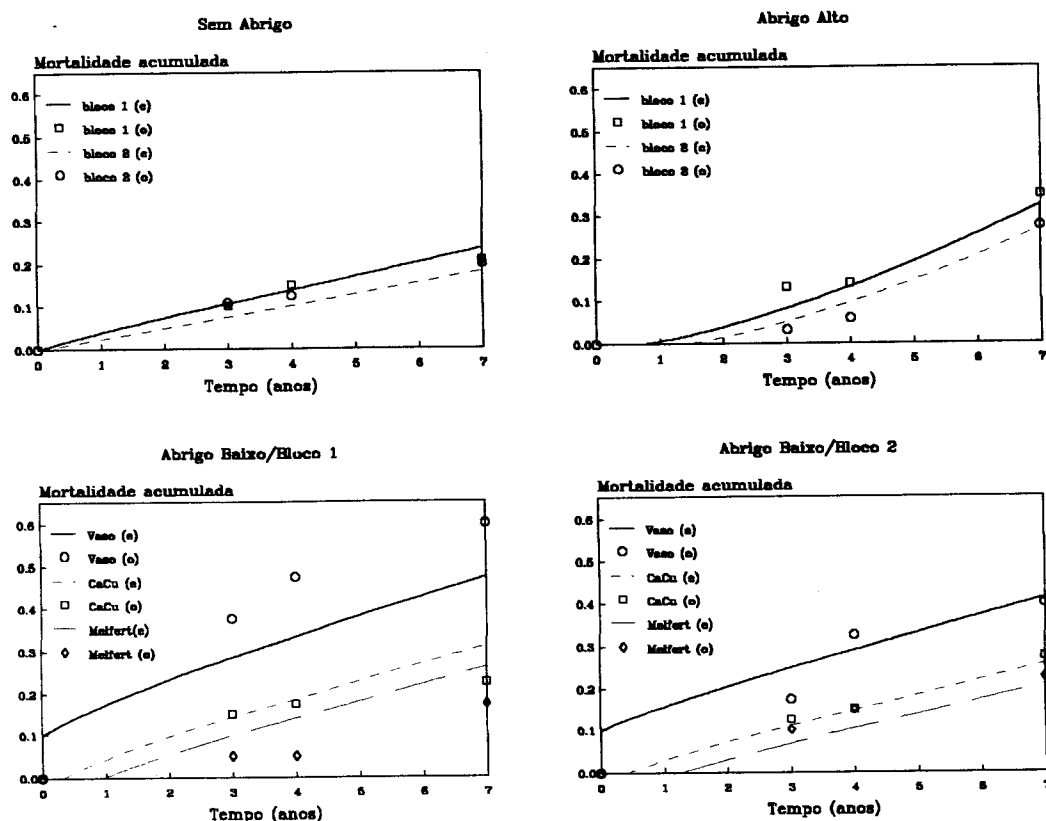


Figura 5.31 Mortalidade acumulada esperada (e) em função do tempo segundo o modelo ajustado, expressa em proporção do número inicial de plantas para as diferentes modalidades de Abrigo: Sem Abrigo e Abrigo Alto (em cima), Abrigo Baixo (em baixo). Assinalam-se para cada caso os valores observados.

Do exame desta figura ressalta imediatamente a diferença da qualidade da representação gráfica do modelo, pior para o Abrigo Baixo, particularmente no Bloco 1, intermédia em Sem Abrigo e melhor para o Abrigo Alto. Estas diferenças, embora não anulem a utilidade do modelo impõem alguns cuidados na sua aceitação revelando a existência de discrepâncias entre o estabelecido no modelo e o observado. Por exemplo, no caso do Abrigo Baixo para os contentores CaCu e Melfert o modelo aponta para a existência de maiores valores de mortalidade 7

anos após a plantação no Bloco 1, quando contrariando a tendência geral, os valores de mortalidade observados são ligeiramente superiores no Bloco 2. Estes resultados, juntamente com o facto já apontado de se detectarem diferenças entre os contentores só no Abrigo Baixo sugerem uma elevada "imprevisibilidade" potencial deste abrigo em relação à mortalidade, que pode ser ilustrada pelo facto de ser no Abrigo Baixo/Bloco 1, que se encontram o maior e menor valor de mortalidade ao fim de 7 anos (respectivamente em Vaso e em Melfert). Em contrapartida, Sem Abrigo pode ser considerado globalmente como o melhor tratamento em termos de mortalidade.

Pode notar-se que, para Sem Abrigo e Abrigo Baixo, a taxa de mortalidade mostra uma tendência para estabilidade ao longo do tempo, com a provável excepção de Abrigo Baixo/Melfert do Bloco 1, onde se observou aliás a menor mortalidade; pelo contrário, no Abrigo Alto verifica-se uma "aceleração" da mortalidade a partir do 4º ano, eventualmente devida à seca. Porém e uma vez que o Abrigo Baixo não revela a mesma aceleração da mortalidade, há que reconsiderar a questão das quedas como um factor importante na mortalidade após o 4º ano. A análise gráfica do modelo sugere ainda a possível existência de diferenças na mortalidade pós plantação; assim, poder-se-á esperar que a mortalidade pós plantação seja nula ou muito reduzida em todos os tratamentos com excepção de Abrigo Baixo/Vaso, cuja mortalidade esperada no ano zero sendo não nula, sugere a ocorrência de uma elevada mortalidade pós plantação.

Dada a heterogeneidade aparente da distribuição da mortalidade no campo de ensaio refez-se análise retirando as unidades experimentais 36 e 35 do Bloco 1 tratamentos Abrigo Baixo/Vaso/Terra e Abrigo Alto /Melfert/Terra que atingiram em 1995 as mortalidades anómalas de 75% e 80% respectivamente.

Seguindo os mesmos procedimentos obteve-se um modelo de forma geral em tudo idêntica à obtida quando se consideraram todos os dados. Assim a equação:

$$M = [\exp (a + bA + cA')] - 1$$

continua a descrever adequadamente variação da mortalidade acumulada M , expressa em proporção, com o tempo A expresso em anos, sendo $\exp$ a base dos logaritmos neperianos e $A' = \ln (A+1)$. Os valores tomados pelos coeficientes a , b e c para os vários tratamentos apresentam-se na tabela 5.8.

<i>Abrigo</i>	<i>Bloco</i>	<i>Contentor</i>	$a \times 10^3$	$b \times 10^3$	$c \times 10^3$
Nulo	1	CaCu	0	11.950	72.144
	1	Vaso/Melfert	0	2.467	72.144
	2	CaCu	0	35.308	0
	2	Vaso/Melfert	0	25.825	0
Baixo	1	CaCu	-3.331	11.950	72.144
	1	Melfert	9.446	2.467	72.144
	1	Vaso	113.058	2.467	72.144
	2	CaCu	-3.331	35.308	0
	2	Melfert	9.446	25.825	0
	2	Vaso	113.058	25.825	0
	2	Vaso	113.058	25.825	0
Alto	1	CaCu	0	52.216	-46.527
	1	Vaso/Melfert	0	42.733	-46.527
	2	CaCu	0	75.574	-118.671
	2	Vaso/Melfert	0	66.091	-118.671

Tabela 5.8 Valores tomados pelos coeficientes *a*, *b* e *c*, para os tratamentos indicados, quando para o ajustamento do modelo não se consideraram os tratamentos anómalos.

O modelo seleccionado com um $R^2_{aj} = 0.820$, regista como anteriormente um efeito positivo do Abrigo Baixo na mortalidade, superior ao Abrigo Alto e Sem Abrigo que não diferem entre si. Da mesma forma continua a não se revelar qualquer efeito do substrato na mortalidade. No que diz respeito aos blocos há que distinguir duas situações, uma para o conjunto dos tratamentos Sem Abrigo e de Abrigo Alto e outra para o Abrigo Baixo. Conforme se pode observar na figura 5.32 em Abrigo Alto e Sem Abrigo segundo o novo modelo ajustado, a mortalidade no Bloco 2 acaba sempre por ultrapassar a mortalidade do Bloco 1, embora muito ligeiramente, qualquer que seja o contentor, porém nem sempre os valores observados parecem sustentar esta descrição. A mortalidade superior no Bloco 2 conforme descrita por este modelo é mais consentânea com os dados de crescimento (que evidenciaram globalmente um menor desenvolvimento neste Bloco), do que a descrita pelo modelo anterior, que considerava todas as unidades experimentais. Nestas duas modalidades de Abrigo verifica-se ainda que a mortalidade associada ao contentor CaCu acaba também por superiorizar-se à dos restantes contentores em ambos os Blocos.

No Abrigo Baixo a mortalidade acaba também por ser superior no Bloco 2 quando o contentor é Vaso ou CaCu mas não para Melfert. Além disso, o

contentor Vaso apresenta sempre a maior mortalidade, CaCu intermédia e Melfert a menor mortalidade. Esta descrição parece ajustar-se de certa forma aos dados que revelaram de uma forma geral resultados ligeiramente superiores para esta modalidade de Abrigo no Bloco 2.

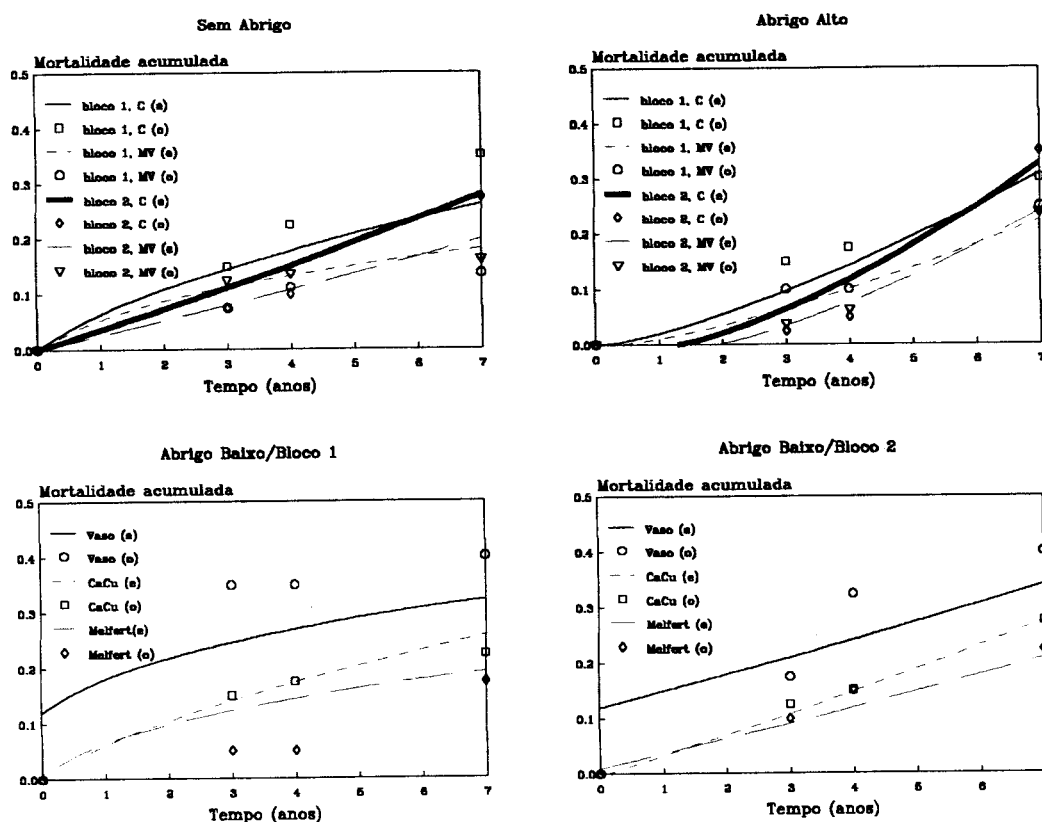


Figura 5.32 Mortalidade acumulada esperada (e) em função do tempo segundo o novo modelo ajustado, expressa em função do número inicial de plantas, para as diferentes modalidades de Abrigo: Sem Abrigo e Abrigo Alto (em cima), Abrigo Baixo (em baixo). Assinalam-se para cada caso os valores observados (o). V, C e M são abreviaturas usadas para referir os contentores Vaso, CaCu e Melfert respectivamente.

Fundamentalmente a exclusão dos tratamentos anómalos vem, para além de atenuar ou inverter o sentido das diferenças entre os blocos, revelar também a existência de diferenças entre os contentores. Em Abrigo Alto e Sem Abrigo, Vaso e Melfert apresentam comportamento semelhante que difere de CaCu, sendo o coeficiente b que traduz o efeito simples do tempo na mortalidade, sempre superior para este último contentor mesmo no Abrigo Baixo, descrevendo um aumento

mais acentuado da mortalidade para este contentor. Em Abrigo Baixo todos os contentores diferem, no entanto, observam-se grandes discrepâncias entre os valores observados e os previstos.

No entanto, a interacção entre os factores Bloco, Abrigo e Contentor retira algum significado ao efeito deste último na mortalidade acumulada.

Nos estudos efectuados com abrigos, em zonas não vedadas em que os danos provocados por herbívoros constituem um problema para a instalação das plantas, verifica-se, em geral, que a sobrevivência é aumentada ou muito aumentada pelos abrigos (Davies, 1985; Kost *et al.*, 1997; Ward e Stephens, 1995; Ward, 1996; Stange e Shea, 1998) inclusivamente em experiências efectuadas em zonas desérticas quentes (Bainbridge, 1994), sendo por vezes a sobrevivência no exterior nula (Myers *et al.*, 1995). Em estudos, realizados em locais onde os herbívoros não são problema ou em áreas protegidas por vedações verifica-se em geral que a sobrevivência das plantas não é afectada (Dunn *et al.*, 1992; Minter *et al.*, 1992; Mayhead e Jenkins, 1992; Hix *et al.*, 1994; Lehman, 1994; Mayhead e Boothman, 1997; Ponder *et al.*, 1997; Zaczek *et al.*, 1997) ou é por vezes favorecida (Applegate e Robson, 1994; Kjellgren *et al.*, 1994; Lantagne, 1995, 1996), mesmo em plantas não irrigadas sob um clima mediterrânico (Costello *et al.*, 1996) embora nalguns casos se tenham registado efeitos deletérios para a sobrevivência das plantas, derivados do uso de abrigos (Kittredge *et al.*, 1992). O aumento da mortalidade das plantas abrigadas foi relacionado com a ocorrência de temperaturas baixas durante o Inverno, com a queda dos abrigos devido ao vento e com danos provocados por insectos.

Kjellgren e Rupp (1997b) verificaram que a sobrevivência de plantas de *Quercus gambellii* e *Acer grandidentatum* era aumentada pelos abrigos em competição com a gramínea *Agropyron cristatum*, e atribuem os melhores resultados nos abrigos à vantagem conferida por um maior crescimento em altura e redução do stress hídrico nas plantas abrigadas.

Os nossos resultados, numa área vedada, não diferem basicamente dos observados em áreas vedadas ou em que os herbívoros não constituem problema. Com efeito, na maior parte destes trabalhos o acompanhamento das plantas não excede os três anos, altura em que também não observámos diferenças significativas entre a mortalidade das plantas abrigadas e testemunha.

O facto de até ao quarto ano a sobrevivência não ser afectada pelos abrigos

aumentando posteriormente mais nestes tratamentos, particularmente no Abrigo Baixo que na Testemunha, parece dar razão, pelo menos parcialmente às sugestões de Burger *et al.* (1996) de que os abrigos devem ser retirados assim que as árvores os ultrapassem, mesmo que não tenham capacidade de auto-suporte e seja necessário prendê-las a uma estaca. O que é facto é que no nosso caso, em que se pode atribuir, pelo menos parcialmente, o acréscimo de mortalidade no Abrigo Baixo ao seu processo nefasto de degradação parece evidente que isso deveria ter sido feito, no quarto ou quinto ano. No entanto, sempre que o abrigo apresente durabilidade suficiente e seja possível fazer uma manutenção adequada, parece preferível aguardar que as plantas adquiram capacidade de se auto-suportarem como sugerem Kittredge *et al.* (1992) e que a maior parte da folhagem da árvore se encontre no exterior, pois por um lado é sabido que o simples estacamento das plantas impede o normal engrossamento do tronco (Jacobs, 1954, Harris *et al.*, 1976 citado por Minter *et al.* 1992, Mayhead e Jenkins, 1992) e que há um risco elevado das plantas secarem quando o abrigo é retirado por falta de regulação estomática da transpiração se a maior parte da folhagem estiver no interior (Bergez e Dupraz, 1997).

5.4. Conclusões

Da análise dos resultados pode concluir-se que os tratamentos aplicados às plantas são inter-actantes.

O balanço que se pode fazer sobre o emprego do Abrigo Baixo sete anos após a plantação é, sem sombra de dúvida, negativo. Este abrigo não estimulou significativamente o crescimento em altura das plantas, prejudicou o engrossamento da base do tronco e aumentou a mortalidade. Possivelmente estes resultados ficam a dever-se à sua altura insuficiente para permitir a manutenção de um estímulo suficientemente prolongado, mas também possivelmente a danos causados por temperaturas extremas sob condições de défice hídrico durante o Verão e pela redução da luz e agravamento das condições térmicas quando o plástico que o constitui enegrece e se torna opaco na sua precoce de degradação.

O emprego do Abrigo Alto, estimulou efectivamente o crescimento em altura das plantas, sem aumentar significativamente a mortalidade porém o engrossamento do

tronco foi atrasado. Como se viu (capítulo 3 e 4), neste abrigo o aumento da altura das plantas não corresponde a um ganho de biomassa mas antes a uma perda ligeira numa primeira estação de crescimento que se acentua numa segunda. Tendo aspectos positivos e negativos, o seu emprego no sobreiro deverá ser muito bem ponderado em função de cada situação particular. Outros aspectos como a protecção fornecida contra herbívoros ou capacidade de auto-suporte das plantas não foram avaliados neste estudo.

Sob condições de maior ensombramento, que se observaram em parte do ensaio (Bloco 2), o crescimento das plantas é genericamente reduzido, formam-se troncos de forma mais colunar (menos afunilados) e atenuam-se as diferenças entre plantas abrigadas e testemunha.

O substrato "Casca" favoreceu mais o crescimento dos jovens sobreiros que o substrato "Terra", tendo em vista a distribuição das plantas deste substrato pelos grupos formados na ACP de que se salienta a sobre-representação no grupo das plantas mais desenvolvidas (classe 2), com altura, diâmetro do colo, DAP e cortiça elevados. Estes resultados sugerem que o crescimento das plantas poderá ter sido beneficiado pela lenta libertação de nutrientes, que ficaram acessíveis às raízes, no processo de decomposição da casca de pinheiro.

Não se notam, após sete anos, efeitos consistentes no desenvolvimento das plantas atribuíveis aos contentores, porém em interacção com os outros factores presentes, parecem ter influenciado de forma variável a mortalidade, o que não se verifica com o substrato.

A sobrevivência das plantas não é significativamente afectada pelos abrigos nos quatro primeiros anos. Após sete anos, a mortalidade é mais elevada em ambos os abrigos mas as diferenças só são significativas entre Abrigo Baixo e as outras modalidades de Abrigo. Estes resultados sugerem a desejabilidade de retirar os abrigos logo que as plantas tenham desenvolvido caules com capacidade de se auto-suportarem e que a maioria da folhagem se encontre no exterior do abrigo.

5.5. Resumo

Foi instalado um ensaio de campo, num terreno vedado, com plantas produzidas em viveiro a partir de lande seleccionada usando três contentores - um Vaso, o mesmo revestido com carbonato cúprico (CaCu) e sacos confeccionados em tecido tipo melfert (Melfert), e dois substratos: uma mistura de casca de pinheiro e vermiculite (Casca) e uma mistura de terra e turfa com adubação fosfatada (Terra).

Imediatamente após a plantação foram aplicados dois tipos de abrigo individual resultando as modalidades designadas por Sem Abrigo, Abrigo Baixo e Abrigo Alto. A disposição espacial dos tratamentos foi completamente casualizada em dois Blocos. A mortalidade foi registada três, quatro e sete anos após a plantação. A altura, diâmetro do colo e diâmetro à altura do peito foram medidos decorridos sete anos tendo sido avaliada igualmente a cobertura do tronco com cortiça. A análise dos dados mostrou a existência de diferenças significativas entre os Blocos para todos os parâmetros estudados com excepção da cobertura do tronco com cortiça, com o Bloco 1 sempre com resultados superiores aos do Bloco 2. O maior ensombramento a que o Bloco 2 era sujeito parece poder explicar estes resultados e a atenuação das diferenças entre plantas abrigadas e sem abrigo. Genericamente, constata-se a inexistência de diferenças entre os tratamentos, não se encontrando praticamente diferenças significativas associadas à variação do Substrato, do Contentor, ou à sua variação conjunta. Porém entre as modalidades de Abrigo encontram-se geralmente diferenças significativas particularmente evidentes na altura e diâmetro do colo.

Pode concluir-se que o Abrigo Alto estimulou efectivamente o crescimento em altura das plantas, sendo esse efeito ainda visível sete anos após o início do tratamento. No Abrigo Baixo, pelo contrário, não se notam (ou já não se notam) efeitos significativos na altura das plantas. O emprego dos dois Abrigos prejudicou o engrossamento da base do tronco dos sobreiros, sendo o diâmetro do basal do tronco inferior quando são utilizados os abrigos, sobretudo o Abrigo Alto. Já o DAP não é basicamente afectado pelo emprego dos abrigos, embora o número de plantas com DAP mensurável, seja superior no Abrigo Alto. A relação entre o DAP, o Colo e a Altura, varia consoante o tratamento aplicado e assim a forma do tronco é relativamente mais "afunilada" (menos cilíndrica) quando não há ensombramento, nas plantas Sem Abrigo e do Bloco 1, e relativamente menos afunilada no Abrigo Baixo e (ainda menos) no Abrigo Alto, e no Bloco 2 o que é consentâneo com a redução do alargamento do colo e atraso no desenvolvimento do tronco atribuíveis à redução da intensidade luminosa e também da agitação do tronco provocado pelo vento quer no interior dos abrigos quer no Bloco 2 (possivelmente mais abrigado por efeito das mesmas árvores que mais o ensombravam). Registou-se igualmente um maior "afunilamento" associado ao substrato Casca.

Apesar de genericamente não haver diferenças associadas à variação do Substrato, Contentor ou da sua variação conjunta, a análise conjunta dos quatro parâmetros estudados mostra que o crescimento das plantas foi favorecido pelo substrato Casca, tendo em vista a distribuição relativa das plantas dos dois substratos pelos grupos formados, em que se salienta a sobre-representação do substrato Casca no grupo das plantas mais desenvolvidas (classe 2) com altura, diâmetro do colo, DAP e cortiça elevados. Estes resultados poderão dever-se ao enriquecimento da rizosfera em nutrientes provenientes da lenta decomposição da casca de pinheiro.

O revestimento do tronco com cortiça aumenta, de modo geral, com o aumento do diâmetro do colo tendendo a ser superior em Sem Abrigo e inferior no Abrigo Alto, sendo o Abrigo Baixo intermédio.

Podem considerar-se os indivíduos estudados como formando cinco grupos ou classes. Os indivíduos "mais pequenos" (todos os parâmetros inferiores) formam a classe 1 em que predomina o Abrigo Baixo, o contentor Melfert e o substrato Terra. Entre os "muito desenvolvidos" da classe 2 (todos os parâmetros superiores) predominam as plantas Sem Abrigo (ligeiramente sobre-representadas), o substrato Casca e o Bloco 1. A classe 3 (todos os parâmetros elevados) agrupa

indivíduos "desenvolvidos", sendo constituído basicamente por plantas do Bloco 1, com todos os tratamentos sensivelmente equitativos. Os restantes grupos contrastam com estes pois agrupam plantas em que um ou mais parâmetros parecem ter sido beneficiados em detrimento de outros. Assim a classe 4 é formada por plantas "altas e esguias" (com altura e DAP elevados, colo e cortiça baixos) sendo quase na sua totalidade plantas de Abrigo Alto, e a classe 5 por plantas "baixas e encortiçadas" (com altura e DAP baixos e cortiça elevada) em que predominam plantas Sem Abrigo.

As diferenças na mortalidade entre Blocos são muito ligeiras, tendendo o Bloco 2 a ultrapassar o Bloco 1 por volta do 6º ano na generalidade dos tratamentos. Há mortalidade superior no Abrigo Baixo e verifica-se que a mortalidade entre o quarto e o sétimo ano aumenta mais nos abrigos que em Sem Abrigo o que sugere a vantagem de remover o abrigo assim que as plantas sejam capazes de se auto-suportarem e a maior parte da folhagem se encontre no exterior. O substrato não afectou a mortalidade mas os contentores têm associadas mortalidades variáveis conforme a modalidade de Abrigo e o Bloco.

O balanço que se pode fazer do emprego do Abrigo Baixo no crescimento do sobreiro após sete anos é negativo pois a altura não difere, o colo foi reduzido e a mortalidade aumentada relativamente à modalidade Sem Abrigo. Para estes resultados poderão ter contribuído a pequena altura do abrigo, insuficiente para a manutenção de um estímulo suficientemente prolongado do crescimento, temperaturas extremas em condições de défice hídrico e a degradação precoce do plástico que enegrecendo reduz drasticamente a luz e agrava as condições térmicas no interior.

Nas plantas do Abrigo Alto, ainda se observam diferenças na altura das plantas, sem que se registe alteração significativa da mortalidade relativamente à modalidade Sem Abrigo. Porém o engrossamento afunilamento e "encortiçamento" do tronco foi atrasado.

6. Trocas gasosas em folhas abrigadas	312
6.1. Introdução	313
6.2. Materiais e métodos	321
6.2.1. Experiência 1	321
6.2.2. Experiência 2	324
6.3. Resultados e discussão	325
6.3.1. Experiência 1	325
Influência da intensidade luminosa nas trocas gasosas	325
Influência da temperatura nas trocas gasosas	331
Características das folhas estudadas na Experiência 1	332
6.3.2. Experiência 2	334
Influência da intensidade luminosa nas trocas gasosas	334
Diferença de temperatura folha-ar	340
Influência da temperatura nas trocas gasosas	341
Diferença de temperatura folha-ar	345
Características das folhas estudadas na Experiência 2	346
6.4. Conclusões	348
6.5. Resumo	349

6. Trocas gasosas em folhas abrigadas

6.1. Introdução

Um dos desafios que se coloca no estudo da influência dos abrigos no desenvolvimento das plantas, é o de procurar compreender o funcionamento vegetal nesse ambiente profundamente alterado. Pelas suas implicações no crescimento e produção de biomassa, a compreensão de como o abrigo influencia o balanço fotossíntese/respiração é fundamental e particularmente estimulante.

Esta questão prende-se directamente com o estudo das trocas gasosas e em particular a assimilação líquida de CO_2 a nível foliar e sua resposta à variação da intensidade luminosa e da temperatura, dois factores críticos no interior dos abrigos. Como nota Tchuente (1987), no interior de um abrigo todos os factores que influenciam a fotossíntese são alterados. Porém, factores como a intensidade luminosa, a temperatura, a humidade relativa do ar, a concentração de dióxido de carbono, o movimento do ar e a qualidade da radiação entre outros não afectam apenas a fotossíntese mas influenciam provavelmente todos os processos fisiológicos e de uma forma geral o crescimento vegetal. Assim, no interior de um abrigo não só teremos as condições que afectam a fotossíntese alteradas mas também uma planta alterada em resposta às condições particulares em que se desenvolveu.

É sabido que as condições ambientais podem afectar a anatomia foliar, sendo a intensidade luminosa durante o desenvolvimento das folhas o factor

individualmente considerado mais influente, embora efeitos importantes da temperatura e relações hídricas durante o crescimento sejam igualmente observados (Nobel, 1980). Segundo Lichtenthaler (1985), as maiores diferenças registadas na morfogénese vegetal e em particular na anatomia, crescimento e composição das folhas bem como na estrutura dos cloroplastos, é encontrada entre folhas de sol e de sombra e entre plantas crescendo sob baixa ou elevada luminosidade. Com base na observação da convergência entre espécies de diferentes grupos, uma série de características, comumente observadas sob baixa irradiância, são geralmente apontadas como características da adaptação à sombra. Entre elas, reduzida razão clorofila a /clorofila b, menor espessura foliar com maior razão área foliar/peso foliar, densidade estomática baixa com estomas grandes, reduzida razão parênquima em paliçada/parênquima lacunoso, cloroplastos grandes com elevada razão tilacóides/grana associados a baixos pontos de compensação e saturação luminosa da fotossíntese, reduzidas taxas de respiração à escuras e taxas fotossintéticas reduzidas sob altas intensidades luminosas (Björkman, 1981a; Lichtenthaler, 1985; Givnish, 1988).

Se as observações efectuadas em condições de campo e em estudos feitos em laboratório sob luz artificial ou em estufas sob diversas coberturas tornaram claro que na adaptação à sombra é a quantidade de luz mais do que a sua qualidade o factor determinante, já a questão de saber se as características observadas nas folhas de sombra (ou de sol), que também respondem a outros factores ambientais, resultam dos níveis de irradiância, dos factores relacionados com estes níveis ou de um efeito sinérgico entre ambos, é muito mais complexa (Givnish, 1988). De qualquer forma, as alterações anatómicas e da pigmentação foliar condicionam profundamente a quantidade de luz absorvida e utilizada na fotossíntese pelas alterações que produzem nas propriedades ópticas dos tecidos foliares, nos gradientes luminosos e no percurso fotónico no interior das folhas (Vogelmann, 1993).

Larcher (1993) fala em adaptação fenotípica do processo fotossintético à disponibilidade luminosa média envolvendo não só a disposição das folhas segundo a direcção de incidência da luz mas toda uma diferenciação morfológica, anatómica e funcional. Uma verdadeira "ecologia intra-foliar" começa a delinear-se, podendo a fotossíntese foliar ser encarada como o somatório da fotossíntese de cada cloroplasto sob as suas condições micro-ambientais específicas (Terashima e Saeki,

1985). Anderson e Osmond (1987) estabelecem um paralelo, onde são notáveis as semelhanças, entre a transmissão luminosa observada num perfil vertical da floresta tropical húmida na Malásia (com 55 m) e no interior de uma folha de *Camellia japonica* (com 400 μm), referindo que são de esperar semelhanças entre os cloroplastos da página inferior de folhas expostas a forte iluminação e os cloroplastos de folhas de plantas crescendo do estrato inferior da floresta chuvosa. Alterações ultra-estruturais foram observadas nos cloroplastos de folhas dorsiventrais de espinafre de orientação fixa (Terashima e Inoue, 1985) verificando--se que os cloroplastos adjacentes à face adaxial, iluminada, apresentam menos membranas tilacoidais, menor empilhamento de membranas e uma razão clorofila a/ clorofila b superior (3.5 vs. 2.5) comparativamente com os da página inferior, ensombrada. Foi igualmente observado que o comprimento das membranas tilacoidais e o seu grau de empilhamento por cloroplasto aumentam linearmente em função da distância a que se encontram da face adaxial da folha.

Mas, como nota Jones (1985), apesar de um dado conjunto de características poderem ser adaptativas numa situação natural, poderão ter poucas ou nenhuma vantagens quando uma espécie é introduzida em novos ambientes. Assim, não será lícito concluir *a priori* que as folhas abrigadas de sobreiro desenvolvam características óptimas ou sequer vantajosas para retirar o melhor partido do ambiente interno dos abrigos, tanto mais que situações envolvendo em simultâneo o ensombramento e elevadas temperaturas surgem como pouco naturais.

Juntamente com a radiação, a temperatura do ar no interior dos abrigos é profundamente alterada, afectando profundamente o crescimento das plantas.

A temperatura determina a velocidade das reacções bioquímicas, sendo a gama de tolerância e o óptimo de temperatura diferentes para plantas de diferentes zonas climáticas e relativamente semelhantes para as diferentes espécies indígenas numa mesma região. Na temperatura óptima, a que assegura o maior produção líquida de matéria seca, a taxa de desenvolvimento é relativamente lenta, resultando uma planta pesada com células grandes; a temperaturas mais elevadas (supra-óptimo) a assimilação líquida é inferior mas o desenvolvimento mais rápido resultando uma planta mais leve (Bierhuizen, 1973). Segundo (Larcher, 1992), as temperaturas óptimas para a assimilação das espécies esclerófilas mediterrâneas situam-se entre os 20 e os 35 C, pelo que durante grande parte do ano são de esperar condições

térmicas mais favoráveis para a fotossíntese e crescimento do sobreiro no interior de abrigos do que no exterior; porém, haverá também que contar com os efeitos negativos de temperaturas muito elevadas, deletérias para os tecidos sobretudo se associadas a situações de stress hídrico.

Sabe-se que a taxa de formação da folhagem, a duração das folhas, a duração do crescimento foliar (divisão e expansão celulares) que se reflecte no tamanho das folhas, são grandemente afectados pela temperatura, que pode afectar também a morfologia foliar (Ong e Baker, 1985), sendo geralmente assumido que a redução do tamanho das folhas observada em zonas áridas, inseparavelmente associada a outras características ambientais e foliares, permite reduzir as perdas de água (Esau, 1977; Nobel, 1980). Burger *et al.* (1992) observaram a produção de folhas mais curtas e pequenas em *Quercus ilex* L., no interior de abrigos mas, nos mesmos abrigos, observaram a formação de folhas mais alongadas em *Cedrus deodara* Loud. Dias *et al.* (1992), estudando aspectos da anatomia das folhas desenvolvidas no interior do Abrigo Baixo e do Abrigo Castanho, verificaram a presença de características usualmente referidas como de adaptação à sombra, nomeadamente frequência estomática reduzida, área específica foliar aumentada, inferior espessura foliar e cuticular, e inferior conteúdo em clorofila por unidade de área foliar. No entanto, observaram igualmente o desenvolvimento de algumas características atípicas em folhas de sombra como uma superior percentagem de tecido vascular que poderão eventualmente ser explicadas face às elevadas temperaturas desenvolvidas no interior dos abrigos.

Também o facto de no interior do Abrigo Castanho não se observar o aumento da área das folhas (capítulos 3 e 4) que se esperaria face à redução da intensidade luminosa poderá eventualmente encontrar explicação nas temperaturas elevadas a que as folhas abrigadas estão sujeitas. No entanto, nos Abrigos Brancos onde a radiação é menos reduzida e as temperaturas ligeiramente mais elevadas, verificou-se que a expansão do limbo foliar aumenta e produzem-se folhas maiores que no Abrigo Castanho e exterior (capítulo 4) porém, no Abrigo Baixo, com condições mais próximas das dos Abrigos Brancos, a área das folhas diminui (capítulo 3) o que convida a meditar como Jones (1985) no valor adaptativo destas alterações.

Apesar da maior parte das reacções metabólicas serem fortemente influenciadas pela temperatura, alguns processos físicos, como a absorção de luz, são

relativamente insensíveis, enquanto a taxa de difusão só apresenta uma sensibilidade mediana (Jones, 1983). A taxa de fotossíntese sob saturação luminosa é porém reconhecidamente influenciada pela temperatura sem intervenção de factores estomáticos. De uma forma geral, os estudos efectuados sustentam a conclusão que a limitação da fotossíntese a elevadas temperaturas é imposta em primeiro lugar pela estabilidade térmica dos cloroplastos que deverá envolver a estabilidade das membranas tilacoidais e possivelmente das enzimas solúveis localizadas no exterior dessas membranas (Björkman *et al.*, 1980). Segundo Raison *et al.* (1980), os efeitos induzidos pelas temperaturas elevadas estariam todos eles relacionados com perturbações da estrutura e funcionalidade membranares. Seriam disso exemplo a inibição irreversível da fotossíntese a elevadas temperaturas relacionada com a perda de actividade do fotossistema II, a inibição da fotofosforilação e a alteração da organização da clorofila nas membranas, reacções que ocorrem todas à mesma temperatura para uma dada planta.

Porém, a sensibilidade da fotossíntese manifesta-se a temperaturas inferiores às inibitórias para processos como a permeabilidade das membranas, a respiração às escuras e actividades de carboxilação ligando-se intimamente à colheita de quanta pelo sistema de transporte electrónico do fotossistema II e à actividade de algumas enzimas como a Ribulose 5-Fosfato quinase (Jones, 1983). Conforme demonstrado por Blackman (1905) a inactivação do sistema fotossintético pelas elevadas temperaturas depende do tempo de exposição a essas temperaturas, sendo as temperaturas de inactivação térmica variáveis entre diferentes espécies e mostrando muitas espécies uma marcada aclimação térmica quando crescem em diferentes regimes de temperatura (Jones, 1983). Teeri (1980) refere a ocorrência de desvios quantitativos de muitas proteínas, nalgumas plantas, em resposta à alteração da temperatura de crescimento. Segundo este autor, pelo menos alguns eventos de aclimação térmica são acompanhados de alterações da síntese e degradação das proteínas, referindo igualmente a ocorrência de casos de aclimação inversa observados em *Potentilla glandulosa*.

Dias *et al.* (1992) observaram que as folhas abrigadas (Abrigo Castanho) de jovens sobreiros, apresentavam menor resistência aos danos foliares causados por elevadas temperaturas do que as folhas de plantas testemunha desenvolvidas ao ar livre. A divergência entre folhas testemunha e abrigadas verificou-se a

temperaturas muito elevadas ($> 49\text{ }^{\circ}\text{C}$), só se registando necroses foliares evidentes acima dos $47\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta situação não indicia necessariamente uma aclimação inversa pois apesar das temperaturas do ar no interior do abrigo serem consideravelmente superiores durante o período diurno às temperaturas do ar medidas no exterior, à sombra, particularmente durante o período de máxima intensidade luminosa, há que não esquecer o efeito sobre a temperatura foliar da quantidade de energia absorvida. A temperatura a que ficam sujeitas as folhas é determinada pela interacção entre a energia absorvida, a temperatura do ar, a velocidade do vento, o tamanho da folha e a resistência oferecida à difusão do vapor de água (Nobel, 1980), não sendo de excluir que as folhas Testemunha possam estar sujeitas pontualmente a um maior stress térmico durante curtos períodos a meio do dia do que as folhas abrigadas (veja-se Kappen, 1981).

Todavia, parece ser relativamente consensual que os processos mais efectivos de dissipar energia num corpo vegetal, e assim evitar o sobre-aquecimento, são a transferência de calor latente de evaporação e a convecção livre e forçada por transferência turbulenta de calor (Baugartener, 1973; Ross, 1975), processos presumivelmente muito prejudicados no interior dos abrigos. Em condições de campo, com plantas não irrigadas observou-se a ocorrência de secagem extensiva das folhas dos jovens sobreiros no interior de abrigos (Abrigo Alto Castanho e Abrigo Baixo, no Ensaio de Campo) que não ocorreu em plantas sem abrigo (Dias *et al.*, 1991; capítulo 5) o que sugere um agravamento stress térmico no interior dos abrigos devido à limitação dos processos de dissipação de calor, particularmente sob condições de stress hídrico. A combinação destas observações com as efectuadas em plantas envasadas regadas (capítulos 3 e 4) em que não se registaram tais efeitos sugere que o stress térmico no interior dos abrigos usados, só se torna extensivamente letal a nível foliar, nos jovens sobreiros, em condições de stress hídrico.

Bergez e Dupraz (1997) que observaram reduzidas taxas transpiratórias independentes da temperatura em plântulas de *Prunus avium* L. em abrigos não arejados, notam que nos climas mediterrânicos os abrigos podem induzir temperaturas foliares potencialmente letais para a folhagem. Com efeito, apesar da ocorrência de temperaturas potencialmente letais no interior de abrigos ser igualmente referida em climas mais amenos (Tuley, 1983; Evans e Potter, 1985;

Potter 1988), nos climas mediterrânicos os seus efeitos agravam-se devido à ocorrência simultânea de stress hídrico.

À partida, mesmo com boas disponibilidades hídricas, a redução da intensidade luminosa no interior dos abrigos faz esperar taxas mais reduzidas de assimilação de CO₂. Com efeito, como notam Collet *et al.* (1993) o ensombramento lateral provocado pelos abrigos faz esperar a redução da assimilação fotossintética do CO₂ devido à redução da densidade do fluxo de fotões. Porém as plantas podem teoricamente contornar esta desvantagem, através do aumento da área foliar, como observado em plantas abrigadas de *Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch (Kjelgren, 1994), ou, através de uma maior intercepção da radiação luminosa pela folhagem, possibilitada pelo aumento da densidade foliar (volume ocupado pela superfície foliar) em plantas abrigadas Tchuente (1987).

Além de ajustamentos globais do crescimento das plantas, alterações anatómicas e funcionais a nível foliar deverão ocorrer em resposta ao ambiente alterado em que as folhas se desenvolvem, não sendo, no entanto garantido que as alterações induzidas pelo ambiente interno dos abrigos, sejam vantajosas para a fotossíntese e crescimento nesse mesmo ambiente. Para além disso, outros factores poderão contribuir para contrariar a desvantagem da redução da luz disponível, como sejam um uso mais eficiente da água possibilitado por um ambiente pouco ventilado e húmido, uma temperatura mais favorável (pelo menos durante grande parte do ano) ou eventualmente uma maior concentração de CO₂.

A redução da intensidade luminosa, associada a elevadas temperaturas e à redução da humidade relativa durante o dia, são factores geralmente associados a elevadas resistências estomáticas e baixas taxas de assimilação de CO₂. Porém, no interior de abrigos, são relativamente consistentes as observações de elevadas condutâncias estomáticas (Tchuente, 1987; Kjelgren, 1994; Bergez e Dupraz, 1997; Kjelgren e Rupp, 1997a; Kjelgren *et al.*, 1997) as quais podem ser explicadas pela elevada resistência às perdas da água oferecido pela camada limite, no ar relativamente parado dos abrigos (Kjelgren, 1994; Kjelgren e Rupp, 1997a). No interior dos abrigos, estas reduzidas resistências estomáticas surgem associadas um pouco paradoxalmente a reduzidas taxas de transpiração (Kjelgren, 1994; Kjelgren e Rupp, 1997; Bergez e Dupraz, 1997) mas podem, pelo menos teoricamente, potenciar elevadas taxas de fotossíntese. Nestas circunstâncias, a

economia das trocas gasosas resultante da ligação inevitável entre ganho de carbono e a perda de água (Givnish, 1988) poderá ser de alguma forma subvertida. Aparentemente, no interior dos abrigos torna-se-ia possível manter uma elevada abertura estomática que permite ganhar carbono e simultaneamente perder muito pouca água.

Um outro factor que poderá condicionar favoravelmente a fotossíntese no interior de abrigos é o elevado nível de CO_2 aí observado durante o dia (Evans e Potter, 1985; Rendle, 1985; Frearson e Weiss, 1987; Mayhead e Jones, 1991; Burger *et al.*, 1992; Mayhead e Jenkins, 1992; Minter *et al.* 1992; Svihra *et al.* 1993). No entanto, não é certo que concentrações mais elevadas de CO_2 ocorram e se mantenham necessariamente durante todo o período diurno no interior de abrigos contendo plantas fotossinteticamente activas. Concentrações diurnas de CO_2 inferiores à ambiente foram observadas no interior de abrigos por outros autores (Peterson *et al.*, 1995; Dupraz, 1997a) e parece efectivamente improvável que o fluxo de CO_2 proveniente da respiração microbiana do solo (segundo tudo indica a "fonte" de CO_2 nos abrigos) possa manter uma concentração elevada de CO_2 em abrigos incluindo uma superfície foliar importante e fotossinteticamente activa. Segundo Dupraz (1997a) o fluxo de CO_2 do solo teria de ser 20 vezes superior ao normal para poder manter até a concentração normal de 360 ppm no interior de um abrigo contendo uma jovem cerejeira. Na medida em que não estudámos a concentração de CO_2 nem acompanhámos a sua variação no interior dos abrigos em conjunto com o crescimento das plantas, resta-nos uma certa incerteza sob esta questão. Parece, no entanto, provável que o factor planta, necessariamente variável, seja determinante neste aspecto.

Na impossibilidade de conduzir este estudo em todos os abrigos empregues, optámos pelo Abrigo Alto Castanho (Sheltatree) por ser o que produz alterações mais dramáticas no microclima interior e por ter estado sempre presente nos estudos anteriormente desenvolvidos.

Realizaram-se duas experiências que designamos por 1 e 2 (segundo a ordem cronológica), com jovens plantas abrigadas e não abrigadas, onde sob condições laboratoriais se estudaram as curvas de resposta das trocas gasosas sob intensidades luminosas decrescentes e temperaturas crescentes.

Estas experiências foram delineadas de forma a permitir o esclarecimento de duas questões básicas: (1) As folhas desenvolvidas no interior de um abrigo tornam-se (e como) ou não funcionalmente diferentes das Testemunha na sua resposta à variação da intensidade luminosa e temperatura e (2) poderão as eventuais alterações funcionais das folhas abrigadas ser vantajosas para as plantas no ambiente alterado dos abrigos? e ainda (3) o que sucede quando são sujeitas a condições "normais", o que pode ocorrer se o abrigo for retirado subitamente.

6.2. Materiais e métodos

6.2.1. Experiência 1

Utilizaram-se plantas jovens de sobreiro produzidas em viveiro em "paper pot" com substrato de casca de pinheiro. As plantas provenientes de de lande do ano foram amavelmente fornecidas pela CELBI. As plantas cresceram durante três meses no viveiro e após um período de 10 dias ao ar livre foram transplantadas para contentores plásticos com 5 litros de capacidade dispondo de 5 orifícios para escoamento no fundo, preenchidos com uma camada basal de 2 cm de argila expandida ($\varnothing$ 8-15 mm) e com terra colhida nos 20 centímetros superficiais no local do Ensaio de Campo da Fonte dos Veados (para as características ver ponto 5.2.1, capítulo 5). Vinte plantas cresceram ao ar livre na Horta da Herdade da Mitra no local onde decorreram os Ensaios 1 e 2 (capítulos 3 e 4), em duas linhas de orientação Norte-Sul afastadas cerca de dois metros. Os vasos também afastados cerca de dois metros na linha foram regados diariamente durante cerca de sete meses. A dez plantas distribuídas aleatoriamente foram aplicados Abrigos Altos Castanhos (*Sheltatree*, veja-se descrição capítulo 2) e dez foram deixadas sem abrigo. Cinco plantas com aspecto saudável e vigoroso foram escolhidas de cada tratamento. De cada planta utilizou-se uma folha do ramo principal, sem danos evidentes, situada no terço superior da planta e formada após a aplicação dos abrigos. Optou-se pela utilização de folhas do ramo principal dada a irregularidade da ramificação nas diferentes plantas que não permitia a utilização de folhas em posições idênticas em todas elas e dadas as dimensões bastante

inferiores das folhas dos ramos que dificultavam a introdução de uma área significativa na cuvete disponível para o estudo.

As plantas foram mantidas ao ar livre sendo transportadas para o Laboratório, no Departamento de Engenharia Florestal, ISA imediatamente antes da realização do estudo que decorreu entre 25 e 30 de Outubro de 1991. Utilizou-se um porómetro $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ "Compact Mini-Cuvette System CMS-400" Walz no estudo das trocas gasosas das folhas sob intensidades luminosas diferentes a 20 °C, conseguidas através da interposição sucessiva de três filtros entre a fonte luminosa e a cuvete. Para a obtenção de escuro suprimiu-se totalmente a iluminação artificial e rodeou-se a cuvete e parte das plantas com plástico negro. A climatização da cuvete é efectuada através de um elemento de Peltier incorporado no sistema. Após a sequência decrescente de intensidades luminosas e um período de escuro as folhas foram sujeitas novamente à intensidade luminosa máxima.

No dia 30 e 31 de Outubro, empregando as mesmas folhas, estudaram-se as trocas gasosas a 35 °C na máxima intensidade luminosa (*ca.* de $1240 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Em todos os casos o ar bombeado na cuvete e captado no exterior foi feito circular através de um dispositivo humificador. Durante o estudo a Humidade Relativa do ar na cuvete variou entre 38.8% e 44.6%.

O cálculo da assimilação de CO_2 , e das condutância foliar para o vapor de água foi efectuado utilizando o programa DIAGAS (Walz, 1992).

As folhas utilizadas no estudo foram posteriormente destacadas e colocadas entre uma folha de papel branco e uma folha de papel vegetal de alta qualidade (papel de engenheiro) sendo o seu contorno desenhado no papel vegetal com um lápis bem afiado. A área inserida na mini-cuvete foi marcada sobre este contorno. O recorte da réplica em papel vegetal da folha e da área inserida foram pesadas num balança de precisão digital Mettler AE 100 e as áreas foliar e foliar inserida calculadas tendo em conta o peso de uma área conhecida do mesmo papel. A porção proeminente da nervura central foi retirada com o auxílio de um bisturi, as folhas foram colocaram-se em seguida no interior de uma estufa de ventilação forçada a 60 °C durante 72 h. O peso seco foi obtido após arrefecimento em excicador.

As folhas situadas no tronco das plantas imediatamente acima das utilizadas na mini-cuvete foram usadas na determinação do conteúdo em pigmentos. Seguiram-se os procedimentos descritos por Lichtenthaler (1987), utilizaram-se folhas

inteiras retirando previamente a porção proeminente da nervura central. As folhas foram colocadas em pequenos *ehrlenmeyers* velados com papel de alumínio, os solventes foram aplicados frios e as folhas mantidas no frigorífico (2-5 °C) durante a extracção de forma a reduzir o mais possível a degradação dos pigmentos. Procedeu-se a uma primeira extracção com acetona a 80% durante 24 h, seguida de uma 2ª com acetona a 100%, durante 24 h. Na 3ª extracção utilizou-se Metanol 100% nas folhas testemunha e éter dietílico nas abrigadas, sendo ainda necessário recorrer a uma 4ª extracção no caso das folhas testemunha com metanol durante 24 h. Em todos os casos procedeu-se imediatamente à diluição das soluções obtidas e às leituras espectrofotométricas da absorvância, utilizando-se um espectrofotómetro Hitachi modelo 100-20.

A análise da variação da assimilação líquida de CO₂, e condutância foliar em função da variação da intensidade luminosa foi efectuada através do ajustamento de modelos polinomiais de regressão curvilinear, utilizando os valores médios de cada tratamento. Os ajustamentos foram efectuados usando o módulo STEP de Statgraphics (STSC, 1989), por selecção sequencial ascendente pelo método dos mínimos quadrados para regressão curvilinear sem repetições. O factor abrigo foi introduzido como variável muda. As outras variáveis candidatas consideradas foram além da constante e da intensidade luminosa R expressa em mmol m⁻² s⁻¹, R^2 , R^3 , R^4 , $\ln R$, $(\ln R)^2$ e as interacções de primeiro grau destas com a variável muda. De um modo geral esta aproximação permitiu a comparação global da resposta dos dois tipos foliares em presença à variação da intensidade luminosa porém a descrição da variação observada não se mostrou adequada no caso da assimilação líquida do CO₂, onde o valor descritivo dos modelos ajustados se mostrou limitado.

Optou-se pelo ajustamento do modelo de Weibull (Weibull, 1951) na forma apresentada por Brown (1987), que permitiu uma melhor descrição e estimativas do valor máximo de assimilação e ponto de compensação luminosa.

De forma geral: $Y = M \left\{ 1 - \exp - \left\{ \left[(x - x_u) / x_0 \right]^m \right\} \right\}$, em que Y é a taxa líquida de assimilação de CO₂, expressa em μ m⁻² s⁻¹ (adicionada de 2 μ m⁻² s⁻¹ a fim de eliminar os valores negativos), M uma estimativa do valor máximo de Y , x_u um parâmetro de localização, x_0 um parâmetro de escala, m um parâmetro de forma

que no conjunto proporcionam uma elevada flexibilidade capaz de permitir excelentes ajustamentos numa grande variedade de situações (Brown, 1987).

O ajustamento do modelo de Weibull foi tentado pelo método dos mínimos quadrados para regressão não linear sem repetições usando o algoritmo de Marquardt (Marquardt, 1963) tal como implementado no procedimento NONLIN de Statgraphics (STSC, 1989). As estimativas iniciais resultaram do exame dos valores de X e Y, atingindo-se a convergência sem limite de iterações quando a variação relativa da soma dos quadrados dos erros era menor ou igual a 10^{-4} ou a variação relativa das estimativas dos parâmetros era menor ou igual a 10^{-3} , variando-se o parâmetro inicial de Marquardt, o seu valor máximo e o factor de escala consoante as necessidades de ajustamento. A aceitação dos ajustamentos foi feita tendo em conta a distribuição de F tal como sugerido por Draper e Smith (1981) e por validação gráfica dos modelos obtidos.

Sempre que esta última não permitia razoavelmente aceitar o modelo (caso da Testemunha, experiência 1) foram gerados pares de valores x e y por interpolação polinomial aberta, usando o método dos *splines* quase-cúbicos de nós variáveis (Hazony, 1979) disponível no procedimento SPLINE de Statgraphics (STSC, 1989); neste caso os valores de R^2_{aj} foram recalculados para os dados originais.

Os resultados obtidos sob elevada intensidade luminosa sem e com tratamento prévio de escuro a 20 C e os resultados obtidos a alta intensidade luminosa sem tratamento prévio de escuro a 20 C e 35 C, bem como os parâmetros relativos às características foliares foram comparados através de testes t-Student utilizando o módulo TWOSAM de Statgraphics (STSC, 1989) ou por meio de testes não paramétricos de Mann-Whitney utilizando o módulo WILCOX de Statgraphics (STSC, 1989) sempre que não se registava homogeneidade de variâncias.

6.2.2. Experiência 2

A resposta das trocas gasosas à variação da intensidade luminosa e temperatura foram estudadas em cinco folhas pertencentes a cinco plantas abrigadas no Abrigo Alto Castanho e cinco plantas testemunha. Utilizaram-se como anteriormente folhas maduras do terço superior do ramo principal das plantas, formadas após a aplicação do tratamento abrigo. As plantas tinham aproximadamente sete meses na

altura da experiência que decorreu durante o mês de Julho de 1992. Seguiram-se procedimentos em tudo idênticos aos da Experiência 1 com as seguintes ressalvas:

- (a) a fonte luminosa que se utilizou na experiência 2, uma lâmpada nova, permitiu obter uma intensidade luminosa superior à da Experiência 1.
- (b) A disponibilidade de mais um filtro fumado para interposição entre a fonte luminosa e as folhas permitiu por sua vez a introdução de mais um ponto de observação da influência da intensidade luminosa.
- (c) A operacionalidade de um termopar permitindo a leitura da temperatura superficial da página inferior das folhas adicionou um novo parâmetro ao estudo.
- (d) Com intenção de simplificar o procedimento extractivo dos pigmentos assimiladores das folhas optou-se, na experiência 2 por usar apenas metanol 100% como solvente durante 72 h no escuro e frio (2-5C).

6.3. Resultados e Discussão

6.3.1. Experiência 1

Influência da intensidade luminosa nas trocas gasosas

Na figura 6.1 apresentam-se os resultados da variação das trocas gasosas e condutividade foliar em folhas abrigadas e testemunha sujeitas à variação da intensidade luminosa. A existência de um tratamento prévio de escuro não influenciou significativamente a resposta fotossintética das folhas sob elevada intensidade luminosa embora se registassem após o período de escuro taxas ligeiramente inferiores de assimilação líquida de CO₂, tanto nas folhas abrigadas como nas testemunha. Assim, não se consideraram mais os valores obtidos após o período de escuro.

A análise da variação da taxa de assimilação líquida de CO₂ com a intensidade luminosa em folhas testemunha e abrigadas, efectuada por meio de regressão ajustada a partir dos valores médios observados, onde se introduziu o factor abrigo como variável muda, revelou a existência de diferenças significativas na resposta das folhas dos dois tratamentos à variação da intensidade luminosa:

$$A(\text{CO}_2)_{\text{Testemunha}} = 4.449888 + 0.845805 \ln R$$

$$A(\text{CO}_2)_{\text{Abrigo}} = 4.44989 + 0.84580 \ln R + 1.38473 R^2 \quad (R^2_{aj} = 0.9722, n=10)$$

onde A é a taxa de assimilação líquida de CO_2 , expressa em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, e R a intensidade luminosa no interior da cuvete expressa em $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Embora com um valor descritivo limitado, este modelo permite a comparação directa dos tratamentos e a aceitação da existência de diferenças significativas entre eles dado que a variável muda para o factor abrigo é significativa.

O estabelecimento de modelos com um maior valor descritivo do processo de assimilação de dióxido de carbono não se revelou possível com esta abordagem optando-se pelo estabelecimento de regressões não lineares aplicando aos dados o modelo de Weibull (Weibull, 1951; Brown, 1987).

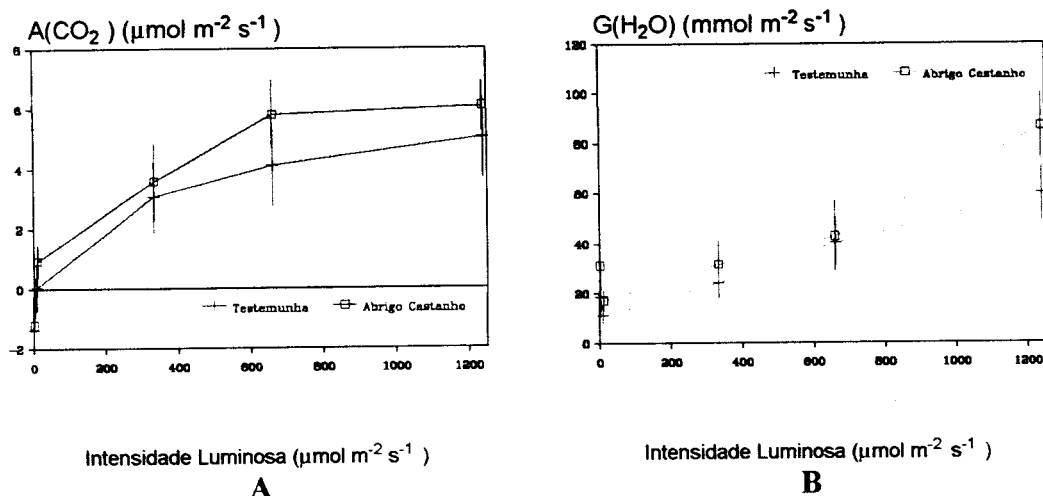


Figura 6.1 Efeito da variação da intensidade luminosa em folhas abrigadas e testemunha (valores médios observados e erro padrão) **A.** Taxa de assimilação líquida de dióxido de carbono, $A(\text{CO}_2)$ e **B.** Condutância foliar para o vapor de água, $G(\text{H}_2\text{O})$.

Os modelos ajustados, descrevem de forma bastante satisfatória a resposta das folhas à variação da intensidade luminosa ($R^2_{aj} = 0.9781$ para a testemunha e $R^2_{aj} = 0.9491$ para o abrigo) sendo possível a partir deles a obtenção de estimativas do Ponto de compensação e o ponto de saturação luminosa, para cada tratamento.

$$A(\text{CO}_2)_{\text{Testemunha}} = 7.941385 \left\{ 1 - \exp - \left\{ \left[(R + 13.886943) / 351.159262 \right]^{0.587827} \right\} \right\} - 2$$

$$A(\text{CO}_2)_{\text{Abrigo}} = 8.096597 \left\{ 1 - \exp - \left\{ \left[(R + 354.122101) / 638.488772 \right]^{2.371929} \right\} \right\} - 2$$

Tanto para as folhas testemunha como para as abrigadas a iluminação máxima fornecida foi insuficiente para alcançar a saturação luminosa. Nas folhas testemunha a taxa fotossintética máxima estimada é de $5.94 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ podendo admitir-se um ponto de saturação luminosa a $1968 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Um pouco surpreendentemente nas folhas abrigadas a taxa fotossintética máxima estimada é ligeiramente mais elevada $6.10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ que nas folhas testemunha mas o ponto de saturação luminosa é atingido a uma intensidade luminosa inferior, $1696 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Por sua vez o ponto de compensação luminosa é, como seria de esperar, mais baixo nas folhas abrigadas ($\Gamma = 21.27 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) do que nas folhas testemunha ($\Gamma = 28.90 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) embora o seja muito ligeiramente.

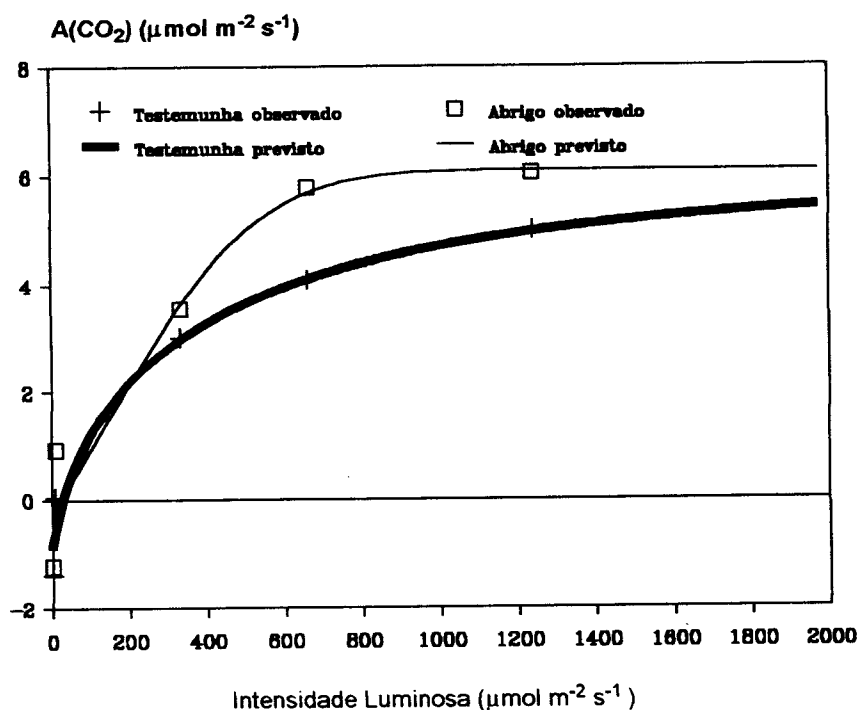


Figura 6.2 Valores médios observados e previstos da variação da assimilação líquida de dióxido de carbono, $A(\text{CO}_2)$, em função da variação da intensidade luminosa, em folhas testemunha e abrigadas segundo o modelo de Weibull.

Na figura 6.2 pode observar-se a variação da assimilação líquida de dióxido de carbono observada e a prevista segundo o modelo de Weibull.

As folhas desenvolvidas no interior dos abrigos apresentam algumas

características de folhas de sombra (veja-se adiante) mostrando alguma superioridade fotossintética a intensidades luminosas relativamente baixas ($400\text{--}600\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$) frequentemente observada em folhas de sombra (Björkman, 1981a; Wagner *et al.*, 1993). No entanto, o ponto de compensação para a luz não é significativamente reduzido como tem sido observado em folhas de sombra de *Quercus macrocarpa* e *Quercus muehlenbergii* (Hamerlynck e Knapp, 1994) e de *Quercus ilex* L. (Larcher e Tisi, 1990; Wagner *et al.*, 1993); nestes casos a redução do ponto de compensação é atribuída à redução das taxas de respiração às escuras das folhas de sombra. Nas folhas abrigadas a respiração às escuras e o ponto de compensação luminosa não sofrem alteração significativa e, além disso, as folhas abrigadas mantêm níveis de assimilação líquida superiores às testemunha a elevadas intensidades luminosas o que não é característico de folhas de sombra.

Sabe-se que a exposição a intensidades elevadas de radiação pode inactivar a fotossíntese (Björkman, 1981a; Powles, 1984) e que as folhas de sombra, adaptadas a baixos níveis de luz, são mais susceptíveis à fotoinibição (Anderson e Osmond, 1987; Larcher, 1993) quando expostas a radiação intensa ou inclusivamente à fotodestruição do sistema fotossintético (Larcher, 1992). Sabe-se também que de um modo geral, todos os factores que contribuam para limitar a taxa de fotossíntese ou a taxa relativa de absorção de luz no transporte electrónico, como sejam temperaturas supra-óptimas, aumentam a probabilidade de fotoinibição (Melis, 1999). É interessante constatar que tal não se verifica, em geral, nas folhas abrigadas que são, pelo contrário, folhas que apresentam taxas de assimilação líquida superiores em toda a gama de iluminação observada (e estimada), as quais terão de ser atribuídas a uma capacidade de resposta fotossintética superior a elevadas intensidades luminosas dado que, como já se referiu, a respiração às escuras não é significativamente diferente entre folhas abrigadas e testemunha.

O facto do ensombramento provocado pelo abrigo ser um ensombramento lateral levando a que durante um curto período a meio do dia, o meristema apical fique sujeito à insolação directa e exposto assim a elevadas intensidades luminosas poderá explicar estas observações. Com efeito, as condições em que as folhas se desenvolvem influenciam a taxa fotossintética máxima que atingem (Šestáček, 1981) e relações significativas têm sido observadas entre a taxa de assimilação sob saturação luminosa e as condições de luz durante a ontogenia (Ducrey, 1981).

No entanto, se simularmos (com recurso aos modelos ajustados) uma situação que retrate aproximadamente as condições luminosas no interior do abrigo face às exteriores (usando o modelo preditivo ajustado anteriormente, capítulo 2) e compararmos as taxas de assimilação líquida de CO_2 previsíveis nas folhas testemunha e abrigadas nas respectivas condições, concluimos que são de esperar reduções da assimilação de CO_2 nos abrigos, variando entre 91 e 15% da testemunha, para uma gama de intensidade luminosa exterior compreendida entre 2000 e 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ com reduções da ordem dos 32-77% entre os 500 e os 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Com efeito, apesar das plantas abrigadas serem capazes de aproveitar melhor a radiação disponível, esta é efectivamente muito reduzida pelo abrigo e a pequena vantagem fisiológica da maior eficiência da utilização a luz disponível será insuficiente para permitir às folhas abrigadas ultrapassar sem perdas de produção a grande desvantagem da redução da intensidade luminosa.

Estes resultados não coincidem inteiramente com os observados por Collet *et al.* (1993) em jovens cerejeiras (*Prunus avium* L.), onde as folhas abrigadas apresentaram taxas de assimilação de CO_2 significativamente inferiores às testemunha, quer dentro do abrigo quer sob saturação luminosa. Os abrigos usados neste estudo têm, no entanto, características substancialmente diferentes dos que empregámos; são abrigos de grande diâmetro construídos com rede de ensombramento produzindo um ensombramento lateral presumivelmente mais atenuado e um menor "efeito de estufa" (Collet e Frochot, 1992) do que aqueles sobre que incide o nosso estudo. Pelo contrário, estes resultados parecem poder harmonizar-se com os observados por Kjellgren *et al.* (1997) em *Acer platanoides* L. e *Fraxinus pennsylvanica* Marsh durante o dias de céu limpo no Verão, que de modo geral observam taxas de assimilação de CO_2 sob iluminação plena, idênticas em folhas abrigadas (abrigos translúcidos de polipropileno castanhos e brancos) e testemunha.

As taxas superiores de assimilação líquida de CO_2 podem ser explicadas, pelo menos em parte, pela superior condutância foliar que as folhas abrigadas exibem especialmente sob elevadas intensidades luminosas.

Com efeito, a análise de regressão da variação da condutividade foliar do vapor de água, $G(\text{H}_2\text{O})$, em função de R ($R^2_{aj} = 0.9195$, $n = 10$) mostra a existência de diferenças significativas entre os tratamentos:

$$G(\text{H}_2\text{O})_{\text{Abrigo}} = 20.74068 + 18.91843 R + 27.13648 R^2$$

$$G(H_2O)_{Testemunha} = 20.74068 + 27.13648 R^2$$

Os valores médios observados da taxa de transpiração e condutância foliar para o vapor de água bem como os previstos segundo os modelos ajustados para estes parâmetros apresentam-se resumidamente na figura 6.4.

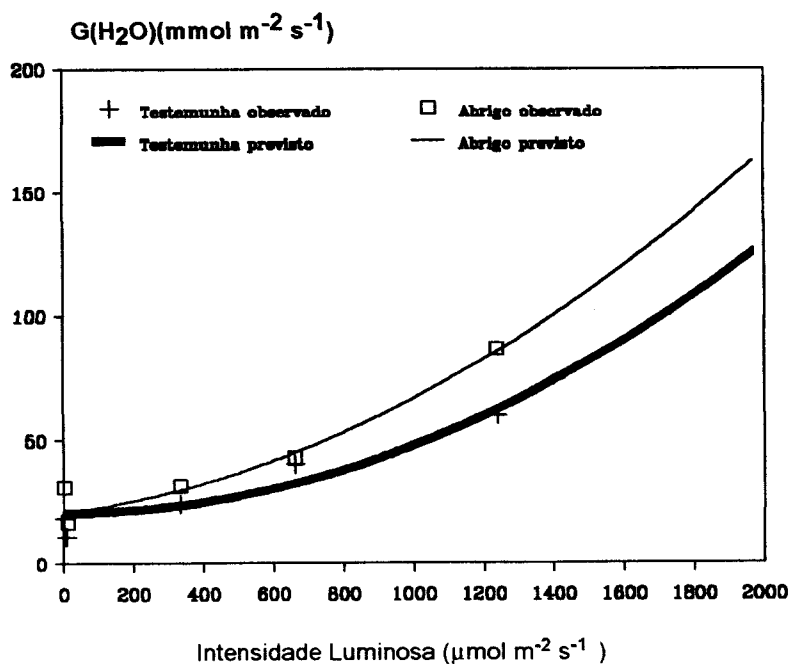


Figura 6.4 Valores previstos e médios observados da variação da condutividade foliar para o vapor de água ($G(H_2O)$) com a intensidade da radiação fotossinteticamente activa folhas testemunha e abrigadas.

Estes resultados são em parte consentâneos com os encontrados por Kjelgren *et al.* (1997) no estudo atrás referido se observaram condutâncias foliares aumentadas nas plantas abrigadas, embora isso não se reflectisse significativamente na taxa de assimilação de CO_2 . Noutros estudos com as mesmas espécies (Kjelgren e Rupp, 1997a), em *Glymnocladus dioica* (L.) K. Koch (Kjelgren, 1994), e *Prunus avium* L. (Bergez e Dupraz, 1997) foram observadas elevadas condutâncias foliares em folhas abrigadas, no interior de abrigos.

Na Experiência 1 a resposta dos estomas à intensidade luminosa foi alterada pelo abrigo mas a divergência entre folhas abrigadas e testemunha inicia-se a intensidades luminosas superiores às que são de esperar no interior do abrigo.

Talvez esta resposta possa parcialmente explicar a indesejabilidade de retirar o abrigo quando a maior parte da folhagem ainda se encontra no seu interior (Potter, 1987b; Kittredge *et al.*, 1992) pois as altas condutâncias contínuas e a pobre resposta estomática que não constituem problema enquanto o abrigo permanece selado induzem altas taxas transpiratórias sem controle fisiológico quando se verifica algum movimento súbito de ar no interior do abrigo, podendo explicar a desidratação observada quando o abrigo é removido ou derrubado por acidente, devido ao vento ou à acção de animais (Bergez e Dupraz, 1997).

Influência da temperatura nas trocas gasosas

Na figura 6.5 compara-se a resposta à elevação da temperatura da cuvette de 20 C para 35 C. Da comparação entre amostras, efectuada por meio de testes t de Student, pode concluir-se que as taxas de assimilação líquida e condutividade foliar se reduzem relativamente mais nas folhas testemunha do que nas folhas abrigadas com a elevação da temperatura.

Efectivamente, a assimilação líquida de CO₂ não difere significativamente entre as folhas testemunha e as abrigadas a 20 C mas quando a temperatura aumenta para 35 C a diferença na taxa de assimilação líquida torna-se significativa ($P = 0.017$), com as folhas abrigadas ostentando taxas médias de assimilação mais elevadas que as testemunha.

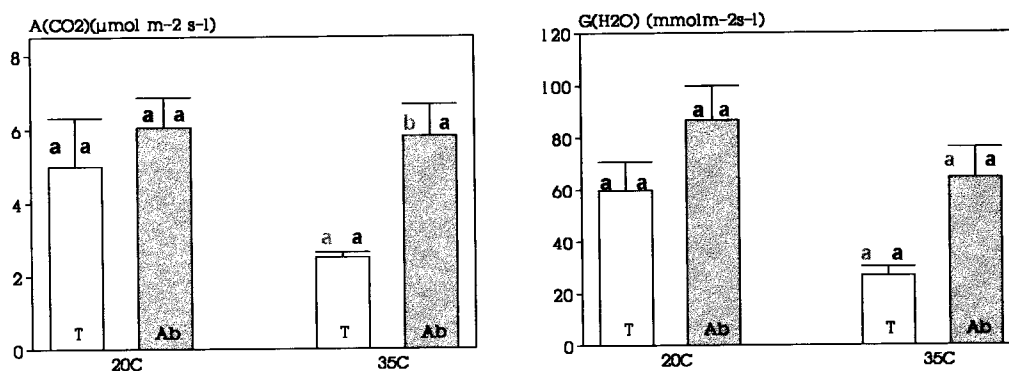


Figura 6.5 Efeito da elevação da temperatura de 20 para 35 C, sob elevada intensidade luminosa (ca. de 1240 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na média e erro padrão da taxa de assimilação líquida (A) e condutividade foliar (G) para o vapor de água em folhas Testemunha (T) e abrigadas (Ab). Tratamentos assinalados com a mesma letra (a negro/cinzeno para comparações inter-tratamentos e a cores para comparações intra-tratamentos) não diferem significativamente entre si ($P > 0.05$).

O aumento da temperatura de 20 para 35 C está associado, nas folhas testemunha, à redução da condutância foliar que é significativamente reduzida ($P = 0.026$). Pelo contrário, nas folhas abrigadas a condutância foliar não é significativamente alterada. Os abrigos parecem assim afectar o funcionamento dos estomas que aparentemente perdem capacidade de resposta às alterações ambientais.

Características das folhas estudadas na Experiência 1

Nas tabelas encontram-se resumidas as características observadas nas folhas cujas trocas gasosas foram estudadas (tabela 6.2) e nas folhas mais jovens imediatamente mais próximas (tabela 6.1).

Folhas	Peso Seco (g)	Área Foliar (cm ²)	Área Foliar Específica (cm ² /g)
Abrigadas			
Média	0.0169	2.5029	150.13
Erro Padrão	0.0019	0.2202	7.60
Testemunha			
Média	0.0349	3.3318	95.51
Erro Padrão	0.0057	0.5710	2.61
Diferenças entre Tratamentos	*	ns	**

Tabela 6.1 Peso seco, expresso em gramas, área foliar, expressa em centímetros quadrados e área foliar específica, expressa em centímetros quadrados de área foliar por gramas de peso seco. As amostras foram comparadas por meio de testes t de Student, assinalando-se com * e ** os parâmetros onde se consideram significativas as diferenças entre os tratamentos ($P < 0.05$ e $P < 0.01$ respectivamente), **ns** indica não serem as diferenças significativas ($P > 0.05$).

Como se pode constatar por análise da tabela 6.1 a área específica foliar é significativamente reduzida ($P < 0.05$) pela presença no interior do Abrigo Castanho. Como se discutiu atrás (capítulo 4) a menor espessura da lâmina foliar expressa por uma menor área específica é uma característica das plantas ensombradas e está de acordo com os resultados descritos noutros pontos deste trabalho (capítulo 3 e 4) referentes a amostras constituídas por milhares de folhas.

Das diferenças na espessura foliar entre folhas abrigadas e testemunha decorre

ser o conteúdo em pigmentos relativamente superior nas folhas abrigadas quando expresso por unidade de peso foliar ocorrendo o inverso quando o conteúdo é expresso por unidade de área foliar, o que é característico da aclimação à sombra (Lichtenthaler, 1985). As diferenças observadas só são significativas ($P < 0.05$) no que respeita ao conteúdo de clorofila *a* por unidade de área foliar, que é menor nas folhas abrigadas.

Folhas	Clorofila			C+X	Clorofila			C+X	Cl a/b	Cv/(C+X)
	a	b	Totais	Totais	a	b	Totais	Totais		
	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	$\mu\text{g}/\text{g}$	$\mu\text{g}/\text{g}$	$\mu\text{g}/\text{g}$	$\mu\text{g}/\text{g}$		
Abrigadas										
Média	47.78	12.08	59.86	19.03	7143.94	1803.60	8947.55	2833.15	4.00	0.72
Erro Padrão	4.52	1.31	5.64	2.39	671.64	194.21	833.95	327.77	0.25	0.28
Testemunha										
Média	63.94	13.72	77.66	21.69	6148.79	1321.31	7470.10	2084.64	4.70	3.57
Erro Padrão	4.36	1.04	5.37	1.45	562.71	130.50	691.63	189.03	0.10	0.01
Diferenças entre tratamentos	*	ns	n.	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

Tabela 6.2 Conteúdo em pigmentos, clorofila *a*, *b* e total e carotenoides (C+X, Carotenos e Xantofilas) das folhas abrigadas (Abrigo Castanho) e Testemunha expressas em microgramas por centímetro quadrado de área foliar e grama de peso seco foliar. As médias e respectivos erros padrão dizem respeito a 4 folhas abrigadas e 5 folhas Testemunha. As amostras foram comparadas por meio de testes *t* de Student, assinalando-se com * e **os parâmetros onde se consideram significativas as diferenças entre os tratamentos ($P < 0.05$ e $P < 0.01$ respectivamente), ns indica não serem as diferenças significativas ($P > 0.05$).

Nas folhas abrigadas a razão clorofila *a*/clorofila *b* é inferior e significativamente diferente ($p < 0.01$) da encontrada nas folhas Testemunha. A redução desta razão é uma característica comumente observada em plantas de sombra (Björkman, 1981a, Anderson e Osmond, 1987; Lichtenthaler, 1985, 1987), sendo considerada como um carácter dominante na resposta sol-sombra (Anderson e Osmond, 1987).

O aumento da importância relativa da clorofila *b* reflecte possivelmente um aumento da importância relativa do fotossistema II (PSII) nas plantas de sombra já que se supõe que toda a clorofila *b* pertence ao complexo LHChlab-Proteína (Light-Harvesting) basicamente associado ao PSII. (Björkman, 1981a; Anderson 1987), permitindo possivelmente uma distribuição mais equilibrada da energia entre os dois fotossistemas, nos habitats ensombrados onde, devido ao efeito filtrante da folhagem, há uma grande proporção de luz infravermelha, efectiva

apenas na excitação do PSI (Björkman, 1981a).

Na razão Clorofilas totais/Carotenoides que é normalmente superior em plantas ou folhas de sombra (Lichtenthaler, 1987), não se encontraram diferenças significativas entre as folhas abrigadas e as testemunha.

O maior teor em clorofila a por unidade de área foliar, bem como a redução da razão clorofila a/clorofila b contribuirão possivelmente, em conjunto com a maior condutância foliar, para a maior taxa fotossintética por unidade de área foliar observada nas plantas abrigadas durante esta experiência.

6.3.2. Experiência 2

Influência da intensidade luminosa nas trocas gasosas

Na figura 6.6 encontra-se resumida a resposta das folhas abrigadas e testemunha à variação da intensidade luminosa.

A análise da variação da taxa de assimilação líquida de CO_2 com a intensidade luminosa em folhas testemunha e abrigadas, efectuada por meio de regressão, onde com o factor abrigo como variável muda, não revelou, desta vez, diferenças significativas entre as folhas abrigadas e as testemunha.

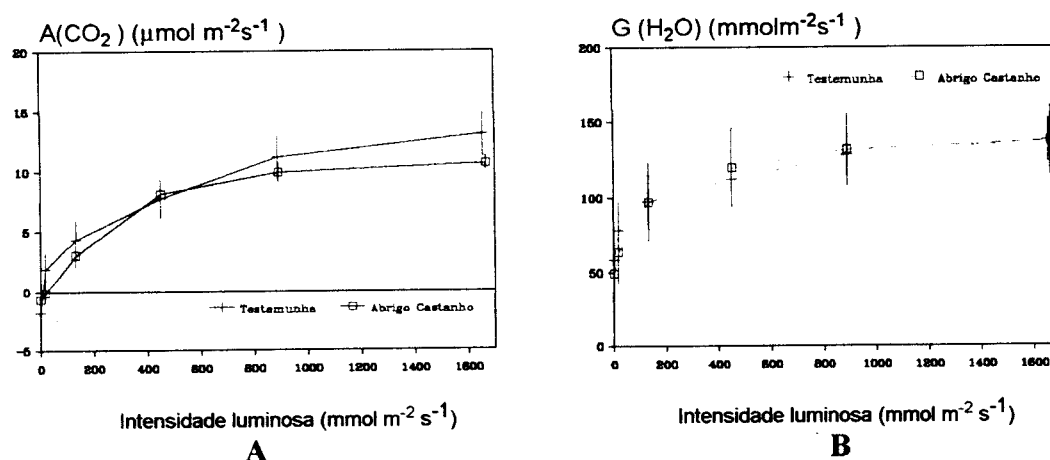


Figura 6.6 Efeito da variação da intensidade luminosa em folhas abrigadas e testemunha (valores médios observados e erro padrão) **A.** Taxa de assimilação líquida de dióxido de carbono, $A(\text{CO}_2)$ e **B.** Condutância foliar para o vapor de água $G(\text{H}_2\text{O})$.

Esta aproximação que nos permite comparar os tratamentos entre si tem, mais uma vez, um valor descritivo limitado, descrevendo a variação de $A(\text{CO}_2)$ como:

$$A(\text{CO}_2) = 10.35311 + 3.51908 \ln R + 0.26595 (\ln R)^2 \quad (R^2_{aj} = 0.9591, n = 12)$$

Assim recorreu-se novamente ao ajustamento dos dados ao modelo de Weibull, (Weibull, 1951; Brown, 19987) resultando:

$$A(\text{CO}_2)_{\text{Testemunha}} = 16.66008 \left\{ 1 - \exp - \left\{ [(R - 0.34650) / 464.06311]^{0.05995} \right\} \right\} - 2$$

$$A(\text{CO}_2)_{\text{Abrigo}} = 12.54077 \left\{ 1 - \exp - \left\{ [(R - 40.53334) / 319.28188]^{1.09302} \right\} \right\} - 2$$

Segundo estes modelos (com $R^2_{aj} = 0.9846$ na Testemunha e $R^2_{aj} = 0.9998$ no Abrigo com $n = 6$ em ambos os casos), a taxa líquida de assimilação máxima estimada é $14.66 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, na Testemunha, podendo admitir-se a saturação luminosa a $2010 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Nas folhas abrigadas a taxa máxima de assimilação líquida fica-se pelos $10.54 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, podendo admitir-se a saturação luminosa da fotossíntese a $1786 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. O ponto de compensação luminosa é muito baixo e próximo nos dois tipos de folhas, sendo surpreendentemente ligeiramente inferior na Testemunha (15.36 e $23.85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para a testemunha e abrigo respectivamente), quando seria de esperar que as folhas abrigadas, desenvolvidas num ambiente com menos luz disponível, tivessem um ponto de compensação inferior, como é frequentemente observado em folhas de sombra em associação com taxas respiratórias mais reduzidas (Larcher e Tisi, 1990; Wagner *et al.*, 1993; Hamerlynck e Knapp, 1994).

Na figura 6.7 pode observar-se a variação da assimilação líquida de dióxido de carbono observada e prevista segundo o modelo de Weibull.

Ao comparar estes resultados com os obtidos na Experiência 1 ressalta em primeiro lugar, o facto de se observarem taxas de assimilação líquida muito mais elevadas para idênticas intensidades luminosas. Estas ficam a dever-se a um balanço mais positivo entre taxas fotossintéticas mais elevadas e taxas respiratórias também significativamente mais elevadas que as observadas em Outubro, em ambos os tipos de folhas.

Independentemente do facto de em Julho se terem obtido intensidades luminosas

superiores no interior da cuvete graças à utilização de uma lâmpada nova, não surpreendem as taxas superiores observadas em Julho, período de crescimento activo comparativamente com Outubro, período de não crescimento. Com efeito, estas poderão possivelmente explicar-se por alterações de carácter sazonal no conteúdo de nutrientes, em particular do azoto, presente nas folhas. Lillis e Federici (1993) num estudo das trocas gasosas em treze espécies mediterrânicas, incluindo o sobreiro, observaram um pico generalizado da fotossíntese no início da Primavera (relativamente à Primavera tardia) quando a temperatura e luz são sub-óptimas, explicável por um superior conteúdo em azoto foliar. Oliveira et al. (1996) observaram a manutenção de níveis foliares de azoto e potássio relativamente elevados durante o Verão em folhas de sobreiros, jovens e adultos, decrescendo a sua concentração foliar durante o Outono e Inverno.

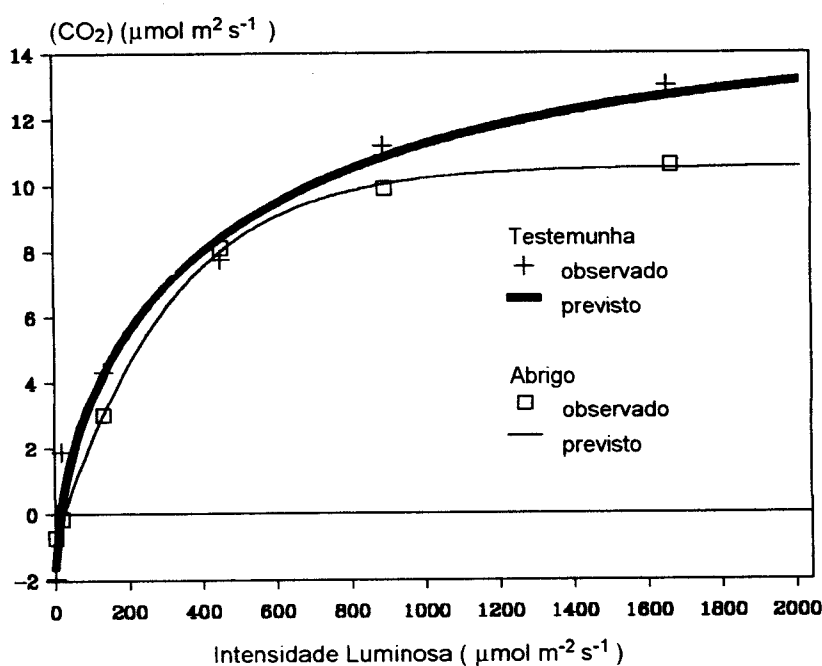


Figura 6.7 Valores médios observados e previstos segundo o modelo de Weibull da variação da taxa de assimilação líquida de dióxido de carbono, $A(\text{CO}_2)$, em função da variação da intensidade luminosa em folhas testemunha e abrigadas.

O facto da experiência 1 ter coincidido com um período de não crescimento e da experiência 2 ter coincidido com um período de crescimento activo não explica, no entanto, os diferentes resultados obtidos, ou seja que se tenham observado no

primeiro caso mass não no segundo diferenças significativas na variação da assimilação líquida de dióxido de carbono com a intensidade luminosa entre folhas abrigadas e testemunha.

Os valores da condutância foliar observados em Julho mostraram-se também geralmente superiores aos observados em Outubro, na Experiência 1. A variação da condutância foliar em função da luz, analisada por meio de regressão linear, com uma variável muda para o factor abrigo, não revelou, identicamente à assimilação líquida, a existência de diferenças significativas entre os tratamentos, que podem ser descritos adequadamente pela mesma equação:

$$G(H_2O) = 129.71806 + 18.91686 \ln R + 1.13349 (\ln R)^2 \quad (R^2_{aj} = 0.9768, n = 12)$$

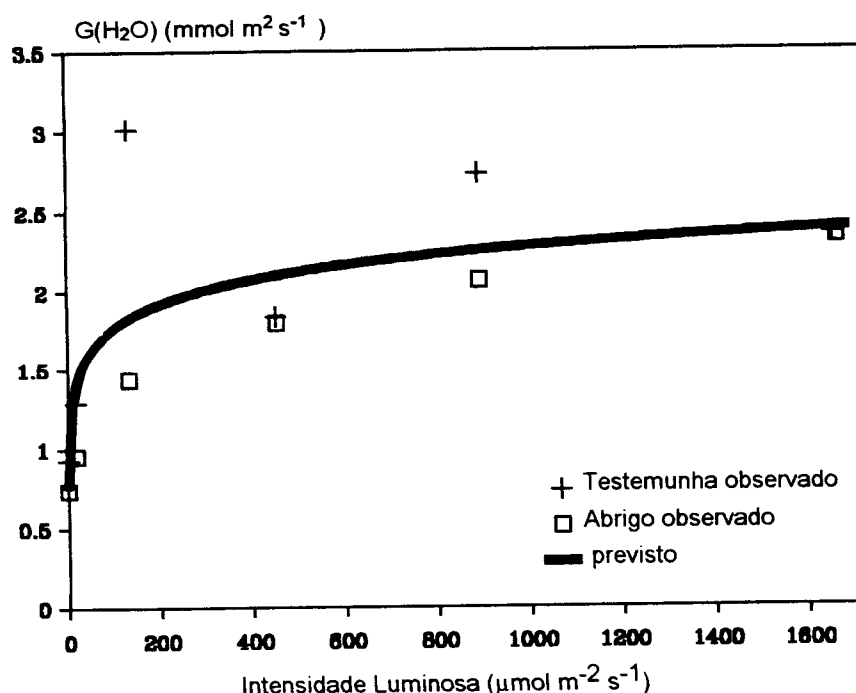


Figura 6.8 Variação da condutância foliar para o vapor de água com a intensidade luminosa em folhas abrigadas e testemunha. Valores médios observados e previstos segundo o modelo ajustado.

Na figura 6.8 apresentam-se os valores observados os previstos da condutância foliar segundo o modelo ajustado. Na comparação deste modelo com o ajustado na Experiência 1, constata-se, além do que já ficou dito, a existência de diferenças

estruturais. Aparentemente a inclusão de um ponto suplementar de baixa intensidade luminosa (sensivelmente $190 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na experiência 2 é determinante na alteração da forma das curvas ajustadas que passam a descrever mais fidedignamente a variação destes processos com a intensidade luminosa.

Para além disso, este parâmetro cuja variação reflecte basicamente o comportamento dos estomas, difere entre os tratamentos na experiência 1 mas não na 2. Na primeira, as folhas abrigadas e testemunha divergem cada vez mais à medida que a intensidade luminosa aumenta, denotando um comportamento estomático alterado pelo abrigo particularmente quando as folhas se encontram sob elevadas intensidades luminosas.

Tratando-se do mesmo abrigo e da mesma espécie exposta a condições muito semelhantes e tendo sido nas duas experiências utilizadas folhas abrigadas já formadas dentro do abrigo (e folhas testemunha já formadas após o início dos tratamentos), não encontramos nenhuma explicação para discrepância entre os resultados das duas experiências no que toca à semelhança e dissemelhança entre tratamentos, na variação das trocas gasosas e condutividades foliares sob a variação da intensidade luminosa.

Collet *et al.* (1993) e Kjelgren *et al.* (1997) observaram igualmente resultados variáveis na comparação entre taxas de assimilação líquida de CO_2 entre folhas abrigadas (no interior dos abrigos) e folhas de plantas não abrigadas. No primeiro caso, observações efectuadas em jovens cerejeiras (*Prunus avium* L.) durante cinco semanas consecutivas a meio do dia, durante o Verão (Julho e Agosto), mostraram uma convergência progressiva entre as taxas de assimilação líquida das folhas testemunha que decresceram ligeiramente, e das folhas abrigadas com tendência crescente. No segundo caso, resultados diferentes foram obtidos, a meio do dia, em dois dias consecutivos em Agosto. Num dos dias as taxas de assimilação líquida de CO_2 observada em jovens freixos (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh) não abrigados foram duplas ou mais do que duplas das observadas no interior de abrigos translúcidos brancos e castanhos. No dia seguinte, sem razão aparente, deixaram de se registar diferenças significativas entre folhas abrigadas e não abrigadas.

No nosso caso pode igualmente admitir-se a ocorrência de flutuações inexplicáveis que afectam os resultados da experiência 2. Com efeito, não se encontra explicação para as diferenças entre as taxas de assimilação líquida a 20°C ,

sob elevada intensidade luminosa ($1665\text{--}1656 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), neste estudo com as que posteriormente observámos nas mesmas plantas, nas mesmas folhas e em condições em tudo semelhantes quando se estudou o efeito da variação da temperatura (veja-se adiante).

	Abrigo	Testemunha	Diferenças Inter-Tratamentos
	$A(\text{CO}_2)$	$A(\text{CO}_2)$	
A)	10.60 ± 0.62	13.01 ± 1.78	ns
B)	11.67 ± 0.92	7.74 ± 0.90	*
Diferenças Intra-Tratamentos	ns	*	-
	$G(\text{CO}_2)$	$G(\text{CO}_2)$	
A)	87.98 ± 14.69	88.11 ± 9.02	ns
B)	79.27 ± 13.66	71.53 ± 9.22	ns
Diferenças Intra-Tratamentos	ns	ns	-

Tabela 6.3 Valores médios e erro padrão da assimilação líquida de CO_2 em cinco folhas abrigadas e cinco folhas testemunha a 20°C , sob elevada intensidade luminosa, no estudo da resposta à variação da intensidade luminosa (A) e no estudo da resposta à variação da temperatura (B). Indica-se o resultado das comparações inter e intra-tratamentos, efectuada por meio de testes t de Student, assinalando-se com * a existência de diferenças significativas ($P < 0.05$); ns indica não serem as diferenças significativas ($P > 0.05$).

Na tabela 6.3 cotejam-se estes resultados. Neste estudo (A), como vimos, a taxa média de assimilação líquida de CO_2 não difere significativamente entre folhas abrigadas e testemunha, alguns dias mais tarde, no estudo da resposta à variação da temperatura (B), em condições em tudo idênticas, a taxa de assimilação líquida de CO_2 é significativamente diferente entre folhas abrigadas e testemunha.

Embora os valores observados nas folhas abrigadas cresçam ligeiramente (de A para B, diferenças não significativas, $P > 0.05$), será basicamente devido a um decréscimo acentuado, esse sim significativo ($P = 0.016$), da taxa média de assimilação líquida de CO_2 nas folhas testemunha, que fica a dever-se esta situação. Outros factores que não a condutância foliar para o CO_2 , que não difere significativamente entre um estudo e outro (nem inter nem intra-tratamentos), serão responsáveis por essa alteração.

Na procura de uma explicação para os diferentes resultados das Experiências 1 e 2 no que toca à variação das trocas gasosas e condutância foliar, entre folhas

abrigadas e testemunha perante a variação da intensidade luminosa, poderá ainda conjecturar-se que o facto das folhas da Experiência 2 terem consideravelmente menos tempo de abrigo que as usadas na Experiência 1, poderá eventualmente ter contribuído para os diferentes resultados obtidos. No entanto esta hipótese não nos parece particularmente convincente por dois motivos principais: **(a)** As observações efectuadas (pelo que ficou dito acima) levam mais a crer que a inexistência de diferenças entre folhas abrigadas e testemunha na Experiência 2 se deve mais à alteração da resposta das folhas testemunha do que das abrigadas. **(b)** É sabido que são basicamente as condições em que se formam as folhas as principais determinantes das suas características morfológicas, bioquímicas e fisiológicas (Nobel, 1980; Lichtenthaler, 1985), e não as condições a que ficam sujeitas após o pleno desenvolvimento.

De qualquer forma, a comparação entre características das folhas usadas em Outubro (Experiência 1), com mais tempo de abrigo e das folhas usadas em Julho (Experiência 2), evidenciaram a existência de diferenças significativas no teor em pigmentos assimiladores, consideravelmente mais elevado nas folhas, presumivelmente mais velhas, tanto abrigadas como testemunha, usadas na Experiência de 1991. Outros autores (Oliveira *et al.*, 1996) referem observações do aumento da concentração de clorofila nos tecidos foliares durante o Outono e Inverno, bem como do peso foliar. No nosso caso porém, o peso médio das folhas, tanto abrigadas como Testemunhas, mostrou-se mais reduzido em Outubro, embora o Peso Específico Foliar fosse mais elevado (há uma considerável redução da Área Específica Foliar em ambos os tipos de folhas em 1992) indiciando limbos mais espessos. A idade das folhas e das próprias plantas será sem dúvida outro factor envolvido na variação das características morfológicas, bioquímicas e fisiológicas das folhas usadas nas Experiências 1 e 2.

Diferença de temperatura folha-ar

Apesar da intensidade luminosa não ter influenciado de forma significativa as trocas gasosas entre as folhas e a atmosfera envolvente nos dois tipos de folhas em estudo, a diferença de temperatura entre a folha e o ar evoluiu de forma significativamente diferente nas folhas testemunha e abrigadas, evidenciando estas últimas uma regulação térmica relativamente mais eficaz sob baixas intensidades

luminosas e relativamente menos eficaz sob intensidades luminosas elevadas como se pode observar na figura 6.9.

A variação da diferença de temperatura entre a superfície foliar e o ar, Δt , em função da intensidade luminosa R pode descrever-se segundo o modelo de regressão curvilínea, com uma variável muda para o factor abrigo e $R^2_{aj} = 0.9271$, $n = 12$, como:

$$\Delta t_{Testemunha} = 1.30402 + 0.20838 R^2$$

e

$$\Delta t_{Abrigo} = 0.65941 + 0.43914 R^2$$

Como a figura 6.10 evidencia, a descrição da variação de Δt em função da variação de R nas folhas abrigadas não é particularmente satisfatória. Fica porém comprovada a existência de diferenças significativas na regulação térmica de folhas abrigadas e testemunha nas condições da cuvette.

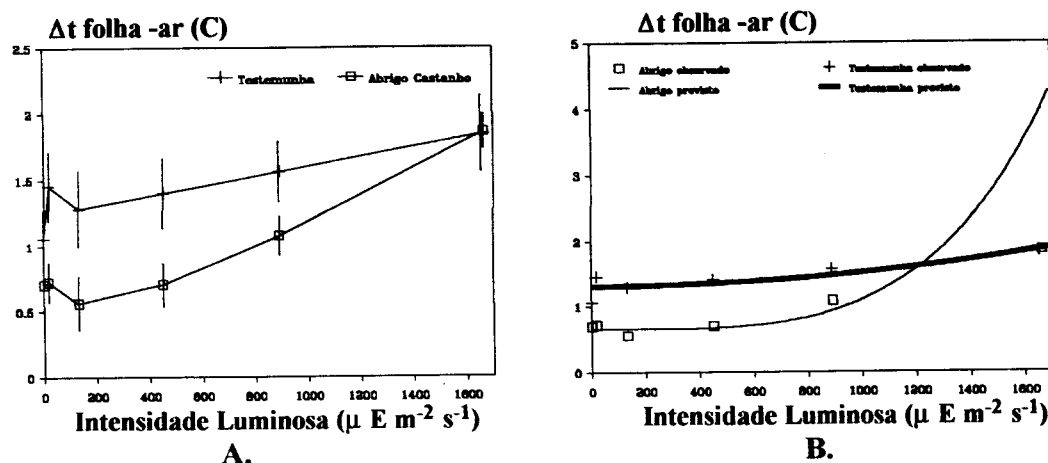


Figura 6.9 Influência da intensidade luminosa na variação da diferença de temperatura folha-ar, Δt , em folhas abrigadas e testemunha. **A.** Média e erro padrão, **B.** Valores médios observados e previstos segundo o modelo ajustado.

Outros factores que não a regulação térmica através da transpiração, como possivelmente as características reflectoras das folhas deverão estar envolvidos no diferente comportamento térmico.

Influência da temperatura nas trocas gasosas

Na figura 6.10 pode observar-se o efeito do aumento da temperatura do ar na taxa

de assimilação líquida e condutância foliar em folhas testemunha e abrigadas, sob elevada intensidade luminosa ($\cong 1666 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

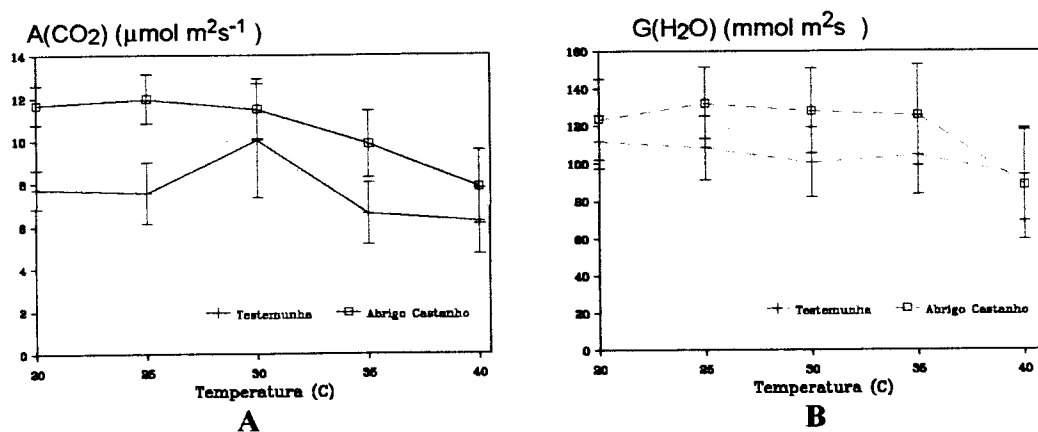


Figura 6.10 Resposta das folhas abrigadas e testemunha à variação da temperatura do ar, valores médios e erro padrão. **A.** Taxa de assimilação líquida de dióxido de carbono ($A(\text{CO}_2)$) e **B.** Condutância foliar para o vapor de água ($G(\text{H}_2\text{O})$).

De um modo geral observam-se valores mais elevados nas trocas gasosas e condutividade por unidade de área foliar nas folhas abrigadas do que nas testemunha. A análise de regressão da variação dos parâmetros observados com a temperatura mostra que o factor abrigo é sempre significativo.

As folhas abrigadas mostram-se mais eficazes na assimilação de CO_2 sob elevada intensidade luminosa do que as folhas testemunha dentro da gama de temperaturas observadas. modelo de regressão ajustado para a variação da assimilação líquida de CO_2 , $A(\text{CO}_2)$, em função da variação da temperatura do ar, T , descreve-a como:

$$A(\text{CO}_2)_{\text{Testemunha}} = 7.04000 - 1.30191 \times 10^{-6} T^4$$

e

$$A(\text{CO}_2)_{\text{Abrigo}} = 9.96952 - 1.30191 \times 10^{-6} T^4 \quad (R^2_{aj} = 0.7555, n = 10)$$

Este modelo tem o defeito de não ser sensível à elevação da taxa de assimilação líquida de CO_2 na testemunha nos 30 C que será aparentemente a temperatura ideal para a fotossíntese nos sobreiros jovens em condições normais.

Estranhamente nas folhas abrigadas, supostamente aclimatadas a temperaturas mais elevadas, a temperatura (25 C) a que se observa a taxa máxima assimilação líquida de CO_2 é inferior àquela.

A taxa de assimilação líquida decresce com a elevação de temperatura, mas contrariamente ao que se poderia esperar e se observou na Experiência 1 na transição dos 20 C para os 35 C o decréscimo é semelhante nos dois tipos de folhas. As folhas abrigadas não parecem assim, verdadeiramente aclimatadas às condições térmicas do abrigo pois seria de esperar que (1) a temperatura de máxima assimilação líquida fosse superior à observada na testemunha e (2) que o decréscimo da taxa de assimilação com a elevação da temperatura fosse mais atenuado nessas folhas que nas testemunha, não se verificando nenhuma destas situações.

Na figura 6.11 apresentam-se os valores previstos segundo os modelos ajustados para a variação dos vários parâmetros observados nas folhas em função da variação da temperatura do ar.

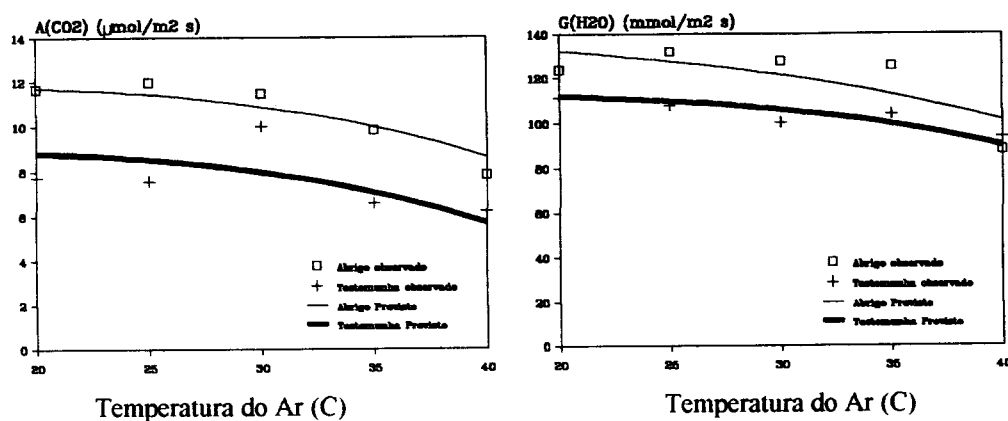


Figura 6.11 Valores médios observados e previstos segundo os modelos de regressão curvilínea ajustados da assimilação de CO₂ e condutância foliar para o CO₂ e H₂O

A variação da condutância foliar para o vapor de água acompanha muito fielmente a variação da assimilação de CO₂ nas folhas abrigadas mas já não tanto nas folhas testemunha. O modelo de regressão ajustado ($R^2_{aj} = 0.6640$, $n = 10$) capta a tendência decrescente mais acentuada nas folhas abrigadas(figura 6.11):

Este decréscimo mais acentuado é aparentemente insuficiente para se reflectir significativamente, como se viu, na taxa de assimilação líquida de CO₂ que decresce de forma semelhante em ambos os tipos de folha com o aumento da temperatura.

$$G(H_2O)_{Testemunha} = 113.88114 - 9.34312 \times 10^{-6} \cdot T^4$$

e

$$G(H_2O)_{\text{Abrigo}} = 113.88114 - 9.343124 \cdot 10^{-6} \cdot T^4 - 12.594503 \ln(T/100)$$

Simulou-se, com recurso aos modelos ajustados, uma situação que retrate aproximadamente as condições térmicas no interior do abrigo face às exteriores (usando o modelo preditivo ajustado no capítulo 2) de modo a comparar as taxas de assimilação líquida previsíveis nas respectivas condições. Considerou-se uma situação em que a temperatura exterior, T_e , varia entre os 20 e os 45 C e a temperatura no interior, T_c , entre 22.26 e 50.09 C, segundo o modelo simplificado ajustado para a variação da temperatura no interior deste abrigo : $T_c = 1.11318 T_e$, (veja-se capítulo 2). A assimilação líquida de CO_2 nas plantas testemunha foi então calculada em função de T_e e a das folhas abrigadas em função de T_c segundo o modelo ajustado. Verifica-se que a taxa de assimilação líquida é sempre superior nas folhas abrigadas, dentro desta gama de temperaturas e sob elevada irradiância (figura 6.12).

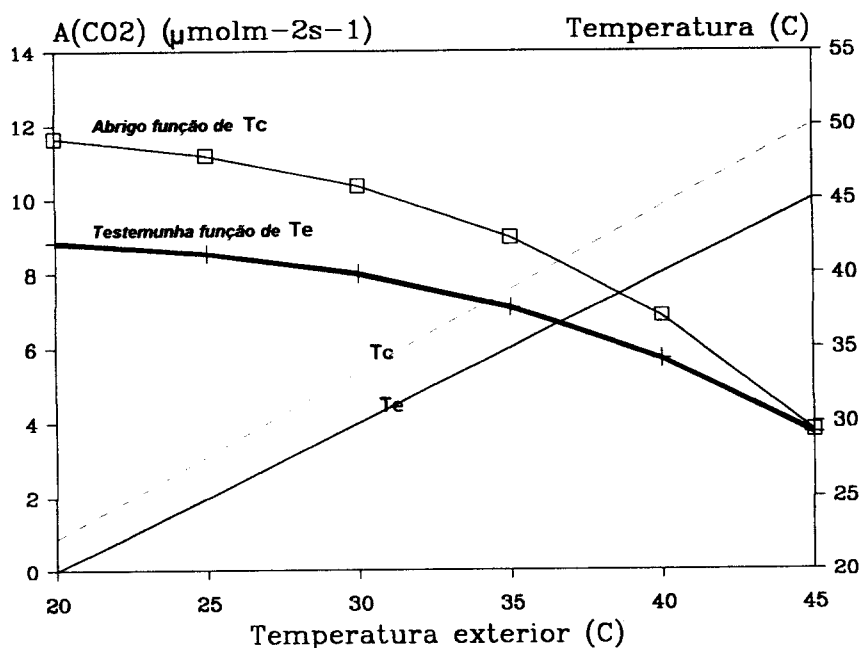


Figura 6.12 Valores simulados de assimilação líquida de CO_2 em folhas abrigadas e testemunha, expresso em função da temperatura exterior. Os cálculos foram efectuados a partir dos modelos ajustados para a variação da temperatura do ar no interior do abrigo T_c em função da temperatura do ar no exterior T_e e para a variação de $A(CO_2)$ em função da temperatura do ar.

Quando a temperatura no exterior se eleva, temperatura interior sofre um aumento relativamente superior e assim a assimilação de CO₂ diminuirá mais no interior do abrigo que no exterior de forma que são de prever taxas no abrigo representando entre 132% da testemunha quando a temperatura exterior é 20 C e 102% quando passa a 45 C.

Diferença de temperatura folha-ar

A variação da temperatura foliar e a diferente regulação térmica associada aos tratamentos poderá explicar, pelo menos parcialmente o comportamento estomático. Com efeito, a variação da diferença de temperatura entre a folha e o ar evoluiu de forma diversa entre folhas abrigadas e testemunha em resposta à variação da temperatura do ar, sendo estudada por meio de uma análise de regressão, incluindo uma variável muda para o factor abrigo.

$$\Delta t_{\text{Testemunha}} = 6.21976 - 0.21856 T$$

e

$$\Delta t_{\text{Abrigo}} = 6.21976 - 0.21860 T + 6.67621 \times 10^{-7} T^4 \quad (R^2_{aj} = 0.9888, n = 10)$$

Conforme se pode ver na figura 6.13 a 20-25 C ambos os tipos de folhas têm temperaturas superficiais superiores à temperatura do ar sendo o Δt médio praticamente idêntico em ambos os tipos foliares. A partir dos 25 C a Δt começa a divergir, a 30 C as folhas testemunha têm uma temperatura superficial, em média ligeiramente mais baixa que o ar na cuvete enquanto nas folhas abrigadas a temperatura foliar é pelo contrário ligeiramente mais elevada. A 35-40 C ambos os tipos de folha têm temperaturas superficiais inferiores às do ar, sendo a Δt média nas folhas testemunha de 2.5 C e apenas 0.74 C nas abrigadas.

Tal como já se verificava sob elevada intensidade luminosa, a elevada temperatura, a regulação térmica das folhas abrigadas mostra-se menos eficaz que a das folhas testemunha. Se no primeiro caso não há motivos de estranheza, no segundo não se pode deixar de estranhar pois efectivamente seria de esperar uma melhor adaptação das folhas abrigadas à elevação da temperatura com uma regulação térmica mais efectiva e temperaturas muito inferiores às do ar como mencionado por Evans e Potter (1985) que referem temperaturas foliares da ordem dos 35 C em abrigos onde temperaturas do ar seriam bastante mais elevadas, chegando a atingir os 48 C ou Potter (1988) que refere temperaturas nas superfícies

foliar 20-30 F inferiores à temperatura do ar em abrigos.

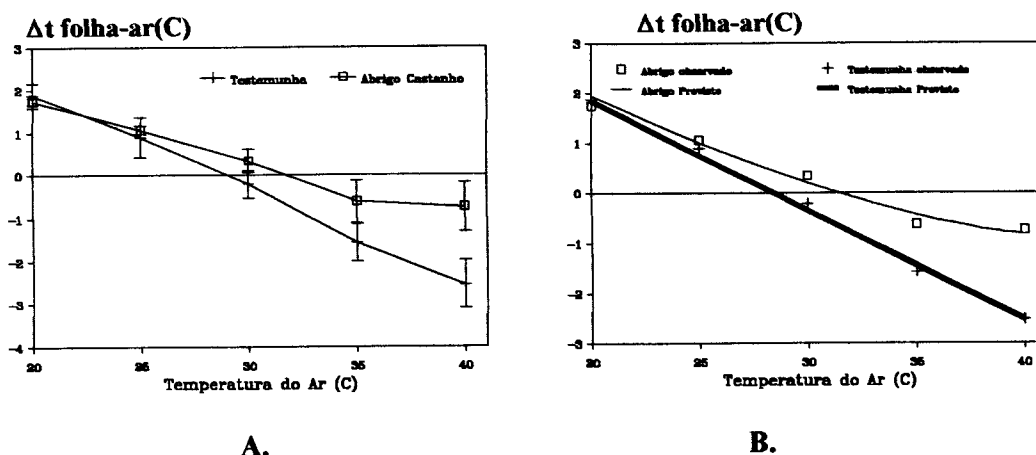


Figura 6.13 Influência da temperatura do ar na variação da diferença entre a temperatura da folha e a temperatura do ar, Δt , em folhas testemunha e abrigadas. **A.** Variação da média e erro padrão **B.** Valores médios observados e previstos segundo o modelo ajustado.

Isto acontece apesar das taxas de transpiração superiores das folhas abrigadas pelo que como já se notou anteriormente, outros factores que não a regulação térmica através da transpiração deverão estar envolvidos no diferente comportamento térmico das folhas.

Características das folhas estudadas na Experiência 2

Nas tabelas 6.4 e 6.5 encontram-se resumidas as características observadas nas folhas cujas trocas gasosas foram estudadas (tabela 6.5, área específica foliar) e nas folhas mais jovens imediatamente mais próximas (conteúdo em pigmentos).

As folhas testemunha utilizadas na Experiência 2 são idênticas em área e peso seco às usadas na Experiência 1 já o mesmo não se passa com as folhas abrigadas que são notoriamente maiores e mais pesadas. Ambos os tipos de folhas apresentam um área foliar específica consideravelmente inferior à das folhas usadas na Experiência 1 indiciando maior espessura do limbo foliar presumivelmente explicável pela época do ano (veja-se Oliveira *et al.*, 1996) ou por condições relativamente mais quentes e luminosas na Primavera-Verão de 1992.

Mantém-se o facto da área foliar específica ser significativamente superior nas

folhas abrigadas quando comparadas com as testemunha.

O conteúdo em pigmentos das folhas da Experiência 2, tanto abrigadas como testemunha, é geralmente inferior relativamente ao encontrado anteriormente na Experiência 1. Uma menor eficiência na extracção e alguma oxidação de pigmentos poderá ter ocorrido, especialmente na segunda experiência, em que se utilizou apenas o metanol 100% como solvente e a extracção se prolongou por mais tempo.

Folhas	Área Foliar (cm ²)	Peso Seco (g)	Área Foliar Específica (cm ² /g)
Abrigadas			
Média	6.4230	0.0578	110.53
Erro Padrão	0.6474	0.0040	6.05
Testemunha			
Média	3.2476	0.0440	73.83
Erro Padrão	0.2529	0.0033	2.20
Diferenças entre Tratamentos	**	*	***

Tabela 6.4 Área foliar, Peso seco foliar e Área Foliar específica das folhas testemunha e abrigadas utilizadas na mini-cuvete. As médias e erro padrão dizem respeito a amostras de 5 folhas por tratamento, as quais foram comparadas por meio de testes t de Student. O resultado da comparação entre tratamentos está indicada, assinalando-se com *, ** e ***, as diferenças significativas ($p < 0.05$, 0.01 e 0.001 , respectivamente).

Folhas	Clorofila				C+X				Cl a/b	Cv/(C+X)
	a	b	total	totais	a	b	total	totais		
	µg/cm ²	µg/cm ²	µg/cm ²	µg/cm ²	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g		
Abrigadas										
Média	33.01	2.47	35.48	7.78	3000.65	224.67	3225.32	707.54	17.13	4.52
Erro Padrão	3.01	0.46	3.38	0.47	273.69	42.18	307.06	42.66	5.30	0.18
Testemunha										
Média	33.67	9.21	42.89	9.29	3060.99	838.07	3899.05	844.43	3.76	4.67
Erro Padrão	2.13	0.84	2.56	0.80	193.85	77.20	232.68	72.30	0.37	0.16
Diferenças entre Tratamentos	ns	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	*	ns

Tabela 6.5 Conteúdo em clorofila a, b e total e em pigmentos carotenoides (C+X, Carotenos e Xantofilas) das folhas abrigadas e testemunha, expressas em unidade de área e de peso foliar. As médias e erros padrão dizem respeito a amostras de 5 folhas por tratamento. O resultado da comparação entre tratamentos efectuada para cada parâmetro por meio de testes t de Student é indicado, assinalando-se com *, ** e *** a existência de diferenças significativas ($p < 0.05$, 0.01 e 0.001 , respectivamente), ns indica não serem as diferenças significativas.

Continuam a não se registrar diferenças significativas entre os tratamentos no teor de clorofilas e carotenoides totais. A Razão clorofilas/ carotenoides totais volta a não se alterar com os tratamentos e a razão clorofila *a*/clorofila *b* é novamente significativamente diferente entre folhas testemunha e abrigadas. Desta vez, porém e de forma muito estranha esta razão é superior nas folhas abrigadas. Conforme se referiu anteriormente a redução destas razões é característica das folhas de sombra pelo que se trata de um resultado estranho que levanta alguma suspeição sobre as estimativas de clorofila *b*.

A ausência de diferenças na quantidade de clorofila *a* presente nas folhas abrigadas e testemunha poderá explicar, pelo menos em parte a ausência de diferenças observadas na variação da fotossíntese com a intensidade luminosa. Na Experiência 1, como se viu, as folhas "outonais" abrigadas tinham maior teor em clorofila *a* e maiores taxas de assimilação mas entre uma experiência e outra houve também alterações do comportamento estomático que podem explicar os resultados.

6.4. Conclusões

A sujeição de folhas abrigadas e testemunha a diferentes intensidades luminosas mostrou, numa experiência (Experiência 1), que as primeiras apresentavam taxas superiores de assimilação líquida de CO₂ quer sob baixa quer sob elevada intensidade luminosa devidas ao aumento da taxa de fotossíntese uma vez que a respiração às escuras não foi afectada. O aumento observado na taxa de assimilação líquida de CO₂ nas plantas abrigadas surge associado e pode ser explicado, pelo menos em parte, pela mais elevada condutância foliar. Noutra experiência (Experiência 2), obtiveram-se, no entanto, resultados diferentes, não se registando diferenças significativas nas trocas gasosas nem nas condutâncias foliares entre folhas abrigadas e testemunha. Apesar das razões para estes resultados não serem claras, parecem associar-se basicamente a alterações nas folhas testemunha. Apesar destas discrepâncias, os resultados sugerem que os jovens sobreiros são capazes de se adaptar funcionalmente às condições luminosas do abrigo aumentando a sua eficiência fotossintética por unidade de área foliar sob baixa intensidade luminosa.

O melhor aproveitamento da energia luminosa observado na experiência 1 não é, no entanto, suficiente para permitir às plantas abrigadas ultrapassar a desvantagem da redução da intensidade luminosa no interior do abrigo. A comparação das taxas de assimilação de CO₂ previsíveis sob intensidades luminosas exteriores e interiores simuladas a partir de observações anteriores mostra (à temperatura de 20 °C) reduções variáveis entre 99% (a 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e 19% da testemunha (a 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Sob elevadas temperaturas e intensidades luminosas as folhas abrigadas mostram taxas de assimilação líquida de CO₂ superiores às testemunha, as quais estão igualmente associadas a superiores condutâncias foliares. A comparação das taxas de assimilação de CO₂ com temperaturas exteriores e interiores simuladas a partir de observações anteriores mostra que (sob igual e elevada intensidade luminosa) para temperaturas exteriores compreendidas entre os 20 e os 45 °C, são previsíveis taxas de assimilação líquida de CO₂ sempre superiores nas folhas abrigadas representando entre 132% (20 °C) e 102% (a 45 °C- temperatura do ar no exterior) da testemunha.

Na medida em que no interior dos abrigos muitas outras condições ambientais são alteradas, estes estudos não dispensam as observações *in loco* que não se realizaram. Há no entanto aqui uma base para supor que a assimilação líquida de CO₂ no interior do Abrigo Castanho embora possa pontualmente ser idêntica ou superior à das plantas testemunha no exterior (se a intensidade luminosa for elevada e temperatura não muito elevada) será normalmente mais reduzida, dado que o prejuízo causado pela redução da luz é relativamente mais importante que o "benefício da temperatura". A redução da produção de biomassa observada (capítulos 3 e 4) sustenta esta hipótese.

6.5. Resumo

O estudo das trocas gasosas em folhas abrigadas de jovens sobreiros colocados no interior do Abrigo Castanho e em folhas de plantas Testemunha, foi efectuado em condições de iluminação, humidade temperatura controladas, em laboratório, durante o mês de Outubro de 1991 e o mês de Julho de 1992. Utilizaram-se porómetros CO₂/H₂O, Compact Mini-Cuvette System CMS-400, e CQP-130, da Walz, nas medições das trocas gasosas. Os estudos realizados sob condições controladas incidiram sobre cinco folhas de cinco plantas diferentes de cada tratamento com cerca de 10 e 7 meses de idade e 7 e 4 meses no abrigo. Nas

experiências efectuadas as trocas gasosas e condutância foliar foram estudadas a temperatura constante (20 C) sob iluminação variável. As folhas abrigadas mostraram-se superior ou igualmente eficientes na utilização da luz disponível com taxas superiores ou idênticas de assimilação líquida de CO₂, sob quer baixa quer elevada intensidade luminosa. A taxa de respiração às escuras e ponto de compensação luminosa são semelhantes nos dois tipos foliares. As maiores taxas de assimilação de CO₂ surgem associadas a condutâncias foliares superiores que poderão explicá-las, pelo menos em parte. Quando a assimilação foi semelhante entre folhas abrigadas e testemunha também a condutância foliar não diferia. Apesar de não serem claras as razões para estes diferentes resultados, as observações mostram que as folhas abrigadas mantêm, em geral, a sua capacidade fotossintética sob elevada intensidade luminosa.

Ainda nas experiências 1 e 2 fez-se variar a temperatura sob constante e elevada intensidade luminosa, verificando-se as folhas abrigadas se mostram mais eficientes a elevadas temperaturas, com taxas superiores de assimilação líquida de CO₂ e mantendo elevadas condutâncias foliares. O comportamento estomático alterado não se traduzirá em transpiração superior no ar estagnado dos abrigos mas comporta riscos potenciais para a planta em caso de remoção ou perturbação do abrigo.

Para além da intensidade luminosa e temperatura muitos outros factores condicionam a fotossíntese e são alterados pelos abrigos mas as observações efectuadas permitem supor que no Abrigo Castanho a assimilação líquida de CO₂ tenderá a ser mais reduzida do que no exterior pois que segundo os modelos ajustados se pode predizer que o prejuízo causado pela redução da luz disponível é mais importante do que os benefícios de uma mais eficiente utilização da luz (observada só na Experiência 1) e a vantagem relativa sob temperaturas elevadas. São concebíveis situações pontuais em que a assimilação poderá ser superior nos abrigos particularmente sob condições de elevada intensidade luminosa e temperaturas não demasiado elevadas. Nas folhas usadas encontraram-se algumas características típicas da aclimação à sombra salientando-se a superior área específica foliar pela sua constância.

7. Conclusões gerais

1. Todos os abrigos utilizados reduzem substancialmente a intensidade da PAR disponível no interior, variando essa redução com as características ópticas do plástico, o ângulo de incidência (hora do dia) e acentuando-se quando a radiação é mais intensa. O número de horas de luz não é praticamente alterado pelos abrigos.

2. A temperatura eleva-se durante o período diurno e reduz-se, relativamente à ambiente, durante o período noturno, dando-se a inversão de temperaturas pouco após o pôr e nascer do Sol. Neste aspecto o microclima dos abrigos difere do microclima de uma estufa onde os fenómenos de inversão de temperatura não ocorrem geralmente. Sendo a elevação diurna da temperatura muito mais importante que o seu abaixamento noturno, a temperatura média diária aumenta no interior dos abrigos bem como a amplitude térmica, com risco acrescido de ocorrência de temperaturas extremas (no nosso clima, sobretudo elevadas), potencialmente lesivas para as plantas. A variação da temperatura num abrigo contendo um jovem sobreiro, é influenciada pela radiação e humidade tanto exteriores como interiores e pela temperatura exterior, podendo, no entanto ser explicada satisfatoriamente apenas com base na variação desta última.

3. A humidade relativa do ar eleva-se no interior dos abrigos durante o período noturno, sendo frequente a saturação da atmosfera interna com vapor de água (excepto no Verão) o que parece ser independente da presença da planta. Durante

o período diurno a HR interior varia de forma variável conforme os abrigos, para o que deve contribuir a relação entre a área foliar transpirante e o volume interno do abrigo, verificando-se que os abrigos onde as plantas crescem mais são os que se apresentam mais "húmidos" o que poderá por sua vez favorecer o crescimento das plantas. A HR é influenciada pela radiação e temperatura exteriores e interiores bem como pela humidade exterior, podendo ser explicada satisfatoriamente apenas com base na variação desta última.

4. O conjunto dos estudos efectuados permite concluir que a resposta dos jovens sobreiros em termos de ganhos de carbono e biomassa resulta de um balanço entre os benefícios das condições de temperatura e possivelmente humidade a que se poderá adicionar a de uma eventual concentração superior de CO₂, por um lado e por outro, as limitações impostas pela redução da luz.

5. No Abrigo Baixo esse balanço afigura-se como positivo, graças a uma menor redução da luz transmitida para o interior, nos restantes o balanço é negativo (Abrigo Alto ou Castanho) ou tendencialmente negativo (Abrigos Brancos). A luz disponível no interior do abrigo surge assim como o factor crítico, sendo a variação da temperatura muito semelhante entre estes abrigos e a variação da humidade muito dependente do crescimento da plantas que por sua vez está dependente da luz.

6. Nos abrigos onde a produção de biomassa é reduzida regista-se ainda assim um estímulo do crescimento em altura após uma e duas estações de crescimento em plantas envasadas, e após sete anos no campo (no caso do Abrigo Alto ou Castanho). Apesar do estímulo do crescimento em altura não ser acompanhado pelo crescimento radial do tronco, resultando em plantas delgadas, devido à redução da luz, poderá aceitar-se, nalgumas circunstâncias, como um benefício do ponto de vista silvícola.

7. O estímulo do crescimento surge associado a um aumento generalizado dos parâmetros estudados, incluindo o engrossamento do tronco e a produção de biomassa a todos os níveis. O estímulo da produção de ramos, pelo consequente aumento do número de folhas e área foliar das plantas abrigadas, parece no entanto

poder desempenhar um papel crucial no crescimento do sobreiro. Não parece concebível conjugar o aumento da fotossíntese e produção de biomassa com a redução da ramificação.

8. Por outro lado, nos abrigos onde a produção de biomassa é reduzida relativamente à testemunha, há um decréscimo generalizado nos parâmetros de crescimento com excepção do crescimento em altura, que é estimulado. Também neste caso a inibição da produção de novos ramos, especialmente durante a segunda estação de crescimento, parece desempenhar um papel crucial acarretando a redução do número de folhas e da área foliar, o que não deixará de constituir uma desvantagem no ambiente de luz reduzida dos abrigos.

9. Apesar dos resultados promissores obtidos numa estação de crescimento em plantas envasadas, o Abrigo Baixo não se mostrou adequado, no campo, para promover o estímulo do crescimento do sobreiro não se encontrando, após sete anos, diferenças entre as plantas deste abrigo e as Testemunha. Regista-se, por outro lado, uma redução do engrossamento do tronco e mortalidade acrescida. Se a ausência de um estímulo efectivo da altura não se estranha, dada a própria altura insuficiente do abrigo para a manutenção duradoura do estímulo do crescimento já a redução do diâmetro do tronco e mortalidade acrescida surpreende face aos resultados obtidos após uma estação de crescimento com plantas envasadas.

O desenvolvimento de temperaturas muito elevadas durante o período estival, possivelmente associadas com a precoce deterioração deste abrigo por queimadura do plástico que se torna negro e opaco, poderão eventualmente explicar estes resultados que parecem poder relacionar-se com a ocorrência de secagem mais ou menos extensiva das folhas, durante os períodos estivais em muitas plantas deste abrigo, com consequentes prejuízos para o seu crescimento e sobrevivência.

10. Das observações efectuadas no campo, sem irrigação, e em plantas envasadas a que foi fornecida rega, pode retirar-se que as elevadas temperaturas que se registam no interior dos abrigos só provocam danos foliares extensivos nos jovens sobreiros quando conjugados com situações de stress hídrico. Assim, o uso de abrigos, sem irrigação, num clima mediterrânico, pode obviamente levantar problemas durante o período estival, que poderão envolver danos foliares, secagem

extensiva da parte aérea e inclusivamente a sobrevivência, se as plantas não tiverem conseguido acesso a uma reserva aquífera adequada.

11. O Abrigo Castanho após sete anos, revela-se efectivo na promoção do crescimento em altura, sem prejudicar significativamente a sobrevivência das árvores. No entanto, apesar da presumível emergência do abrigo na terceira ou quarta estação de crescimento e da porção emersa ser considerável, o engrossamento do tronco é ainda reduzido, sendo preocupante que após todo esse tempo muitas plantas abrigadas ainda não tenham adquirido a capacidade de se auto-suportarem o que obriga à manutenção dos abrigos por mais tempo do que o desejável.

12. O crescimento nos Abrigos Brancos após duas estações de crescimento foi geralmente superior ao observado no Abrigo Castanho, com produção superior de biomassa. Comparativamente com as plantas do Abrigo Castanho, as dos Abrigos Brancos beneficiam de uma menor redução da intensidade luminosa, que lhes permite um maior crescimento o que por sua vez lhes vai permitir, segundo tudo indica, tornar o seu abrigo mais húmido e beneficiar disso, nomeadamente para conseguir uma maior expansão do limbo foliar.

13. A presença de orifícios de arejamento pode considerar-se uma característica vantajosa para o crescimento do sobreiro no nosso clima, permitindo uma ligeira vantagem na produção de biomassa e crescimento em geral. A dissipação de calor é ligeiramente facilitada e algum movimento do ar deve ocorrer como mostra o maior afunilamento do tronco das plantas quando comparadas com as de abrigos não arejados. A superior expansão do limbo foliar observada neste abrigo poderá também relacionar-se com o maior movimento do ar, reduzindo a resistência oferecida à dissipação de calor e permitindo assim a constituição de folhas maiores.

14. Não parecem fundamentar-se, no caso do sobreiro, as preocupações levantadas pelo aumento da razão biomassa aérea/biomassa radicular observada após uma estação de crescimento. Por um lado porque a sobrevivência das plantas no campo não é afectada durante os primeiros anos e posteriormente pode ser atribuída a causas diferentes de um insuficiente desenvolvimento radicular, como o

tombar dos abrigos ou o seu enegrecimento; e por outro lado porque após duas estações de crescimento não se observam alterações na razão biomassa aérea/biomassa radicular das plantas abrigadas.

15. Assim, o uso de abrigos individuais na protecção de jovens sobreiros parece poder promover o crescimento e produção de biomassa (não apenas o crescimento em altura), desde que a redução da intensidade luminosa não apague os benefícios das outras condições internas (temperatura, humidade e eventualmente concentração de CO₂) e que não se registem temperaturas extremas em conjugação com situações de stress hídrico. Um abrigo com as características ópticas do Abrigo Baixo, a altura e durabilidade dos outros abrigos usados e provido de orifícios que facilitem a circulação do ar poderá constituir o abrigo ideal para esta espécie, no nosso clima.

Anexo: Condições microclimáticas no interior dos abrigos em períodos decendiais

Apresentam-se em anexo, de forma a não sobrecarregar excessivamente o texto, os valores médios, variância ou erro padrão dos parâmetros microclimáticos estudados referentes aos seis períodos decendiais considerados na caracterização geral das condições microclimáticas no interior dos abrigos que é feita no capítulo 2 deste trabalho.

A escolha destes períodos específicos e a repetição de períodos decendiais no Outono e Inverno foi motivada pela inexistência de registos simultâneos da humidade relativa do ar no interior dos quatro abrigos usados.

Nos quadros que se apresentam utilizam-se os seguintes caracteres (em realce negro) para representar respectivamente:

- **t**, a Temperatura do ar (C), **HR**, a Humidade Relativa do ar (%) e **PAR**, a Radiação Fotossinteticamente Activa ($\text{mmol m}^2 \text{s}^{-1}$).
- **e**, as condições no Exterior, **ba**, **bf** e **c**- as condições no interior dos Abrigos, respectivamente Branco Aberto, Branco Fechado e Castanho.
- ΔT , a diferença entre a temperatura média no interior e exterior dos Abrigos e ΔHR , - a Diferença entre a Humidade Relativa média no interior e no exterior dos Abrigos.

Os Valores de Temperatura são expressos em graus Celsius, os de Humidade Relativa em percentagem e os de Radiação de onda curta em mili moles por metro quadrado por segundo.

A temperatura acumulada (tAC) diária foi calculada a partir do somatório dos valores horários médios registados correspondendo estes à média de quatro leituras efectuadas com intervalos de quinze minutos. A PAR acumulada por dia (PARAC) foi calculada a partir do somatório de valores horários calculados a partir dos valores médios horários resultantes de quatro leituras, expressando-se em mili moles por metro quadrado.

PRIMAVERA : Dados relativos ao período entre 3 e 12 de Maio de 1991.

PRIMAVERA	t e	t ba	t c	t bf	HR e	HR ba	HR c	PAR e	PAR bf	PAR c
Máximo absoluto	28.20	35.20	33.60	38.80	98.10	100.00	99.60	2.000	1.184	1.220
Mínimo absoluto	1.40	1.75	1.15	0.80	28.00	38.90	28.30	0.000	0.000	0.000
Média	14.11	15.75	16.61	16.66	68.25	75.99	71.22			
Variância	51.4590	77.2680	92.4891	114.4558	421.8744	551.8701	577.6336			
Erro Padrão	0.4630	0.5674	0.6208	0.6906	1.3258	1.5228	1.5514			

PRIMAVERA		Δt (ba)	Δt (c)	Δt (bf)		ΔHR (ba)	ΔHR (c)
Máximo absoluto		9.65	13.85	11.50		29.70	22.80
Mínimo absoluto		-1.00	-1.45	-1.90		-38.70	-20.40
Média		1.64	2.49	2.54		7.11	2.97
Variância		4.6479	13.9424	14.7005		106.8248	53.4868
Erro Padrão		0.14	0.24	0.25		0.6672	0.4721

Valores de Temperatura e Radiação Acumuladas por dia

Dia	tAC e	tAC ba	tAC bf	tAC c	PARAC e	PARAC bf	PARAC c
3 de Maio	315.11	358.60	386.45	372.65	54093.6	13561.2	12754.8
4 de Maio	291.80	324.15	341.20	351.80	53265.6	12715.2	12182.4
5 de Maio	353.45	388.41	414.35	412.55	54172.8	13539.6	12877.2
6 de Maio	336.50	374.65	403.65	398.80	55634.4	13968.0	13219.2
7 de Maio	352.70	392.00	415.45	418.65	54590.4	14400.0	13348.8
8 de Maio	335.00	368.50	393.20	386.45	57322.8	14958.0	10080.0
9 de Maio	312.10	347.90	360.75	367.10	48679.2	13258.8	13032.0
10 de Maio	341.35	384.65	402.55	400.35	36738.0	12322.8	11552.4
11 de Maio	398.15	440.00	465.55	451.55	44334.0	14878.8	14583.6
12 de Maio	351.35	401.20	423.90	425.30	55782.0	15033.6	10026.0
MÉDIA	338.75	378.01	399.81	398.52	51461.3	13863.6	12365.6
ERRO	9.1876	10.0080	10.2529	9.4983	2036.02	300.94	457.83

Dia		ΔtAC (ba)	ΔtAC (bf)	ΔtAC (c)		$\Delta PARAC$ (bf)	$\Delta PARAC$ (c)
3 de Maio		43.49	71.34	57.54		-40532.4	-41338.8
4 de Maio		32.35	49.40	60.00		-40550.4	-41083.2
5 de Maio		34.96	60.90	59.10		-40633.2	-41295.6
6 de Maio		38.15	67.15	62.30		-41666.4	-42415.2
7 de Maio		39.30	62.75	65.95		-40190.4	-41241.6
8 de Maio		33.50	58.20	51.46		-42364.8	-47242.8
9 de Maio		35.80	48.65	55.00		-35420.4	-35647.2
10 de Maio		43.30	61.20	59.00		-24415.2	-25185.6
11 de Maio		41.85	58.40	53.40		-29455.2	-29750.4
12 de Maio		49.85	72.55	73.95		-40748.4	-45756
MÉDIA		39.26	61.05	59.77		-37597.7	-39095.6
ERRO		1.7182	2.5449	2.0661		1906.98	2193.16

Temperatura (C) - Valores médios horários (3 a 12 de Maio de 1991).

Hora	Exterior		A.Branco Aberto		A.Branco Fechado		A.Castanho		$\Delta t(ba)$	$\Delta t(bf)$	$\Delta t(c)$
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro			
1	7.92	0.6704	7.78	0.6405	6.96	0.6091	7.45	0.6436	-0.14	-0.96	-0.47
2	7.34	0.5517	7.25	0.4904	6.44	0.4763	6.91	0.5002	-0.09	-0.90	-0.43
3	6.92	0.4950	6.79	0.4413	5.88	0.4488	6.42	0.4677	-0.13	-1.03	-0.49
4	6.54	0.5258	6.32	0.4640	5.38	0.4916	5.99	0.4955	-0.22	-1.15	-0.55
5	5.97	0.5362	5.75	0.5225	4.93	0.5174	5.48	0.5312	-0.23	-1.04	-0.49
6	5.41	0.6100	5.24	0.5579	4.41	0.5633	4.92	0.5849	-0.17	-0.99	-0.49
7	5.31	0.5859	5.63	0.4706	4.69	0.5283	5.47	0.4560	0.32	-0.62	0.16
8	8.77	0.4013	11.82	0.6250	11.10	0.6286	13.66	0.5190	3.05	2.33	4.89
9	14.59	0.8575	17.41	0.9403	19.11	0.9216	25.24	0.7732	2.83	4.53	10.65
10	17.42	0.8143	19.91	0.8731	22.84	0.8512	27.36	0.8568	2.49	5.42	9.94
11	19.38	0.8452	22.09	0.8951	24.93	0.8658	28.85	0.8714	2.71	5.55	9.47
12	20.02	0.6867	22.43	0.7388	24.73	0.7372	27.53	0.7749	2.42	4.71	7.51
13	20.95	0.7951	24.36	0.8989	25.54	0.8701	26.02	0.9109	3.41	4.59	5.07
14	22.59	0.6480	30.52	0.9080	28.39	0.7252	25.48	0.6855	7.93	5.81	2.90
15	23.50	0.7960	24.94	0.6595	29.80	0.7665	25.59	0.6991	1.44	6.30	2.09
16	24.55	0.7200	26.39	0.6990	32.03	0.7688	27.29	0.7295	1.84	7.49	2.73
17	24.05	0.7677	27.28	0.7544	33.16	0.9879	27.52	0.7732	3.23	9.11	3.47
18	22.80	0.9267	26.87	1.1438	31.94	1.6717	26.34	1.1004	4.07	9.13	3.54
19	20.44	0.8034	25.02	1.2113	27.62	1.5184	23.36	1.0941	4.58	7.18	2.92
20	15.18	0.4838	15.99	0.4850	15.19	0.5049	15.20	0.5578	0.81	0.01	0.02
21	10.71	0.9103	10.68	0.8054	9.80	0.8462	10.24	0.8351	-0.03	-0.90	-0.47
22	10.26	0.7259	9.92	0.6647	9.02	0.6888	9.41	0.6853	-0.34	-1.24	-0.84
23	9.59	0.6393	9.29	0.6088	8.38	0.6065	8.84	0.6029	-0.30	-1.21	-0.75
24	8.57	0.6686	8.35	0.6451	7.51	0.6241	7.95	0.6569	-0.23	-1.06	-0.62

Radiação Fotossinteticamente Activa ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Valores médios horários (3 a 12 de Maio de 1991).

Hora	Exterior		A. Brancos		A. Castanho		PARI/PARE A. Brancos		PARI/PARE A. Castanho	
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro
1	0.000		0.000		0.000					
2	0.000		0.000		0.000					
3	0.000		0.000		0.000					
4	0.000		0.000		0.000					
5	0.000		0.000		0.000					
6	0.000		0.000		0.000					
7	0.030	0.001274	0.011	0.001033	0.017	0.002091	0.361	0.028800	0.554	0.067206
8	0.275	0.004618	0.073	0.002286	0.119	0.004822	0.266	0.004710	0.431	0.010854
9	0.836	0.011163	0.160	0.001621	0.249	0.003266	0.192	0.002133	0.298	0.001329
10	1.291	0.012651	0.224	0.002882	0.285	0.002353	0.173	0.002571	0.220	0.002017
11	1.616	0.026308	0.276	0.005711	0.290	0.005262	0.171	0.003348	0.180	0.003502
12	1.803	0.057815	0.317	0.007274	0.283	0.004377	0.171	0.006701	0.180	0.005503
13	1.820	0.142226	0.376	0.021929	0.292	0.013866	0.171	0.019690	0.180	0.016666
14	1.939	0.019017	0.949	0.046952	0.892	0.069208	0.171	0.024879	0.180	0.036309
15	1.636	0.109974	0.430	0.018861	0.356	0.013587	0.268	0.009942	0.223	0.010445
16	1.393	0.063762	0.392	0.012132	0.277	0.005514	0.283	0.005614	0.202	0.009252
17	1.017	0.059501	0.270	0.009778	0.220	0.006862	0.269	0.009912	0.221	0.010141
18	0.645	0.034789	0.202	0.007160	0.183	0.007875	0.318	0.008860	0.286	0.007036
19	0.276	0.004562	0.135	0.006079	0.121	0.006600	0.489	0.022576	0.438	0.023080
20	0.086	0.004750	0.033	0.001748	0.029	0.001251	0.383	0.005192	0.340	0.014646
21	0.006	0.000542	0.003	0.001875	0.001	0.000249	0.611	0.321698	0.178	0.016728
22	0.000		0.000		0.000					
23	0.000		0.000		0.000					
24	0.000		0.000		0.000					

Humidade relativa do Ar (%) - Valores médios horários (3 a 12 de Maio de 1991).

Hora	HR Exterior		A. Branco Aberto		A. Castanho		Δ HR (ba)	Δ HR (c)
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro		
1	85.41	1.9951	100.00	0.0000	93.81	1.0345	14.59	8.40
2	88.05	1.9078	100.00	0.0000	95.30	0.9410	11.95	7.25
3	90.17	1.5342	100.00	0.0000	96.56	0.6791	9.83	6.39
4	90.91	1.3976	100.00	0.0000	97.54	0.3953	9.09	6.63
5	90.96	1.9597	100.00	0.0000	97.93	0.3477	9.04	6.97
6	91.03	2.3537	100.00	0.0000	97.97	0.5213	8.97	6.94
7	91.40	2.5048	100.00	0.0000	97.99	0.7939	8.60	6.59
8	91.78	2.5899	99.41	0.5900	96.38	1.3485	7.63	4.60
9	78.17	3.3456	71.28	1.8293	72.89	2.2018	-6.89	-5.28
10	65.53	3.5644	54.69	1.8603	55.53	1.8753	-10.84	-10.00
11	55.90	2.9815	50.24	1.8802	49.42	1.7923	-5.66	-6.48
12	50.58	2.5097	49.52	1.7680	47.63	1.3143	-1.06	-2.95
13	47.27	1.7662	50.20	1.6494	46.86	1.3210	2.93	-0.41
14	45.47	1.5593	49.82	1.2160	46.13	1.1102	4.35	0.66
15	43.56	1.5529	49.92	1.2110	44.82	0.9973	6.36	1.26
16	42.96	1.6380	47.15	0.9489	41.68	1.2653	4.19	-1.28
17	42.65	1.6038	46.64	1.5246	39.82	1.4825	3.99	-2.83
18	41.91	1.8651	47.14	2.1228	38.27	2.1339	5.23	-3.64
19	45.36	2.7463	54.18	2.3382	43.03	2.7102	8.82	-2.33
20	53.77	2.4856	71.66	1.8415	61.72	2.6491	17.89	7.95
21	70.17	2.0124	85.63	1.3027	78.51	1.0323	15.46	8.34
22	74.78	1.9342	95.06	1.6573	87.90	1.3466	20.28	13.12
23	78.00	2.0870	96.69	1.2240	89.65	1.5525	18.69	11.65
24	91.97	2.0813	98.69	0.7062	98.69	1.2543	16.56	9.84

VERÃO: Dados relativos ao período entre 3 e 12 de Agosto de 1991.

	t e	t ba	t bf	t c	HR e	HR c	PAR e	PAR bf	PAR c
Máximo absoluto	42.9	49.35	51.60	47.45	100	98.90	2	1.787	1.867
Mínimo absoluto	12.3	11.95	11.45	11.70	15.70	14.50	0	0	0
Média diária	27.14	29.15	29.95	29.06	49.39	45.58	0.521	0.234	0.173
Erro padrão	0.5758	0.7164	0.8013	0.6829	1.5060	1.6143	0.041979	0.023633	0.019661

		Δt (ba)	Δt (bf)	Δt (c)		ΔHR (c)
Máximo absoluto		6.45	8.7	4.55		-1.10
Mínimo absoluto		-0.35	-0.85	-0.6		-1.20
Média diária		2.01	2.82	1.92		-3.81
Erro padrão		0.5946	0.9277	0.6752		

Valores de Temperatura e Radiação Acumulados por dia

	tACe	tACba	tACbf	tACb	PARACe	PARACbf	PARACc
3 de Agosto	688.00	742.35	779.35	747.00	50044.0	24073.6	13417.2
4 de Agosto	664.00	706.55	730.80	705.30	53294.8	30088.8	17971.2
5 de Agosto	670.55	714.50	741.70	716.05	50490.7	27500.4	16297.6
6 de Agosto	684.80	716.15	752.50	747.60	51210.7	25715.2	16160.4
7 de Agosto	575.40	633.85	646.65	621.00	41230.8	17161.2	14011.2
8 de Agosto	620.80	676.55	678.25	656.10	49222.8	16804.8	16210.8
9 de Agosto	650.10	686.90	700.25	677.40	49864.0	15415.2	16012.8
10 de Agosto	649.40	694.80	708.50	682.30	41828.4	16243.2	14371.2
11 de Agosto	631.90	688.10	701.85	685.75	34974.0	15253.2	13176.0
12 de Agosto	677.80	735.70	749.05	735.35	28371.6	13694.4	11797.2
Média diária	651.27	699.54	718.89	697.38	45053.2	20195.0	14942.6
Erro Padrão	10.9421	9.9140	12.4601	12.9688	2594.26	1893.30	594.23

Dia		ΔtAC (ba)	ΔtAC (bf)	ΔtAC (c)		$\Delta PARAC$ (bf)	$\Delta PARAC$ (c)
3 de Agosto		54.35	91.35	59.00		-25970.4	-36626.8
4 de Agosto		42.55	66.80	41.30		-23206.0	-35323.56
5 de Agosto		43.95	71.15	45.50		-22990.3	-34193.2
6 de Agosto		31.35	67.70	62.80		-25495.6	-35050.32
7 de Agosto		58.45	71.25	45.60		-24069.6	-27219.6
8 de Agosto		55.75	57.45	35.30		-32418.0	-33012.0
9 de Agosto		36.80	50.15	27.30		-34448.8	-33851.26
10 de Agosto		45.40	59.10	32.90		-25585.2	-27457.2
11 de Agosto		56.20	69.95	53.85		-19720.8	-21798.0
12 de Agosto		57.90	71.25	57.55		-14677.2	-16574.4
Média diária		48.27	67.62	46.11		-24858.2	-30110.6
Erro Padrão		3.0361	3.4789	3.8071		1789.4	2110.4

Temperatura (C).Valores médios horários (3 a 12 de Agosto de 1991).

Hora	Exterior		Abrigo Branco Aberto		Abrigo Branco Fechado		Abrigo Castanho		Δt (ba)	Δt (bf)	Δt (c)
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro			
1	20.34	0.5554	19.75	0.5125	19.04	0.4796	19.80	0.5673	-0.59	-1.31	-0.54
2	19.04	0.5416	18.56	0.5058	17.77	0.4855	18.39	0.5891	-0.48	-1.27	-0.65
3	18.14	0.5657	17.52	0.5789	16.77	0.5426	17.41	0.6512	-0.63	-1.38	-0.73
4	17.20	0.6601	16.64	0.6594	15.93	0.6337	16.50	0.7166	-0.56	-1.27	-0.70
5	16.58	0.8186	15.93	0.7892	15.21	0.7430	15.87	0.8724	-0.65	-1.37	-0.71
6	16.47	0.9844	15.84	0.9064	15.20	0.8993	15.84	1.0141	-0.63	-1.28	-0.63
7	16.00	0.8894	15.54	0.8163	14.94	0.8007	15.53	0.8962	-0.46	-1.07	-0.47
8	17.80	0.7749	18.41	0.6856	19.18	0.7661	20.36	0.6586	0.60	1.38	2.55
9	22.49	0.6712	28.13	0.8638	30.87	1.3068	31.75	1.1553	5.64	8.38	9.26
10	26.29	0.6522	32.24	1.2857	36.58	1.4050	35.85	1.1945	5.95	10.29	9.56
11	29.98	0.6119	35.63	1.1440	40.30	1.3983	38.06	1.1654	5.65	10.32	8.08
12	32.88	0.7004	38.61	0.8729	42.00	1.1734	38.62	1.1405	5.73	9.12	5.73
13	35.49	0.9412	40.34	1.0107	43.03	1.0616	39.27	1.1401	4.84	7.54	3.78
14	38.23	0.9676	40.98	0.8477	43.71	1.0636	39.78	1.1721	2.75	5.48	1.55
15	39.10	0.8283	41.74	0.9452	44.61	1.2807	40.46	0.9934	2.64	5.51	1.35
16	39.92	0.8067	43.77	0.8465	46.16	1.3372	42.06	0.8679	3.85	6.23	2.14
17	40.06	0.7285	45.23	0.7004	46.82	1.2132	42.90	0.8471	5.17	6.75	2.83
18	39.15	0.7547	45.45	0.6595	45.94	1.0946	42.61	0.9119	6.30	6.79	3.46
19	37.08	0.8106	43.06	0.7604	42.43	0.8058	40.27	0.8678	5.98	5.35	3.19
20	31.95	0.6306	32.20	0.6311	31.64	0.6935	31.83	0.6412	0.25	0.31	-0.12
21	27.97	0.6438	27.02	0.7016	26.25	0.6893	27.17	0.7481	-0.95	-1.73	-0.80
22	24.75	0.6937	23.89	0.7418	23.13	0.7259	24.00	0.7998	-0.86	-1.63	-0.75
23	22.68	0.8243	21.99	0.8814	21.15	0.8906	21.97	0.9748	-0.69	-1.53	-0.71
24	21.64	0.7035	21.05	0.7210	20.25	0.6890	21.05	0.7452	-0.59	-1.39	-0.59

Radiação Fotossinteticamente Activa ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Valores médios horários (3 a 12 de Agosto de 1991).

Hora	Exterior		Abrigos Brancos		Abrigo Castanho		PARI/PARe (A. Brancos)		PARI/PARe (A. Castanho)	
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro
1	0.000		0.000		0.000					
2	0.000		0.000		0.000					
3	0.000		0.000		0.000					
4	0.000		0.000		0.000					
5	0.000		0.000		0.000					
6	0.000		0.000		0.000					
7	0.014	0.000517	0.005	0.000306	0.003	0.000260	0.322	0.019587	0.187	0.014417
8	0.214	0.021524	0.059	0.000562	0.078	0.005389	0.315	0.041899	0.398	0.047014
9	0.795	0.088347	0.174	0.004812	0.202	0.006886	0.246	0.028232	0.285	0.033719
10	1.201	0.070033	0.270	0.008730	0.234	0.002609	0.230	0.011487	0.200	0.009801
11	1.427	0.054046	0.344	0.010351	0.239	0.000846	0.244	0.011398	0.170	0.006494
12	1.608	0.071554	0.368	0.011231	0.282	0.003937	0.233	0.012935	0.179	0.008521
13	1.541	0.099562	0.422	0.029699	0.407	0.029524	0.283	0.023453	0.268	0.015491
14	1.482	0.122005	1.112	0.112993	1.403	0.130981	0.754	0.040362	0.948	0.039369
15	1.365	0.146984	1.074	0.180505	0.470	0.032764	0.793	0.086693	0.377	0.039571
16	1.097	0.164648	0.756	0.146584	0.256	0.002532	0.721	0.082066	0.320	0.071062
17	0.804	0.154152	0.455	0.076839	0.218	0.001954	0.686	0.084852	0.452	0.112600
18	0.537	0.113656	0.281	0.028674	0.187	0.003818	0.693	0.090736	0.559	0.116821
19	0.314	0.054698	0.214	0.020710	0.138	0.003057	0.792	0.069871	0.595	0.100165
20	0.103	0.008000	0.068	0.005673	0.032	0.000933	0.664	0.021231	0.319	0.017363
21	0.013	0.001260	0.007	0.000816	0.003	0.000367	0.538	0.017150	0.202	0.013807
22	0.000		0.000		0.000					
23	0.000		0.000		0.000					
24	0.000		0.000		0.000					

Humidade Relativa do Ar (%)**Valores Médios Horários (3 a 12 de Agosto de 1991).**

Hora	Exterior		Abrigo Castanho		$\Delta HR(c)$
	Média	Erro	Média	Erro	
1	60.67	5.2496	63.37	4.8223	2.70
2	64.22	4.7607	67.13	4.3701	2.91
3	67.40	4.8340	70.86	4.5180	3.46
4	71.01	5.2982	74.28	4.9231	3.27
5	73.58	5.8798	76.96	5.2847	3.38
6	76.36	6.8222	78.79	6.3572	2.43
7	78.87	6.7437	81.31	6.3394	2.44
8	78.30	6.8707	74.39	6.3036	-3.91
9	68.30	6.5219	41.39	3.8714	-26.91
10	55.25	5.2166	31.88	2.4368	-23.37
11	45.02	3.9130	28.36	1.8251	-16.66
12	36.64	2.7229	25.39	1.3630	-11.25
13	31.90	2.0681	23.86	1.2279	-8.04
14	29.08	1.7270	23.01	1.0165	-6.07
15	26.50	1.2751	21.42	0.7781	-5.08
16	25.51	1.6970	20.33	0.9263	-5.18
17	25.74	2.0065	20.13	1.0620	-5.61
18	25.74	2.2385	20.38	1.0746	-5.36
19	27.29	2.6513	21.79	1.2999	-5.50
20	29.90	3.1026	29.86	2.4346	-0.04
21	37.21	3.4102	39.40	3.1036	2.19
22	44.87	3.8707	47.87	3.7200	3.00
23	50.61	4.1156	53.38	3.8906	2.77
24	55.34	5.0984	58.40	4.8081	3.06

OUTONO 1: Dados relativos ao período entre 7 e 16 de Outubro de 1990.

OUTONO 1	te	tc	t bx	HR e	HR c	Hr bx	PAR e	PAR c	PAR bx
Máximo absoluto	28.90	48.90	40.45	98.60	100.00	100.00	2.000	0.428	1.046
Mínimo absoluto	4.85	3.45	3.40	28.40	30.00	66.40	0.000	0.000	0.000
Média	17.07	19.58	18.83	70.68	71.93	94.5408			
Variância	32.0056	120.2127	95.6432	498.8975	670.3847	59.7717			
Erro Padrão	0.3652	0.7077	0.6313	1.4418	1.8985	0.4990			

OUTONO 1		Δt (c)	Δt (bx)		ΔHR (c)	ΔHR (bx)
Máximo absoluto		20.00	14.55		43.50	58.50
Mínimo absoluto		-4.80	-5.05		-98.60	1.40
Média		2.51	1.76		-14.93	23.8629
Variância		42.5040	27.0417		1725.4788	262.6360
Erro Padrão		0.4208	0.3357		2.6813	1.0461

Valores de Temperatura e Radiação Acumuladas por dia.

Dia	tAC e	tAC c	tAC bx	PARAC e	PARAC c	PARAC bx
7 de Outubro	417.85	517.45	477.85	38883.6	10749.6	22237.2
8 de Outubro	374.05	447.40	424.80	39780.0	10461.6	22676.4
9 de Outubro	365.20	446.95	418.70	37821.6	10418.4	22100.4
10 de Outubro	372.40	469.40	443.05	37015.2	10202.4	21906.0
11 de Outubro	428.00	511.05	489.05	36064.8	9921.6	21398.4
12 de Outubro	370.95	404.75	399.80	23839.2	6955.2	13111.2
13 de Outubro	462.85	470.45	471.35	14450.4	4165.2	7081.2
14 de Outubro	461.35	461.50	464.75	14360.4	4136.4	6868.8
15 de Outubro	368.75	403.00	402.35	31626.0	8949.6	17056.8
16 de Outubro	475.15	567.55	528.15	30751.2	7927.2	18237.6
Média diária	409.65	469.95	451.99	30459.2	8388.7	17267.4
Erro Padrão	14.1416	16.0949	13.1215	3068.08	803.69	1960.85

Dia		ΔtAC (c)	ΔtAC (bx)		$\Delta PARAC$ (c)	$\Delta PARAC$ (bx)
7 de Outubro		99.60	60.00		-28134.0	-16646.4
8 de Outubro		73.35	50.75		-29318.4	-17103.6
9 de Outubro		81.75	53.50		-27403.2	-15721.2
10 de Outubro		97.00	70.65		-26812.8	-15109.2
11 de Outubro		83.05	61.05		-26143.2	-14666.4
12 de Outubro		33.80	28.85		-16884.0	-10728.0
13 de Outubro		7.60	8.50		-10285.2	-7369.2
14 de Outubro		0.15	3.40		-10224.0	-7491.6
15 de Outubro		34.25	33.60		-22676.4	-14569.2
16 de Outubro		92.40	53.00		-22824.0	-12513.6
Média diária		60.29	42.33		-22070.5	-13191.8
Erro Padrão		11.9471	7.2205		2270.29	1126.98

Temperatura (C) -Valores médios horários (7 a 16 de Outubro de 1990).

Hora	Exterior		A. Castanho		A. Baixo		$\Delta t (c)$	$\Delta t (bx)$
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro		
1	13.17	1.2334	11.76	1.3471	11.87	1.3484	-1.41	-1.30
2	13.25	1.2344	11.75	1.3605	11.83	1.3600	-1.50	-1.42
3	12.81	1.2849	11.21	1.4485	11.17	1.4479	-1.61	-1.64
4	12.36	1.3849	10.88	1.5791	10.89	1.5752	-1.48	-1.46
5	12.02	1.4710	10.64	1.6600	10.68	1.6474	-1.38	-1.34
6	11.90	1.4987	10.50	1.6521	10.54	1.6408	-1.41	-1.37
7	11.67	1.5108	10.56	1.6182	10.57	1.6017	-1.11	-1.10
8	13.19	1.2173	15.82	0.8595	13.98	1.2187	2.63	0.79
9	16.89	0.5877	26.62	2.1351	24.55	1.4758	9.73	7.66
10	19.27	0.7646	27.61	2.3445	27.05	2.0526	8.34	7.78
11	21.69	0.8732	29.95	2.0096	30.79	2.0467	8.26	9.10
12	22.84	0.9872	32.50	2.3825	32.23	2.1935	9.66	9.39
13	23.40	0.9481	34.02	2.7552	32.17	2.0698	10.63	8.77
14	23.78	1.0126	33.84	3.1271	30.91	2.2196	10.06	7.13
15	23.96	1.0286	35.74	2.8756	31.35	1.9511	11.78	7.39
16	23.79	1.0979	33.91	3.0612	30.09	2.1262	10.12	6.30
17	22.54	1.1151	25.81	1.8669	24.48	1.3287	3.28	1.95
18	20.54	0.8889	18.76	0.6208	18.61	0.6051	-1.77	-1.93
19	17.95	0.5740	14.94	0.7502	14.94	0.7945	-3.01	-3.01
20	15.99	0.7458	13.47	1.0623	13.50	1.0611	-2.53	-2.49
21	15.29	1.1776	13.27	1.4309	13.27	1.4405	-2.02	-2.02
22	14.45	1.3066	12.66	1.4806	12.67	1.4856	-1.78	-1.78
23	13.67	1.3481	12.00	1.5003	12.06	1.5236	-1.67	-1.61
24	13.25	1.3286	11.72	1.4694	11.78	1.4859	-1.53	-1.47

Radiação Fotossinteticamente Activa ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Valores médios horários (7 a 16 de Outubro de 1990).

Hora	Exterior		Abrigo Castanho		Abrigo Baixo		PARI/PARE A. Castanho		PARI/PARE A. Baixo	
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro
1	0.000		0.000		0.000					
2	0.000		0.000		0.000					
3	0.000		0.000		0.000					
4	0.000		0.000		0.000					
5	0.000		0.000		0.000					
6	0.000		0.000		0.000					
7	0.270	0.002633	0.007	0.000767	0.012	0.001310	0.262	0.005210	0.459	0.006382
8	0.267	0.022837	0.073	0.006096	0.072	0.005866	0.275	0.007989	0.301	0.042499
9	0.668	0.099633	0.230	0.035825	0.385	0.0603298	0.334	0.013879	0.561	0.018947
10	0.927	0.138996	0.302	0.048012	0.545	0.087253	0.316	0.008181	0.567	0.018937
11	1.207	0.139786	0.328	0.037876	0.729	0.090520	0.272	0.002847	0.588	0.016530
12	1.364	0.160779	0.288	0.026494	0.798	0.097095	0.223	0.011626	0.577	0.019324
13	1.240	0.130134	0.273	0.021990	0.716	0.081220	0.229	0.010154	0.572	0.010222
14	1.019	0.155287	0.257	0.034710	0.610	0.104282	0.262	0.007684	0.573	0.019334
15	0.954	0.106025	0.285	0.031341	0.536	0.067727	0.299	0.003179	0.547	0.018972
16	0.559	0.089402	0.1941	0.033572	0.281	0.048623	0.333	0.011162	0.481	0.029535
17	0.190	0.018547	0.082	0.011492	0.091	0.008911	0.413	0.028682	0.484	0.006380
18	0.040	0.005125	0.012	0.001785	0.019	0.002620	0.291	0.011223	452	0.023279
19	0.000		0.000		0.000					
20	0.000		0.000		0.000					
21	0.000		0.000		0.000					
22	0.000		0.000		0.000					
23	0.000		0.000		0.000					
24	0.000		0.000		0.000					

Humidade Relativa do Ar (%)**Valores médios horários (7 a 16 de Outubro de 1990).**

Hora	Exterior		A. Castanho		A. Baixo		$\Delta HR (c)$	$\Delta HR (bx)$
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro		
1	82.69	4.7166	91.05	4.4384	97.85	1.4086	8.36	15.16
2	82.36	5.1460	90.71	4.6910	97.70	1.6930	8.35	15.34
3	83.00	4.6691	91.68	4.2855	97.64	1.6087	8.68	14.64
4	84.54	4.0296	93.25	3.2281	98.59	0.8432	8.71	14.05
5	86.93	3.0638	94.93	2.3205	99.24	0.4334	8.00	12.31
6	87.78	3.0501	96.7	2.2985	99.79	0.0983	8.92	12.01
7	88.56	3.0145	96.81	2.0155	99.83	0.0870	8.25	11.27
8	87.81	3.6359	94.46	3.2694	99.89	0.0767	6.65	12.08
9	75.64	5.4068	55.87	4.8782	99.79	0.2100	-19.77	24.15
10	67.47	7.0862	45.73	5.7234	90.35	2.8690	-21.74	22.88
11	57.95	6.6658	47.85	6.2872	88.07	3.0177	-10.10	30.12
12	54.36	6.6799	46.25	5.7718	86.82	2.7780	-8.11	32.46
13	51.96	6.6486	47.89	6.8248	87.49	2.6587	-4.07	35.53
14	48.49	6.2029	47.24	7.3058	86.79	3.0087	-1.25	38.3
15	48.09	7.0809	48.28	8.3872	85.51	3.5548	0.19	37.42
16	48.11	7.2716	48.59	8.4780	85.80	3.3310	0.48	37.69
17	51.70	8.0499	49.012	8.7047	89.70	2.4964	-2.69	38.00
18	57.65	7.6981	59.20	7.1490	94.56	1.4206	1.55	36.91
19	66.27	6.3583	71.15	5.4197	96.22	1.1932	4.88	29.95
20	73.11	4.9632	79.43	3.9814	97.37	0.8836	6.31	24.26
21	74.02	5.5240	79.95	4.3971	97.55	0.8404	5.93	23.53
22	76.75	5.4801	82.04	4.9328	97.28	0.9369	5.29	20.53
23	79.48	4.9514	86.04	4.4024	97.51	1.0557	6.56	18.03
24	81.55	4.7066	88.94	4.1697	97.64	1.2252	7.39	16.09

OUTONO 2: Dados relativos ao período entre 7 e 16 de Outubro de 1991.

OUTONO 2	te	t ba	t bf	tc	HRe	HRc	PARe	PAR bf	PAR c
Máximo absoluto	32.90	37.75	41.15	37.30	100.00	100.00	1.377	0.591	0.316
Mínimo absoluto	5.70	5.20	4.60	5.20	31.80	26.20	0	0	0
Média diária	14.03	15.42	14.90	14.87	85.66	82.20			
Variância	26.8279	54.7011	57.3767	45.3562	324.0493	497.5296			
Erro padrão	0.3437	0.4864	0.5009	0.4446	1.1852	1.4605			

OUTONO 2		Δt (ba)	Δt (bf)	Δt (c)		ΔDHR (c)
Máximo absoluto		10.80	14.55	8.95		7.901
Mínimo absoluto		-1.30	-2.25	-1.70		-27.5
Média diária		1.40	0.88	0.84		-3.4600
Variância		6.8711	8.6809	3.6480		50.0879
Erro padrão		0.1734	0.1982	0.1277		0.4690

Valores de Temperatura e Radiação acumuladas por dia.

Dia	tAC e	tAC ba	tAC c	tAC bf	PARAC e	PARAC bf	PARAC c
7 de Outubro	448.65	500.35	494.00	501.20	32356.8	13132.8	7891.2
8 de Outubro	342.95	370.40	356.25	352.05	20725.2	8668.8	5259.6
9 de Outubro	309.20	341.00	337.35	338.75	24505.2	10263.6	5900.4
10 de Outubro	284.50	296.80	297.75	292.65	14356.8	6796.8	3801.6
11 de Outubro	308.55	335.65	324.30	320.35	16797.6	7916.4	4352.4
12 de Outubro	310.50	326.05	320.20	314.65	9334.8	4683.6	2592.0
13 de Outubro	310.40	341.85	331.35	328.75	19119.6	8791.2	5054.4
14 de Outubro	354.50	392.85	368.15	375.65	25642.8	10688.4	6800.4
15 de Outubro	354.15	400.05	367.25	372.70	29512.8	12992.4	7837.2
16 de Outubro	343.10	396.50	372.55	380.60	28782.0	12466.8	7401.6
Média diária	336.60	370.20	356.90	357.70	22113.4	9640.1	5689.1
Erro padrão	14.4800	18.0200	17.0700	18.3700	2321.23	883.18	569.64

Dia		ΔtAC (ba)	ΔtAC (c)	ΔtAC (bf)		$\Delta PARAC$ (bf)	$\Delta PARAC$ (c)
7 de Outubro		51.70	45.35	52.55		-19224.0	-24465.6
8 de Outubro		27.45	13.30	9.10		-12056.4	-15465.6
9 de Outubro		31.80	28.15	29.55		-14241.6	-18604.8
10 de Outubro		12.30	13.25	8.15		-7560.0	-10555.2
11 de Outubro		27.10	15.75	11.80		-8881.2	-12445.2
12 de Outubro		15.55	9.70	4.15		-4651.2	-6742.8
13 de Outubro		31.45	20.95	18.35		-10328.4	-14065.2
14 de Outubro		38.35	13.65	21.15		-14954.4	-18842.4
15 de Outubro		45.90	13.10	18.55		-16520.4	-21675.6
16 de Outubro		53.40	29.45	37.50		-16315.2	-21380.4
Média diária		33.50	20.26	21.08		-12473.3	-16424.3
Erro padrão		4.4232	3.4977	4.7481		1449.13	1757.20

Temperatura (C) - Valores médios horários (7 a 16 de Outubro de 1991).

Hora	Exterior		A.Branco Aberto		A. Branco Fechado		A. Castanho		Dt (ba)	Dt(bf)	Dt(c)
	Média	erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Médio	Médio	Médio
1	10.41	0.5937	10.12	0.6022	9.43	0.6090	9.98	0.6038	-0.29	-0.98	-0.43
2	10.20	0.5533	9.90	0.5663	9.28	0.5681	9.84	0.5675	-0.29	-0.91	-0.36
3	9.91	0.5372	9.62	0.5490	9.02	0.5780	9.50	0.5755	-0.28	-0.88	-0.40
4	9.78	0.5294	9.54	0.5500	8.93	0.5659	9.42	0.5435	-0.24	-0.84	-0.35
5	9.71	0.5666	9.52	0.5829	8.94	0.6100	9.41	0.5803	-0.18	-0.76	-0.30
6	9.90	0.6177	9.70	0.6408	9.12	0.6729	9.61	0.6681	-0.20	-0.78	-0.30
7	10.05	0.5765	9.92	0.5779	9.40	0.6038	9.92	0.6029	-0.13	-0.66	-0.13
8	11.39	0.2610	11.89	0.2968	11.60	0.2800	11.86	0.2601	0.50	0.20	0.48
9	13.54	0.6310	15.60	1.1734	15.88	1.5393	15.33	1.1289	2.06	2.34	1.79
10	15.75	0.9875	20.51	2.2466	20.88	2.5353	19.20	1.8630	4.76	5.12	3.45
11	18.20	1.3890	23.12	2.2372	24.06	2.6661	21.90	1.9872	4.93	5.87	3.7
12	19.67	1.5664	24.24	2.2076	24.76	2.4103	22.76	1.9532	4.58	5.10	3.08
13	20.98	1.5977	25.08	1.9983	25.24	2.0766	23.60	1.8527	4.10	4.26	2.63
14	21.26	1.6576	24.88	1.9052	24.62	1.8769	24.04	1.8851	3.62	3.36	2.78
15	20.13	1.5036	23.70	1.9401	22.80	1.7499	22.72	1.8643	3.58	2.68	2.58
16	20.56	1.3462	25.47	1.7660	23.75	1.4946	23.50	1.6120	4.92	3.20	2.95
17	19.08	1.1613	23.40	1.6724	21.46	1.3812	21.40	1.3979	4.32	2.38	2.32
18	16.29	0.8769	17.24	0.8727	16.06	0.8086	16.62	0.8596	0.94	-0.22	0.33
19	13.93	0.8635	13.10	0.8497	12.28	0.8583	12.99	0.9187	-0.84	-1.66	-0.94
20	12.33	0.8905	11.70	0.9187	10.94	0.9189	11.62	0.9696	-0.64	-1.40	-0.72
21	11.43	0.9188	10.96	0.9353	10.28	0.9289	10.95	0.9790	-0.46	-1.16	-0.48
22	11.08	0.8283	10.66	0.8366	10.00	0.8369	10.66	0.8779	-0.42	-1.07	-0.42
23	10.72	0.7463	10.30	0.7664	9.66	0.7544	10.24	0.7686	-0.42	-1.06	-0.48
24	10.37	0.7320	9.96	0.7392	9.32	0.7323	9.86	0.7427	-0.41	-1.05	-0.51

Radiação Fotossinteticamente Activa ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Valores médios horários (7 a 16 de Outubro 1991).

Hora	Exterior		A. Brancos		A. Castanho		PARI/PARE A.Brancos		PARI/PARE A..Castanho	
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro
1	0		0		0					
2	0		0		0					
3	0		0		0					
4	0		0		0					
5	0		0		0					
6	0		0		0					
7	0.011	0.002365	0.004	0.000789	0.002	0.000578	0.303	0.037506	0.171	0.029609
8	0.103	0.014545	0.043	0.004900	0.028	0.004030	0.434	0.018780	0.267	0.004618
9	0.328	0.068498	0.135	0.024172	0.096	0.020807	0.442	0.019044	0.284	0.013244
10	0.634	0.121107	0.265	0.044438	0.173	0.0333540	0.444	0.017212	0.273	0.007007
11	0.927	0.131452	0.358	0.040903	0.219	0.027193	0.408	0.017515	0.244	0.007879
12	0.932	0.129502	0.339	0.038345	0.209	0.026147	0.382	0.016638	0.230	0.006184
13	1.066	0.115378	0.396	0.036284	0.251	0.024543	0.387	0.016472	0.241	0.006315
14	0.854	0.093362	0.383	0.042121	0.219	0.023495	0.454	0.015623	0.259	0.007182
15	0.580	0.077725	0.300	0.041626	0.157	0.020444	0.515	0.012852	0.273	0.004464
16	0.445	0.037147	0.264	0.026460	0.129	0.011218	0.584	0.023296	0.288	0.006077
17	0.214	0.014852	0.156	0.017074	0.079	0.007543	0.729	0.065917	0.370	0.027593
18	0.050	0.003400	0.034	0.002805	0.019	0.001692	0.678	0.038872	0.371	0.02069
19	0		0		0					
20	0		0		0					
21	0		0		0					
22	0		0		0					
23	0		0		0					
24	0		0		0					

Humidade Relativa do Ar (%).**Valores médios horários (7 a 16 de Outubro de 1991).**

HORA	Exterior		A. Castanho		ΔHR (c)
	Média	Erro	Média	Erro	Médio
1	95.72	1.8064	96.07	1.6058	0.35
2	97.22	1.0978	97.24	1.0883	0.02
3	98.15	0.7992	98.01	0.7555	-0.14
4	98.64	0.7239	98.47	0.6388	-0.17
5	98.75	0.6851	98.70	0.5994	-0.05
6	98.90	0.6220	98.83	0.5550	-0.07
7	98.86	0.5173	98.93	0.5132	0.07
8	98.50	0.6891	98.25	0.9235	-0.25
9	94.03	2.8032	88.71	4.4692	-5.32
10	87.60	4.9097	74.73	8.5821	-12.87
11	81.06	6.2638	68.75	8.86617	-12.31
12	73.18	6.7418	61.61	8.3442	-11.57
13	70.25	6.9859	60.45	7.7870	-9.80
14	66.17	6.5170	54.72	6.8605	-11.45
15	67.60	6.7600	59.27	7.2809	-8.33
16	63.97	6.0405	53.92	6.1303	-10.05
17	64.05	5.5845	55.15	5.8297	-8.90
18	68.64	5.3055	65.99	4.9744	-2.65
19	77.54	4.5099	81.92	4.0428	4.38
20	85.56	3.3059	88.53	3.2544	2.97
21	88.67	3.6452	90.51	3.4345	1.84
22	91.57	3.4550	92.25	3.2612	0.68
23	95.03	1.7467	95.39	1.5786	0.36
24	96.28	1.5593	96.50	1.3350	0.22

INVERNO 1: Dados relativos ao período entre 20 de Fevereiro e 1 de Março de 1991.

INVERNO 1	te	tbf	HRe	HRbf	PARe	PARbf
Máximo absoluto	25.50	36.20	99.80	100.00	2.000	0.588
Mínimo absoluto	0.85	0.10	50.10	45.20	0.000	0.000
Média	10.73	12.13	88.64	89.19		
Variância	31.5893	75.0930	211.0523	259.2187		
Erro Padrão	0.3628	0.5594	0.9378	1.0393		

INVERNO 1		Dt (bf)		DHR (bf)
Máximo absoluto		15.90		18.60
Mínimo absoluto		-2.50		-16.20
Média		1.41		0.55
Variância		12.9287		21.6956
Erro Padrão		0.2321		0.3007

Valores de Temperatura e Radiação acumuladas por dia.

Dia	tACe	tAC bf	PARAC e	PARAC bf
20 de Fevereiro	258.45	342.55	33292.8	12697.2
21 de Fevereiro	223.60	246.30	12841.2	6393.6
22 de Fevereiro	254.75	302.30	30391.2	9738.0
23 de Fevereiro	269.65	311.55	35697.6	13352.4
24 de Fevereiro	240.75	269.05	21690.0	9086.4
25 de Fevereiro	250.95	299.35	28537.2	10969.2
26 de Fevereiro	267.65	313.50	27759.6	11361.6
27 de Fevereiro	226.05	229.05	11437.2	5522.4
28 de Fevereiro	270.40	269.35	9468.0	4183.2
1 de Março	312.15	329.15	34574.4	12459.6
Média diária	257.44	291.22	24568.9	9576.4
Erro Padrão	7.7027	11.0210	3025.48	971.07

Dia		ΔtAC (bf)		$\Delta PARAC$ (bf)
20 de Fevereiro		84.10		-20595.6
21 de Fevereiro		22.70		-6447.6
22 de Fevereiro		47.55		-20653.2
23 de Fevereiro		41.90		-22345.2
24 de Fevereiro		28.30		-12603.6
25 de Fevereiro		48.40		-17568.0
26 de Fevereiro		45.85		-16398.0
27 de Fevereiro		3.00		-5914.8
28 de Fevereiro		-1.05		-5284.8
1 de Março		17.00		-22114.8
Média diária		33.78		-14992.6
Erro Padrão		7.6158		2089.42

**Temperatura (C) - Valores médios horários
(20 de Fevereiro a 1 de Março de 1991).**

Hora	Exterior		A. Branco Fechado		Δt (bf)
	Média	Erro	Média	Erro	
1	6.36	0.7285	5.44	0.7682	-0.92
2	6.00	0.7861	5.25	0.8542	-0.75
3	5.99	0.8348	5.34	0.9317	-0.65
4	5.92	0.9203	5.34	1.0015	-0.58
5	5.63	0.9979	5.07	1.0934	-0.56
6	5.32	1.0553	4.71	1.1662	-0.62
7	5.31	1.1287	4.81	1.2111	-0.50
8	5.98	1.0344	5.86	1.0252	-0.12
9	9.62	0.4617	11.76	0.4219	2.14
10	13.80	0.6372	18.30	1.5338	4.50
11	16.20	0.9615	21.59	1.8060	5.39
12	16.67	1.0356	23.02	2.0765	6.35
13	17.30	1.2847	23.70	2.4905	6.40
14	17.85	1.1557	24.23	2.1713	6.38
15	17.82	1.3196	23.38	2.1164	5.55
16	18.91	1.0500	23.72	1.6601	4.80
17	17.41	0.9621	21.75	1.5982	4.34
18	14.17	0.5538	13.96	0.5654	-0.20
19	10.90	0.4072	9.10	0.4964	-1.80
20	9.38	0.6655	7.99	0.7589	-1.40
21	8.46	0.7289	7.14	0.7742	-1.32
22	7.65	0.7945	6.58	0.8370	-1.07
23	7.61	0.7717	6.89	0.8059	-0.72
24	7.19	0.7870	6.30	0.8161	-0.89

**Radiação Fotossinteticamente Activa ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Valores médios horários (20 de Fevereiro a 1 de Março de 1991).**

Hora	Exterior		Abrigo Branco Fechado		PARI/PARe A. Branco Fechado	
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro
1	0.000		0.000			
2	0.000		0.000			
3	0.000		0.000			
4	0.000		0.000			
5	0.000		0.000			
6	0.000		0.000			
7	0.000		0.000			
8	0.037	0.004954	0.0189	0.002741451	0.512672286	0.022852037
9	0.239	0.030214	0.153	0.023052211	0.616515669	0.027935284
10	0.572	0.078848	0.294	0.043238152	0.509217167	0.012137677
11	0.906	0.147760	0.364	0.052777142	0.422879353	0.015233523
12	1.070	0.206755	0.336	0.052006036	0.370171542	0.033075604
13	1.058	0.215321	0.313	0.053023056	0.357649742	0.034298528
14	0.928	0.143989	0.337	0.040516608	0.394546646	0.024015829
15	0.843	0.121153	0.336	0.042940838	0.413618503	0.014256736
16	0.708	0.078768	0.295	0.028340568	0.424389203	0.010169205
17	0.372	0.033676	0.171	0.014455334	0.462697327	0.005076647
18	0.088	0.007835	0.044	0.003655285	0.49448655	0.014471247
19	0.003	0.001153	0.000	0.0001	0.033333333	0.033333333
20	0.000		0.000			
21	0.000		0.000			
22	0.000		0.000			
23	0.000		0.000			
24	0.000		0.000			

Humidade Relativa do Ar (%)**Valores médios horários (20 de Fevereiro a 1 de Março de 1991).**

Hora	Exterior		A. Branco Fechado		ΔHR (bf)
	Média	Erro	Média	Erro	
1	98.45	0.2227	98.87	0.2512	0.42
2	98.71	0.2193	99.02	0.2361	0.31
3	98.86	0.1765	99.12	0.2384	0.26
4	98.84	0.1887	99.19	0.2401	0.35
5	98.92	0.2240	99.24	0.2135	0.32
6	99.02	0.2304	99.27	0.2082	0.25
7	99.12	0.2059	99.38	0.1977	0.26
8	99.19	0.2183	99.62	0.1474	0.43
9	98.46	0.7376	99.92	0.0696	1.46
10	91.86	1.6381	90.75	2.5946	-1.11
11	79.95	2.9773	76.78	4.8124	-3.17
12	72.05	4.1959	69.59	5.1894	-2.46
13	70.07	5.4565	68.94	6.0924	-1.13
14	69.00	5.2830	67.65	6.0482	-1.35
15	68.14	4.8723	68.26	5.5517	0.12
16	66.82	3.8157	65.02	4.4732	-1.80
17	69.10	3.1261	67.53	4.5609	-1.57
18	78.25	2.2372	84.97	2.4458	6.72
19	90.79	1.0717	95.21	0.6721	4.42
20	93.96	1.3175	97.55	0.3856	3.59
21	95.67	1.0283	98.18	0.3108	2.51
22	97.15	0.8000	98.61	0.2842	1.46
23	97.54	0.7322	98.96	0.2477	1.42
24	97.56	0.5029	99.00	0.2459	1.44

INVERNO 2: Dados relativos ao período entre 3 de 12 de Janeiro de 1992.

INVERNO 2	te	t ba	t bf	tc	HR e	HR c	PARe	PARbf	PARc
Máximo absoluto	14.60	26.40	29.70	21.35	100.00	100.00	0.798	0.474	0.269
Mínimo absoluto	-3.55	-4.20	-4.90	-4.75	0.00	0.00	0.000	0.000	0.000
Média diária	5.66	7.24	7.63	6.47	93.07	85.50			
Erro padrão	0.3607	0.5346	0.6125	0.4774	0.7955	1.2859			

INVERNO 2		Δt (ba)	Δt (bf)	Δt (c)		ΔHR (c)
Máximo absoluto		13.55	18.95	10.35		2.60
Mínimo absoluto		-2.85	-4.15	-3.60		-47.60
Média diária		1.58	1.97	0.80		-7.57
Erro padrão		0.2657	0.3733	0.2024		0.7342

Valores de Temperatura e Radiação acumulados por dia.

Dia	tACe	tACba	tACbf	tACc	PARACe	PARACbf	PARACc
3 de Janeiro	84.40	146.30	159.65	120.15	13518.0	7452.0	5169.6
4 de Janeiro	69.40	138.55	148.75	106.05	13860.0	7830.0	5500.8
5 de Janeiro	80.75	140.25	151.15	110.65	13111.2	7632.0	5360.4
6 de Janeiro	122.75	157.00	172.15	146.35	11120.4	6786.0	4474.8
7 de Janeiro	210.85	210.35	206.75	207.65	7448.4	3891.6	2012.4
8 de Janeiro	298.45	298.40	289.05	293.15	2790.0	1497.6	730.8
9 de Janeiro	175.10	201.60	211.90	185.50	9921.6	6991.2	3862.8
10 de Janeiro	101.20	137.45	141.85	112.30	13050.0	7927.2	4330.8
11 de Janeiro	103.85	158.30	176.95	133.00	13003.2	9763.2	5608.8
12 de Janeiro	118.25	156.60	181.80	144.20	10918.8	8233.2	4755.6
Média diária	136.50	174.48	184.00	155.90	10874.2	6800.4	4180.7
Erro Padrão	22.7070	15.9490	13.8314	18.5160	1096.64	751.99	508.76

Dia		ΔtAC (ba)	ΔtAC (bf)	ΔtAC (c)		$\Delta PARAC$ (bf)	$\Delta PARAC$ (c)
3 de Janeiro		61.90	75.25	35.75		-6066.0	-8348.4
4 de Janeiro		69.15	79.35	36.65		-6030.0	-8359.2
5 de Janeiro		59.50	70.40	29.90		-5479.2	-7750.8
6 de Janeiro		34.25	49.40	23.60		-4334.4	-6645.6
7 de Janeiro		-0.50	-4.10	-3.20		-3556.8	-5436.0
8 de Janeiro		-0.05	-9.40	-5.30		-1292.4	-2059.2
9 de Janeiro		26.50	36.80	10.40		-2930.4	-6058.8
10 de Janeiro		36.25	40.65	11.10		-5122.8	-8719.2
11 de Janeiro		54.45	73.10	29.15		-3240.0	-7394.4
12 de Janeiro		38.35	63.55	25.95		-2685.6	-6163.2
Média diária		37.98	47.50	19.40		-4073.8	-6693.5
Erro Padrão		7.7129	10.1582	4.8322		504.12	623.34

Temperatura (C) - Valores médios horários (3 a 12 de Janeiro de 1992).

Hora	Exterior		A.Branco Aberto		A. Branco Fechado		A. Castanho		$\Delta t(ba)$	$\Delta t(bf)$	$\Delta t(c)$
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro			
1	2.83	1.4685	2.15	1.5270	1.70	1.5657	1.85	1.5688	-0.69	-1.13	-0.98
2	2.52	1.5053	1.96	1.5682	1.53	1.6158	1.66	1.6067	-0.56	-0.99	-0.86
3	2.20	1.5288	1.55	1.5654	1.15	1.6084	1.27	1.5948	-0.64	-1.05	-0.92
4	1.89	1.5264	1.27	1.5382	0.81	1.5880	0.96	1.5728	-0.61	-1.07	-0.92
5	1.34	1.5146	0.68	1.5616	0.24	1.6221	0.38	1.6146	-0.66	-1.10	-0.96
6	1.11	1.5503	0.49	1.5929	0.08	1.6422	0.20	1.6342	-0.61	-1.03	-0.91
7	0.73	1.6644	0.11	1.7131	-0.30	1.7340	-0.19	1.7508	-0.62	-1.03	-0.92
8	0.57	1.7021	-0.08	1.7492	-0.52	1.7644	-0.35	1.7788	-0.65	-1.09	-0.92
9	0.89	1.5994	1.50	1.5007	1.76	1.4298	1.91	1.4131	0.61	0.87	1.02
10	3.90	1.0887	7.99	0.5667	11.83	0.6973	10.22	0.7267	4.09	7.94	6.33
11	7.90	0.7115	16.29	1.0981	20.01	1.6711	13.37	0.6134	8.38	12.10	5.47
12	10.34	0.4453	19.43	1.0913	23.96	1.7800	16.17	0.6777	9.10	13.62	5.84
13	11.70	0.3624	19.15	1.2394	22.84	1.8472	16.61	0.9056	7.45	11.14	4.91
14	12.39	0.3932	19.18	1.4432	21.11	1.7888	16.57	0.9564	6.79	8.71	4.18
15	12.81	0.4458	19.41	1.2284	20.62	1.4590	17.07	0.9806	6.60	7.81	4.26
16	12.54	0.4423	17.92	1.4004	17.04	1.1191	15.53	0.8942	5.38	4.50	2.99
17	11.66	0.4394	13.48	1.0214	12.50	0.6454	12.63	0.6816	1.82	0.84	0.97
18	9.31	0.6521	7.49	0.8957	6.65	0.9749	7.16	0.9479	-1.82	-2.67	-2.15
19	6.92	1.0910	5.29	1.2684	4.52	1.3187	4.96	1.3313	-1.63	-2.39	-1.96
20	5.41	1.3072	4.28	1.3725	3.69	1.4236	4.07	1.4420	-1.13	-1.73	-1.34
21	4.95	1.3961	4.24	1.4661	3.63	1.4772	3.94	1.4887	-0.71	-1.32	-1.01
22	4.78	1.4719	4.07	1.5679	3.47	1.6193	3.79	1.5875	-0.71	-1.31	-0.99
23	4.08	1.3725	3.45	1.4630	2.96	1.5137	3.20	1.5008	-0.64	-1.12	-0.88
24	3.74	1.3764	3.18	1.4403	2.71	1.4826	2.89	1.4926	-0.56	-1.02	-0.85

Radiação Fotossinteticament Activa ($\text{mmol m}^2 \text{s}^{-1}$) Valores médios horários (3 a 12 de Janeiro de 1992).

Hora	Exterior		A. Brancos		A. Castanho		PARE/ PARI			
	Média	Erro	Média	Erro	Média	Erro	A. Brancos		A. Castanho	
							Média	Erro	Média	Erro
1	0.000		0.000		0.000					
2	0.000		0.000		0.000					
3	0.000		0.000		0.000					
4	0.000		0.000		0.000					
5	0.000		0.000		0.000					
6	0.000		0.000		0.000					
7	0.000		0.000		0.000					
8	0.002	0.000277	0.000	0.000133	0.000	0.000000				
9	0.079	0.005754	0.038	0.002516	0.027	0.003020	0.491	0.012700	0.333	0.021771
10	0.250	0.026612	0.149	0.018170	0.106	0.015513	0.586	0.029203	0.400	0.031910
11	0.331	0.034739	0.236	0.029485	0.144	0.019623	0.703	0.059496	0.418	0.036815
12	0.371	0.034719	0.306	0.030639	0.182	0.019230	0.837	0.087874	0.492	0.051648
13	0.410	0.037751	0.316	0.032028	0.195	0.022161	0.766	0.056002	0.466	0.039144
14	0.539	0.064693	0.302	0.037498	0.185	0.026165	0.560	0.019915	0.330	0.015518
15	0.565	0.075992	0.291	0.039249	0.174	0.024533	0.520	0.016105	0.300	0.008071
16	0.354	0.057034	0.190	0.033783	0.113	0.020049	0.528	0.016780	0.304	0.010810
17	0.112	0.015001	0.059	0.008792	0.035	0.005858	0.520	0.014279	0.297	0.015752
18	0.007	0.001229	0.003	0.000667	0.001	0.000348	0.378	0.047811	0.116	0.028077
19	0.000		0.000		0.000					
20	0.000		0.000		0.000					
21	0.000		0.000		0.000					
22	0.000		0.000		0.000					
23	0.000		0.000		0.000					
24	0.000		0.000		0.000					

Humidade Relativa do Ar (%)**Valores médios horários (3 a 12 de Janeiro de 1992).**

Hora	Exterior		Abrigo Castanho		ΔHR (c)
	Média	Erro	Média	Erro	
1	99.33	0.5329	97.02	0.4074	-2.31
2	99.36	0.4686	97.23	0.4163	-2.13
3	99.31	0.4701	97.21	0.4239	-2.10
4	99.56	0.2967	97.39	0.4124	-2.17
5	99.96	0.0400	97.49	0.4246	-2.47
6	100.00	0.0000	97.60	0.4482	-2.40
7	99.96	0.0400	97.60	0.4842	-2.36
8	99.84	0.1600	97.57	0.4851	-2.27
9	100.00	0.0000	98.15	0.3628	-1.85
10	100.00	0.0000	90.96	2.1625	-9.04
11	96.91	1.7698	69.47	6.1377	-27.44
12	89.31	2.4907	59.40	6.5144	-29.91
13	81.46	3.1550	55.70	6.2916	-25.76
14	77.15	3.9391	56.37	6.1408	-20.78
15	74.70	4.4294	56.96	6.4421	-17.74
16	74.44	4.5807	60.12	6.4621	-14.32
17	78.70	4.1040	71.09	5.0355	-7.61
18	88.59	1.9837	87.29	2.0612	-1.30
19	93.81	0.6622	93.79	0.7873	-0.02
20	96.92	0.3678	95.65	0.4787	-1.27
21	98.19	0.4762	96.51	0.3535	-1.68
22	98.50	0.4107	96.75	0.3547	-1.75
23	98.48	0.6364	96.50	0.2165	-1.98
24	98.57	0.7667	96.69	0.4293	-1.88

Anexo: Determinação da área foliar a partir das medidas lineares do limbo

Para ser possível acompanhar a evolução da área foliar nas plantas sem comprometer o seu desenvolvimento tornava-se necessário estimar a área foliar a partir de medidas que não implicassem a remoção das folhas. Procedeu-se assim ao ajustamento de um modelo de regressão linear que permitisse estimar a área do limbo de uma folha de sobreiro jovem a partir das suas medidas lineares.

Utilizando 140 folhas de 4 plantas jovens de sobreiro desenvolvidas no interior de uma sala bem iluminada. As folhas foram dispostas sobre placas rígidas de platex e ligeiramente prensadas entre estas e placas de vidro anti-reflexo com 2 mm de espessura. O conjunto foi selado por meio da aplicação de fita adesiva e fotocopiado em seguida. Houve o cuidado de aferir a fidelidade da fotocópia.

A área foi determinada individualmente por digitalização minuciosa do contorno do limbo foliar, usando um digitalizador Bitpadone da Summagraphics, Inc., com software em BASIC desenvolvido no Centro de Computação da Universidade de Évora e correndo em WANG 2000.

Tendo em conta a forma do limbo das folhas do sobreiro, que se pode considerar como um elipsóide, mediu-se o comprimento e a largura das mesmas que correspondem respectivamente à maior dimensão longitudinal e transversal. Investigou-se a adequação de cinco modelos para estimativa da área foliar a partir dos valores lineares, assumindo-se os valores das áreas obtidas por digitalização como a melhor estimativa das áreas foliares.

Os modelos considerados foram: (1) $A = kC$, (2) $A = kC^2$, (3) $A = kL$, (4) $A = kL^2$ e (5) $A = kCL$ em que A representa a área obtida por digitalização C o comprimento e L a largura medidos por meio de uma régua transparente graduada em milímetros.

O comprimento das folhas estava compreendido entre 10 e 57 mm, a largura entre 5 e 40 mm, o produto comprimento×largura entre 50 e 2090 mm² e as áreas

obtidas por digitalização entre 34 e 1639 mm².

Todos os modelos foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados após multiplicação dos valores das variáveis por 10⁻³, usando o procedimento MREG de Statgraphics (STSC, 1989). Em nenhum dos modelos ajustados se detectou autocorrelação pelo teste de Durbin-Watson (Durbin e Watson, 1951). Tendo em conta a existência de valores repetidos nas variáveis independentes a que corresponde de facto uma situação de regressão com repetições, um modelo só era aceite se o teste de falta de ajustamento ("lack of fit") não fosse estatisticamente significativo para $\alpha = 0.05$.

Assim nesta primeira fase ficaram excluídos os modelos que envolviam o Comprimento (1), a Largura (3) e o produto entre eles (5) cuja falta de ajustamento era muito significativa ($P < 0.001$).

Os dois modelos restantes, (2) e (4), envolvendo o comprimento e a largura ao quadrado tinham R^2 elevados com uma ligeira vantagem do modelo envolvendo C^2 ($R^2 = 0.983$) em relação ao modelo envolvendo L^2 ($R^2 = 0.978$); em ambos os casos os modelos eram suficientemente significativos segundo os critérios descritos por Draper e Smith (1981).

Procedeu-se para ambos os modelos a uma análise de residuais, com cálculo dos coeficientes de influência ("leverage") usando o procedimento REGR de BIOMpc (Rohlf, 1992) a partir dos quais se determinaram os residuais estudantizados (Sokal e Rohlf, 1981).

Os residuais estudantizados distribuem-se aproximadamente como $t_{\alpha[n-k]}$, sendo n o número de itens e k o número de coeficientes estimados, pelo que cada residual estudantizado foi testado usando, tendo em conta o elevado número de comparações, uma probabilidade de erro tipo I de comparação (α_c) correspondente a uma probabilidade $\alpha_E = 0.10$ para o conjunto das 140 comparações (Jones, 1984).

Detectou-se um residual significativo no modelo (4) e no modelo (2). Investigada a influência desses residuais nos modelos obtidos, considerando como influentes as observações cujo coeficiente de influência fosse superior a $(k+1)/n$, sendo k o número de variáveis do modelo, pode concluir-se não haver influência significativa daquelas observações, não se justificando portanto nenhuma acção subsequente.

Tinham-se assim dois modelos aproximadamente equivalentes. A selecção entre

eles foi feita recorrendo ao método PRESS (Draper e Smith, 1981), que consiste em ajustar cada modelo quantas vezes quantas o número de itens nele envolvido, deixando de fora um item diferente de cada vez. Para cada ajustamento calcula-se o valor esperado do item excluído e determina-se o desvio quadrado. O somatório dos n desvios quadrados apurados é o valor PRESS, sendo naturalmente de preferir o modelo que apresentar menor PRESS.

Neste caso o modelo (2) envolvendo C^2 obteve um valor PRESS = 1.611 e o modelo (4) envolvendo L^2 um PRESS = 1.988, o que em conjunto com o maior R^2 e o menor Erro Quadrado Máximo do primeiro modelo sugerem a sua aceitação em detrimento do segundo.

O modelo seleccionado para estimar a área foliar A expressa em milímetros quadrados a partir das medidas de comprimento C expressas em milímetros é:

$$A = 0.551457501C^2 \quad (a)$$

Assumindo a forma do limbo foliar como um elipsóide, de (a) retira-se uma Razão Comprimento/Largura, C/L, dada por:

$$C/L = 1.424222$$

Referências

- Adrados, J.R.G., 1992. Tipificación de los alcornocales españoles. 2º Encontro sobre os Montados de Sobro e Azinho, 4 e 5 de Junho de 1992, Évora. Universidade de Évora. pp. 1-7.
- Allen, D., 1992. Blackwood plantations in Tasmania. *Tasmanian NRCP Technical Report n° 8*. Forestry Commission, Tasmania. 88 p.
- Allen, K., 1994. Insects and diseases of oak seedlings grown in tree shelters. *Tree Planters' Notes* 45: 88-90.
- Almeida, J.A.A., 1986. *Influência dos taninos de frutos de Quercus ilex L e Quercus suber L. sobre a fermentação reticulo-ruminal e a digestão enzimática das proteínas*. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora. Évora. (Mimeografado). 323 p.
- Alves, A.A.M., J.S. Pereira, A. Oliveira, M.A. Coutinho, P. Tomás, C. Antunes, J.T. Grilo, A.G. Ferreira, N.A. Ribeiro, C. Alexandre, M.T. Branco e A.G. Ferreira, 1993. *Resumo do estudo do montado de sobro no concelho de Coruche. 1ª aproximação*. Universidade de Évora (Mimeografado). 4 p.
- Anderson, J.M. e C.B. Osmond, 1987. Shade-sun responses: compromises between acclimation and photoinhibition. in Kyle, D.J., C.B. Osmond e C.J. Arntzen (Editors). *Photoinhibition*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. pp. 1-38.
- Applegate, G.B. e A.L. Bragg, 1989. Improved growth rates of red cedar (*Toona australis* (F. Muell.) Harms) seedlings in growtubes in north Queensland. *Australian Forestry* 52: 293-297.
- Applegate, G.B. e K.J. Robson, 1994. Establishment of mixed rainforest species on degraded land - A case study from the coastal lowlands of Northeastern Australia. *Journal of Tropical Forest Science* 7: 8-17.
- Atkinson, B.W. e A. Gadd, 1990. *O tempo - um guia actual da previsão*. (tradução de A. Azevedo de *Weather - A modern guide to forecasting*, 1986). Círculo de Leitores, Lda. 161 p.
- Bainbridge, D.A. 1994. Tree shelters improve establishment on dry sites. *Tree Planters' Notes* 45: 13-16.
- Balabanian, O., 1984. *Problemas agrícolas e reformas agrárias no Alto Alentejo e na Estremadura espanhola* (resumo de Tese de Doutoramento, Universidade de Clermont-Ferrand, 1979). Lisboa. 490 p.
- Ballaré, C.L., 1999. Keeping up with neighbours: phytochrome sensing and other signaling mechanisms. *Trends in Plant Science* 4: 97-102.
- Baugartener, A., 1973. Estimation of the radiation and thermal micro-environment from meteorological and plant parameters. in Slatyer, R.O. (Editor). *Plant response to climatic factors. Proceedings of the Uppsala Symposium, 1970. Ecology and Conservation*, 5. Unesco, Paris. pp. 313-325.
- Beetson, T.B. e D.W. Taylor e M.R. Nester, 1991. Effect of treeshelters on the early growth of four australian tree species. *Australian Forestry* 54: 60-65.
- Beliz, J.M., 1988. A vegetação no diagnóstico e no combate à desertificação. *1 Jornadas sobre a problemática da desertificação no Alentejo*. Évora, Outubro de 1988. Comissão de Coordenação da Região Alentejo. 10 p. (Mimeografado).
- Bergez, J.E. e C. Dupraz, 1997. Transpiration rate of *Prunus avium* L. seedlings inside an unventilated treeshelter. *Forest Ecology and Management* 97: 255-264.
- Bishop, Y.M.M., S.E. Fienberger e P.W. Holland, 1975. *Discrete multivariate analysis: Theory and practice*. The MIT Press, Cambridge. 557 p.
- Bierhuizen, J.F., 1973. The effect of temperature on plant growth, development and yield. in Slatyer, R.O. (Editor). *Plant response to climatic factors. Proceedings of the Uppsala Symposium, 1970. Ecology and Conservation*, 5. Unesco, Paris. pp. 21-35.
- Björkman, O., 1981a. Responses to different quantum flux densities. in O.L. Lange, P.S. Nobel.

- C.B. Osmond e H. Ziegler (Editors). *Encyclopedia of Plant Physiology* 12A. Springer, Berlin. pp. 57-107.
- Björkman, O. 1981b. The response of photosynthesis to temperature. in Grace, J., E.D. Ford e P.J. Jarvis (Editors). *Plants and their atmospheric environment*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 273-301.
- Björkman, O., M.R. Badger e P.A. Armond. 1980. Response and adaptation of photosynthesis to high temperatures. in N.C. Turner e P.J. Kramer (Editors) *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. John Wiley & Sons, Inc., New York. pp. 233-249.
- Blackman, F.F. (1905) Optima and limiting factors. *Annals of Botany* 19: 281-295.
- Bowes, G., 1993. Facing the inevitable: plants and increasing atmospheric CO₂. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 44: 309-332.
- Box, G.E.P. e D.R. Cox. 1964. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society* B26: 211-275.
- Box, G.E.P. e D.R. Cox. 1982. An analysis of transformations, revisited, rebutted. *Journal of the American Statistics Association* 77: 209-210.
- Bradford, K.J. e T.C. Hsiao. 1982. Physiological responses to moderate water stress in *Lange*. O.L., P.S. Nobel, C.B. Osmond e H. Ziegler (Editors). *Physiological Plant Ecology II: Water relations and carbon assimilation*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 263-324.
- Brasier, C.M., F. Robredo e J.F.P. Ferraz, 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian oak decline. *Plant Pathology* 42: 140-145.
- Britt, A.B., 1999. Molecular genetics of DNA repair in higher plants. *Trends in Plant Science* 4: 20-25.
- Brown, R.F., 1987. Germination of *Aristida armata* under constant and alternating temperatures and its analysis with the cumulative Weibull distribution as a model. *Australian Journal of Botany* 35: 581-591.
- Brunig, E.F. 1976. Tree forms in relation to environmental conditions: An ecological viewpoint. in M.G.R. Cannell e F.T. Last (Editors). *Tree physiology and yield improvement*. Academic Press, London. pp. 139-156.
- Burger, D.W., G.W. Forister e R. Gross. 1997. Short and long-term effects of treeshelters on the root and stem growth of ornamental trees. *Journal of Arboriculture* 23: 49-56.
- Burger, D.W., G.W. Forister e P.A. Kiehl. 1996. Height, caliper growth, and biomass response of ten shade tree species to treeshelters. *Journal of Arboriculture* 22: 161-166.
- Burger, D.W., P. Svihra e R. Harris. 1992. Treeshelters use in producing container-grown trees. *HortScienc.* 27: 30-32.
- Bussotti, F. e M. Ferretti. 1995. Air pollution, forest condition and forest decline in Southern Europe: An overview. *Environmental Pollution* 101: 49-65.
- Cabral, M.T. e R.M.A. Sardinha. 1992. Perspectiva integrada do declínio dos montados de sobre alentejanos. 2º Encontro sobre os Montados de Sobre e Azinho, 4 e 5 de Junho de 1992, Évora. Universidade de Évora. pp. 217-231.
- Cabral, M.T., M.C. Ferreira, T. Moreira, E.C. Carvalho e A.C. Diniz. 1992. Diagnóstico das causas da anormal mortalidade dos sobreiros a Sul do Tejo. *Scientia gerundensis* 18:205-214.
- Cardoso, J.V.J.C., 1965. *O solos de Portugal. Sua classificação, caracterização e génese. 1. A Sul do Rio Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura. Direcção-Geral dos Serviços Florestais, Lisboa. 311 p
- Castroviejo, S., M. Laínz, G. L. González, P. Monserrat, F. M. Garmendia, J. Paiva e L. Villar (Editores). 1990. *Flora Iberica. Plantas vasculares de la Peninsula Ibérica e Islas Baleares. Volume II. PLATANACEAE-PLUMBAGINACEAE. Partim*. Real Jardín Botánico, C.S.I.C., Madrid.
- Ceulemans, R. e M. Mousseau. 1994. Effects of elevated atmospheric CO₂ on woody plants. *New Phytologist* 127: 425-446.
- Collet, C. e H. Frochot. 1992. Effect d'un abri latéral artificiel sur le développement de jeunes merisiers (*Prunus avium* L.) installés en pépinière. *Revue Forestière Française* XLIV (nº

- special): 85-90.
- Collet, C, A. Ferhi, J.M. Guehl e H. Frochot, 1993. Growth, gas exchange and carbon isotope discrimination in young *Prunus avium* trees growing with or without individual lateral shelters. *Annales des Sciences Forestières* 50: 353-362.
- Costello, L-R., A. Peters e G.A. Giusti, 1996. An evaluation of treeshelter effects on plant survival and growth in a mediterranean climate. *Journal of Arboriculture* 22: 1-9.
- Coutinho, A.X.P., 1939. *Flora de Portugal*, 2ª Edição. Bertrand (Irmãos) Lda., Lisboa. 933 p.
- Dale, J. E., 1982. *The growth of leaves*. Edward Arnold (Publishers) Ltd., London. 60 p.
- Damesin, C., C. Galera, S. Rambal e R. Joffre, 1996. Effects of elevated carbon dioxide on leaf gas exchange and growth of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Annales des Sciences Forestières* 53: 461-467.
- Davies, R.J., 1985. The importance of weed control and the use of tree shelters for establishing broadleaved trees on grass-dominated sites in England. *Forestry* 58: 167-179.
- Delatour, C., 1983. Le dépérissement des chênes en Europe. *Revue Forestière Française* XXXV: 199-204.
- Dias, A.S., J. Nunes, A.M. Silva e J.S. Pereira, 1990. Condições microclimáticas em abrigos individuais usados na protecção de sobreiros (*Quercus suber*) jovens. *II Congresso Florestal Nacional, Porto, Novembro de 1990*. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. pp. 228-235.
- Dias, A.S., J. Tomé, P. Tavares, J. Nunes e J.S. Pereira., 1992. The effect of individual tree shelters in growth and morphology of cork oak seedlings. *Scientia gerundensis* 18: 91-98.
- Dias, A.S., J. Tomé, L.S. Dias, J. Nunes, A.M. Silva e J.S. Pereira. 1991. Estímulo do crescimento de sobreiros jovens pela utilização de abrigos individuais. *IV Congresso sobre o Alentejo, Semeando novos rumos*. Sines. pp. 271-277.
- Diniz, A.C., 1994. Os solos do montado e aptidão subericola nos concelhos de Grândola, Santiago do Cacém e Sines. Correlações com a morte prematura do sobreiro. *Silva Lusitana* 2: 247-267.
- Diniz, A.C., 1995. Solos e aptidão subericola. O caso concreto de um montado na zona de Mora. *Silva Lusitana* 3: 109-121.
- DGF, 1990. Inventário florestal do sobreiro 1990. *Estudos e Informação*, 300. Direcção Geral das Florestas. Lisboa.
- DGF, 1992. *Portugal País de florestas*. Direcção Geral das Florestas. Lisboa. 60 p.
- DGF, 1993. Distribuição geral das florestas em Portugal continental. Áreas florestais por distritos. Informação disponível em 1992. *Estudos e Informação*, 303. Direcção Geral das Florestas. Lisboa.
- Draper, N.R. e H. Smith. 1981. *Applied regression analysis* (2nd Edition). John Wiley & Sons Inc.: New York. 709 p.
- Ducrey, M., 1981. Étude bioclimatique d'une futaie feuillue (*Fagus silvatica* L e *Quercus sessiflora* Salisb) de l'Est de France. III. Potencialités photosynthétiques des feuille à différents hauteurs dans le peuplement. *Annales des Sciences Forestières* 38: 71-86.
- Dupraz, C., 1997a. Les protection des plantes à effect de serre. Première partie: ce qu'en pensent les arbres. *Revue Forestière Française* 49: 417-432.
- Dupraz, C., 1997b. Les protection des plantes à effect de serre. Deuxième partie: amelioration de leur efficacité par aération optimisée et luminosité accrue. *Revue Forestière Française* 49: 519-530.
- Dunn, D.M., M.S. Cant e M.R. Nester. 1994. Potential of two tree shelters to aid the early establishment and growth of three australian tree species on the Darling Downs, south-east Queensland. *Australian Forestry* 57: 95-97.
- Durbin, J. e G.S. Watson, 1951. Testing for serial correlation in least squares regression. II. *Biometrika* 38: 159-178.
- Duvigneaud, P., 1977. *A síntese ecológica*. 1º Volume. (Tradução portuguesa de R.M.M.

- Gonçalves de *La synthèse écologique*. Doin Eds., Paris. 1974). Sociocultur, Lisboa. 165 p.
- Eason, W.R., E.K. Gill, J.E. Roberts, 1996. Evaluation of anti-sheep tree-stem-protection products in silvopastoral agroforestry. *Agroforestry Systems* 34: 259-264.
- Evans, G.C. 1972. *The quantitative analysis of plant growth*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 734 p.
- Evans, J., 1996. When to remove Tubex treeselters - notes from a closely observed plantation. *Quarterly Journal of Forestry* 90: 207-208.
- Evans, J., 1997. Silviculture of hardwoods in Great Britain. *Forestry* 70: 299-314.
- Evans, J. e M.J. Potter, 1985. Tree shelters. A new aid to tree establishment. *Plasticulture* 68: 7-20.
- Esau, K. 1977. *Anatomy of seed plants* (2nd Edition). John Wiley & Sons. New York. 550 p.
- Fearson, K. e N.D. Weiss, 1987. Improved growth rates within treeselters. *Quarterly Journal of Forestry* 81: 184-187.
- Feio, M., 1949. *Le Bas Alentejo et l'Algarve*. (Reimpressão, 1983). Instituto Nacional de Investigação Científica, Centro de Ecologia Aplicada da Universidade de Évora. Évora. 207 p.
- Feio, M., 1989. *A reconversão da agricultura e a problemática do eucalipto*. Associação Central de Agricultura Portuguesa. Lisboa. 166 p.
- Fogal, W.H., S.J. Coleman, M.S. Wolynetz, H.O. Schooley, S.M. Lopushanki e M.L. Anderson, 1994. Modifying sexual expression of containerized jack pine by topping, altering soil nitrogen and water, and applying gibberlins. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 869-877.
- Franco, J.A., 1971. *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores), Volume I- LYCOPODIACEAE-UMBELIFERAE*. Edição de autor. Lisboa. 648 p.
- Gillespie, A.R., R. Rathfon e R.K. Myers, 1996. Rehabilitating a young northern red oak planting with tree shelters. *Northern Journal of Applied Forestry* 13(1):24-29.
- Givnish, T.J. 1988. Adaptation to sun and shade: A whole-plant perspective. *Australian Journal of Plant Physiology* 15: 63-92.
- Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham e W.C. Black, 1992. *Multivariate data analysis with readings*. (3rd Edition). Macmillan Publishing Co., New York. 544 p.
- Hamer, R., 1994. Natural regeneration of broadleaved trees in Britain: I. Historical aspects. *Forestry* 67: 179-188.
- Hamer, R., 1995. Natural regeneration of broadleaved trees in Britain: III. Germination and establishment. *Forestry* 68: 1-9.
- Hamerlynck, E.P. e A.K. Knapp, 1994. Leaf-level responses to light and temperature in two co-occurring *Quercus* (Fagaceae) species: implications for tree distribution patterns. *Forest Ecology and Management* 68: 149-159.
- Hammatt, N., 1998. Influence of tree shelters, irrigation and branch pruning on early field performance of micropropagated wild cherry cv. F12/1. *New Forests* 15: 126-269.
- Hazon, Y., 1979. Algorithms for parallel processing: curve and surface definition with Q-splines. *Computers and Graphics* 4: 165-176.
- Herrera, J., 1995. Acorn predation and seedling production in low-density population of cork oak (*Quercus suber* L.). *Forest Ecology and Management* 76: 197-201.
- Hix, D.M., C.A. McNeel e E.C. Townsend, 1994. Treatments enhancing early survival and growth of northern red oak seedlings. *Tree Planters' Notes* 45: 137-141.
- Houërou, H.N., 1981. Impact of man and his animals on mediterranean vegetation. in Di Castri, F. D.W. Goodall e R.L. Specht (Editors). *Ecosystems of the world 11. Mediterranean-type shrublands*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. pp. 479-521.
- Hsiao, T.C., 1973. Plant response to water stress. *Annual Review of Plant Physiology* 24: 519-570.
- Huhn, E., 1991. O ordenamento como base para o aumento da produtividade nos montados de

- sobro. Caso particular de Alter-do-Chão. *IV Congresso sobre o Alentejo, Semeando novos rumos*. Sines. pp. 260-271.
- Hunt, R., 1978. *Plant growth analysis*. Edward Arnold (Publishers) Limited. London. 67 p.
- IGC, 1977. *Carta coreográfica de Portugal na escala 1/50 000, 40-A. M 7810*, Edição 2. Instituto Geográfico Cadastral. Lisboa.
- Jacobs, M.R., 1954. The effect of wind sway on the form and development of *Pinus radiata* D. Don. *Australian Journal of Botany* 2: 35-51.
- Janick, J., D.V. Johnson e W.B. Kurtz, 1987. Enhancement of productivity of Portugal's dryland agroforestry regions. *Consultancy Report. Informação INIA* 9 (Abril-Junho): 13-35.
- Jankiewicz, L.S. e Z.J. Stecki, 1976. Some mechanisms responsible for differences in tree form. in Cannell, M.G.R. e F.T. Last (Editors). *Tree physiology and yield improvement*. Academic Press. London. pp. 157-172.
- Johnson, P.S., S.L. Novinger e W. G. Mares, 1984. Root, shoot, and leaf area growth potentials of northern red oak planting stock. *Forest Science* 30: 1017-1026.
- Jones, D., 1984. Use, misuse, and role of multiple comparison procedures in ecological and agricultural entomology. *Environmental Entomology* 13: 635-649.
- Jones, H.G., 1983. *Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology*. Cambridge University Press, Cambridge. 323 p.
- Jones, H.G., 1985. Adaptive significance of leaf development and structural responses to environment. in Baker, N.C., WJ Davies e C.K. Ong (Editors) *Control of leaf growth*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 155-173.
- Jones, R.H., A.H. Chappelka e D.H. West, 1996. Use of plastic shelters for low-cost establishment of street trees. *Southern Journal of Applied Forestry* 20: 85-89.
- Kappen, L., 1981. Ecological significance of resistance to high temperature. in Lange, O.L., P.S. Nobel, C.B. Osmond e H. Ziegler (Editors). *Physiological Plant Ecology (Encyclopedia of Plant Physiology. New series. Volume 12A)*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 439-474.
- Kasperbauer, M.J. e P.G. Hunt, 1992. Root size and shoot/root ratio as influenced by light environment of the shoot. *Journal of Plant Nutrition* 15: 685-697.
- Kerr, G., 1995. *The use of treeshelters*. Forestry Commission Technical Paper 11. Forestry Commission Edinburgh. 11 p.
- Kittredge, D.B., M.J. Kelty e P.M.S. Ashton, 1992. The use of tree shelters with northern red oak natural regeneration in Southern New England. *Northern Journal of Applied Forestry* 9: 141-145.
- Kjelgren, R., 1994. Growth and water relations of Kentucky coffee tree in protective shelters during establishment. *HortScience*, 29: 777-780.
- Kjelgren, R. e L.A. Rupp, 1997a. Establishment in treeshelters I: Shelters reduce growth, water use and hardiness, but not drought avoidance. *HortScience* 32: 1281-1283.
- Kjelgren, R. e L.A. Rupp, 1997b. Shelters affect tree seedling establishment under grass competition. *Journal of Arboriculture* 23: 131-135.
- Kjelgren, R., B. Clevevand e M. Foutch, 1994. Establishment of white oak seedlings with three post-plant handling methods on deep-tilled minesoil during reclamation. *Journal of Environmental Horticulture* 12: 100-103.
- Kjelgren, R., D.T. Montague e L.A. Rupp, 1997. Establishment in treeshelters II: Effect of shelter color on gas exchange and hardiness. *HortScience* 32: 1281-1283.
- Kost, D.A., D.A. Boutelle, M.M. Larson, W.D. Smith e J.P. Vimmerstedt, 1997. Papermill sludge amendments, tree protection, and tree establishment on an abandoned coal minesoil. *Journal of Environmental Quality* 26: 1409-1416.
- Kost, D.A., M.M. Larson e J.P. Vimmerstedt, 1996. Tree shelter and interplanted N-fixing shrub effects on crop tree growth on calcareous minesoil. in Daniels, W.L., J.A. Burger e C.E. Zipper

- (Editors). *Successes and failures: Applying research results to insure reclamation success. Proceedings of the Thirteenth Annual Meeting. American Society for Surface Mining and Reclamation, May 18-23, Knoxville, Tennessee, 1996.* pp. 621-628.
- Kozłowski, T.T., 1971. *Growth and development of trees. Volume I, Seed germination, ontogeny and shoot growth.* Academic Press. New York.
- Kramer, P.J. e T.T. Kozłowsky, 1972. *A Fisiologia das árvores* (Tradução portuguesa de A.M.A. Gomes de *Physiology of trees*. MacGraw-Hill Book Co. 1960). Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 745 p.
- Laird, R.J. e F.B. Cady, 1969. Combined analysis of yield data from fertilizer experiments. *Agronomy Journal* 61: 829-834.
- Lantagne, D.O., 1991. Tree shelters increase heights of planted northern red oaks. *Proceedings 8th Central Hardwood Forest Conference. University Park, Pennsylvania, March 4-6, 1991. General Technical Report Northeastern Forest Experiment Station. USDA Forest Service NE-148*: 291-298.
- Lantagne, D.O., 1995. Effects of tree shelters on planted red oaks after six growing seasons. *Proceedings of the 10th Central Hardwood Forest Conference. Morgantown, West Virginia, 5-8 March, 1995. General Technical Report. Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service NE-197*: 515-521.
- Lantagne, D.O., 1996. Effects of tree shelters on planted red oak in Michigan. *Proceedings of the Tree Shelter Conference. Harrisburg, Pennsylvania, June 20-22, 1995. General Technical Report. Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service NE-221*: 24-28.
- Lantagne, D.O., C.W. Ramm e D.I. Dickmann, 1990. Tree shelters increase heights of planted oaks in a Michigan clearcut. *Northern Journal of Applied Forestry* 7: 24-26.
- Larcher, W., 1981. Effects of low temperature stress and frost injury in plant productivity. in C.B. Johnson (Editor) *Physiological processes limiting plant productivity*. Butterworths. London. pp. 253-269.
- Larcher, W., 1992. Basi ecofisiologiche della produttività dei boschi. *L'Italia Florestale e Montana. Anno XLVII*: 173-190.
- Larcher, W., 1993. Bioclima e potenziale di produttività di *Quercus ilex* L. al limite settentrionale dell'areale di distribuzione. Parte I. Scopo e risultati delle ricerche. *Studi Trentini di Scienze Naturali* 68. *Acta Biologica*: 9-18.
- Larcher, W. e F. Tisi, 1990. Bioclima invernale e rendimento carbonico di *Quercus ilex* al limite settentrionale delle leccete prealpine. *Memorie Lincee Scienze Fisiche e Naturali. Serie IX, I*: 3-22.
- Laux, T. e G. Jürgens, 1997. Embriogenesis: A new start in life. *The Plant Cell* 9: 989-1000.
- Leão, A.M., F.J. Lopes, I.M.P.V. Cansado, J.R.D.P. Ribeiro, M.F.C. Rodrigues e M.P.A.M. Frazão, 1990. Caracterização do sector florestal a Sul do Tejo. *DGF Informação* 4 (Outubro/Dezembro): 4-10.
- Lebart, L. e A. Morineau, 1985. *SPAD. Systeme portable pour l'analyse des données. l'ersion 1985.* CESIA. Paris. 257 p.
- Lebart, L., A. Morineau e K. M. Warwick, 1984. *Multivariate descriptive statistical analysis. Correspondence analysis and related techniques for large matrices* (Tradução de E.M. Berry de *Techniques de la description statistique: Methodes et logiciels pour l'analyse des grand tableaux.* BORDAS, 1977). John Wiley & Sons. New York. 233 p.
- Lee, H.S. e P.G. Jarvis, 1995. Trees differ from crops and from each other in the responses to increases in CO₂ concentration. *Journal of Biogeography* 22: 323-330.
- Legendre, L. e P. Legendre, 1979. *Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. 2. La structure des données écologiques.* Masson S.A. et Presses de l'Université du Québec. Paris.
- Lehman, J., 1994. Growing persimmons in tree shelters. *85th Annual Meeting of the Northern Nut Growers' Association. Morgantown, West Virginia, USA, 7-10 August 1994. Annual Report*

- of the Northern Nut Growers' Association 85: 152-153.
- Lewington, R. e D. Streeter, 1993. *The natural history of the oak tree: an intricate visual exploration of oak and its environment*. Dorling Kinderley, London. 60 p.
- Lichenthaler, H.K., 1985. Differences in morphology and chemical composition of leaves grown at different light intensities and qualities in Baker, N.C., WJ Davies e C.K.Ong (Editors) *Control of leaf growth*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 201-221.
- Lichenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 48: 350-382.
- Lillis, M. e F.M. Federici, 1993. Gas exchange and resource-use patterns along a Mediterranean successional gradient. *Journal of Vegetation Science* 4: 269-272.
- Long, S.P., P.K. Farage, G.Y. Nie e C.P. Osborne, 1995. Photosynthesis and rising CO₂ concentration. in P. Mathis (Editor) *Photosynthesis: from light to biosphere. Volume I*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 729-736.
- MacDonald, J.D., L.R. Costello e T. Berger, 1993. An evaluation of soil aeration status around healthy and declining oaks in an urban environment in California. *Journal of Arboriculture* 19: 209-219.
- Manugistics, 1998. *Statgraphics Plus. Version 3.3*. Manugistics Inc., Rockville.
- Mata, M.L., C.M. Monteiro, M.R. Tavares, M.J.M. Curto, 1990. Aproveitamento dos produtos químicos dos resíduos da indústria corticeira para aplicação em química intermédia. II Congresso Florestal Nacional. Porto, Novembro de 1990. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. pp. 1017-1019.
- Marañón, T., 1988. Agro-sylvo-pastoral systems in the Iberian Peninsula: Dehesas and Montados. *Rangelands* 10: 255-258.
- Marquardt, D.W., 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics* 11: 431-441.
- Mayhead, G.J. e I.R. Boothman, 1997. The effect of treeshelter height on the early growth of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl). *Forestry* 70: 151-155.
- Mayhead, G.J. e T.A.R. Jenkins, 1992. Growth of young sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) and the effect of simulated browsing, staking and treeshelters. *Forestry* 65: 453-462.
- Mayhead, G.J. e D. Jones, 1991. Carbon-dioxide concentrations within tree shelters. *Quarterly Journal of Forestry* 85: 228-232.
- Mayhead, G.J. e A.J.E. Price, 1998. The effect of cultural treatments on the growth and form of young sessile oak (*Quercus petraea*). *Quarterly Journal of Forestry* 92: 125-130.
- Melis, A., 1999. Photosystem-II damage and repair cycle in chloroplast: What modulates the rate of photodamage in vivo? *Trends in Plant Science* 4: 130-135.
- Mendes, J.C. D.X. Queiroz, P.A. Anastácio, M.T.C. Gonçalves, M.R.S. Cardoso, M.G.S.G. Coelho, 1991. *O clima de Portugal. Fascículo XLIX. Volume 4 - 4ª Região. Normais climatológicas da região de "Alentejo e Algarve" correspondentes a 1951-1980*. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica. Lisboa.
- Minter, W.F., R.K. Myers e B.C. Fischer, 1992. Effects of tree shelters on northern red oak seedlings planted in harvested forest openings. *Northern Journal of Applied Forestry* 9: 58-63.
- Mohr, H., 1997. Sensorpigments and photomorphogenesis in conifers. in Rennenberg, H., W. Eschrich e H. Ziegler (Editors). *Trees - Contributions to modern tree physiology*. Backhuys Publishers, Leiden. pp. 507-518.
- Molinas M., M. Oliva e A. Caritat, 1992. Estudio comparativo de la elongación apical y los parámetros foliares en seis parcelas de alcornocal de Girona. *Scientia gerundensis* 18: 61-71.
- Morgan, D.C. e H. Smith, 1981. Non-photosynthetic responses to light quality. in Lange, O.L., P.S. Nobel, C.B. Osmond e H. Ziegler (Editors). *Physiological Plant Ecology (Encyclopedia of Plant Physiology. New series. Volume 12A)*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 109-134.
- Mousseau, M., 1999. At the crossroads of plant physiology and ecology. *Trends in Plant Science* 4: 1.

- Myers, R.S., G.P. Shaffer e D.W. Llewellyn, 1995. Baldcypress (*Taxodium distichum* (L.) Rich.) restoration in southeast Louisiana: the relative effects of herbivory, flooding, competition, and macronutrients. *Wetlands* 15: 141-148.
- Nageleisen, L.-M., 1994. Dépérissement actuel des chênes. *Revue Forestière Française* XLVI: 504-511.
- Natividade, J.V., 1950. *Subericultura*. (2ª Edição fac-similada, 1990, da 1ª Edição do Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação. Direcção-Geral das Florestas) Imprensa Nacional - Casa da Moeda, Lisboa. 389 p.
- Neel, P.L. e R.W. Harris, 1971. Motion-induced inhibition of elongation and induction of dormancy in Liquidambar. *Science* 173 :58-59.
- Neel, P.L. e R.W. Harris, 1972. Tree seedling growth: Effects of shaking. *Science* 175: 918-919.
- Nobel, P.S., 1980. Leaf anatomy and water use efficiency in Turner, N.C. e P.J. Kramer (Editors). *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. John Wiley and Sons, Inc., New York. pp. 43-55.
- Nobel, P.S., 1981. Wind as ecological factor. in Lange, O.L., P.S. Nobel, C.B. Osmond e H. Ziegler (Editors). *Physiological Plant Ecology (Encyclopedia of Plant Physiology. New series. Volume 12A)*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 473-500.
- Nóbrega, C.M. e J.S.Pereira, 1992. Gradients of anatomy and morphology of leaves in the crowns of cork oak. *Scientia gerundensis* 18: 53-60.
- Norby, R.J., S.A.Wullschleger, C.A. Gunderson e C.T. Nieth, 1995. Increased growth efficiency of *Quercus alba* trees in a CO₂- enriched atmosphere. *New Phytologist* 131: 91-97.
- Núñez, E., J.Cabezas e J.C. Escudero, 1987. Relación de matorrales en la formación de dehesas. Función de la jara, valorización de su biomassa y su utilización industrial. in Palacín, P.C. e M.M. Bellido (Coordinadores) *Conservación y desarrollo de las dehesas portuguesa y española. I Jornadas Técnicas*. Badajoz: 27, 28, 29 Enero de 1986. Ministério de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica. Madrid. pp. 111-117.
- Oliveira, A. e M.C. Ferreira, 1986. A regeneração natural em montados de sobre. 1º Encontro sobre os Montados de Sobre e Azinho. Evora, Maio de 1986. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. pp. 31-50.
- Oliveira, G., M.A.M. Loução, O. Correia e F. Catarino, 1996. Nutrient dynamics in crown tissue of cork-oak (*Quercus suber* L.). *Trees* 10: 247-254.
- Oliveira, L.M.C.R.S., 1990. Utilização de diferentes substratos de casca de pinheiro e eucalipto para a germinação de *Quercus rubra* L., carvalho americano. II Congresso Florestal Nacional. Porto, Novembro de 1990. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. pp. 1023-1029.
- Oliver, J.M.M., 1987. La ordenación forestal de montes de frondosas mediterráneas. in Palacín, P.C. e M.M. Bellido (Coordinadores) *Conservación y desarrollo de las dehesas portuguesa y española. I Jornadas Técnicas*. Badajoz: 27, 28, 29 Enero de 1986. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica. Madrid. pp. 283-296.
- Oliver, J.M.M., 1988 *Los alcornoques* (2ª Ed.). Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 267 p.
- Oliver, J.M.M. e M.L.M.Garcia, 1995. Le dépérissement des chênes méditerranéens en Espagne. *Revue Forestière Française* XLVII: 401-402.]
- Ong e Baker, 1985. Temperature and leaf growth. in Baker, N.C., WJ Davies e C.K. Ong (Editors) *Control of leaf growth*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 175-200.
- Oosten, J. J. e R.T. Besford, 1994. Suggar feeding mimics effect of acclimation to high CO₂ - Rapid down regulation of Rubisco small subunit transcripts but not the large subunit transcripts. *Journal of Plant Physiology* 143: 306-312.
- Palacín, P.C., 1989. *Economía florestal de las dehesas*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Mimeografado). 70 p.

- Palacín, P.C., 1991. Presente y futuro del alcornocal. *O Ambiente na Península Ibérica. Perspectivas a montante. I Seminário Ibérico de Ambiente*. Universidade de Trás-os-Montes. pp. 205-225.
- Palacín, P.C., 1994a. El valor económico total de los sistemas agroforestales. *Agricultura y Sociedad* 71: 243-256.
- Palacín, P.C., 1994b. Economía de los espacios naturales. El valor económico total de las dehesas ibéricas. *Agricultura y Sociedad* 73: 103-120.
- Palacín, P.C. e M.M. Bellido, 1987. Prologo. in Palacín, P.C. e M.M. Bellido (Coordenadores) *Conservación y desarrollo de las dehesas portuguesa y española. I Jornadas Técnicas. Badajoz: 27, 28, 29 Enero de 1986*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica. Madrid. pp. 11-16.
- Pereira, J.S., 1999. *As causas do declínio do montado - Documento preliminar*. Grupo Coordenador da Problemática do Declínio do Montado. Lisboa. (Mimeografado). 2 p.
- Pereira, J.S. e M.M. Chaves, 1997. Impact of climate change and elevated CO₂ on trees in regions with a Mediterranean type climate. in G.M.J. Mohren, K.Kramer e S. Sabate (Editors). *Impacts of global change on tree physiology and forest ecosystems*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp. 213-223.
- Peterson, J.A., J.W. Groninger, J.R. Seiler, R.E. Will e M.B. Edwards, 1995. Treeshelter alteration of seedling microenvironment. *Proceedings of Eight Biennial Southern Silvicultural Research Conference, Auburn, Alabama, 1-3 November 1994. General Technical Report Southern Silvicultural Station, USDA Forest Service SRS-1*: 305-310.
- Ponder, F., 1991. Growth of black walnut seedlings protected by treeshelters. *Annual Report Northern Nut Growers Association* 82: 170-174.
- Ponder, F., 1995. Shoot and root growth of northern red oak planted in forest openings and protected by treeshelters. *Northern Journal of Applied Forestry* 12: 36-42.
- Ponder, F., 1997. Survival and growth of hardwood seedlings following preplanting-root treatments and treeshelters. *Proceedings 11th Central Hardwood Forest Conference, Columbia, Missouri, March 23-26, 1997. General Technical Report, North Central Forest Experiment Station, USDA Forest Service NC-188*: 332-340.
- Potter, M., 1987a. Advances in tree shelter research and design. *National Hardwoods Programme. Report of Seventh Meeting*. Oxford Forestry Institute. Oxford. pp. 1-4.
- Potter, M., 1987b. Shelter questions and answers. *Forestry and British Timber* 16: 28-29.
- Potter, M.J., 1988. Treeshelters improve survival and increase early growth rates. *Journal of Forestry* 86: 39-41.
- Potter, M. J., 1991. *Treeshelters*. Forestry Commission Handbook 7. HMSO, London. 48 p.
- Powles, S.B., 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annual Review of Plant Physiology* 35: 15-144.
- Raison, J.K., J.A. Berry, P.A. Armond e C.S. Pike, 1980. Membrane properties in relation to the adaptation of plants to temperature stress. in Turner, N.C. e P.J. Kramer (Editors). *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. John Wiley & Sons Inc., New York, pp. 261-273.
- Ramalho, J.G., 1985. *Algumas reflexões sobre a problemática da desertificação no Alentejo*. Comissão de Coordenação da Região Alentejo (Mimeografado). Évora.
- Ramalho, J., 1986. O arranque do montado e a desertificação no Alentejo. *1º Encontro sobre os Montados de Sobro e Azinho. Évora, Maio de 1986*. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais. pp. 327-341.
- Raven, J. e S.M. Glidewell, 1981. Processes limiting photosynthetic conductance in C.B. Johnson (Editor). *Physiological processes limiting productivity*. Butterworths, London. pp. 109-136.
- Reis, R.M.M. e M.Z. Gonçalves, 1987. *Clima de Portugal, Fascículo XXVII. Caracterização climática da região agrícola do Alentejo*. Instituto de Meteorologia e Geofísica, Lisboa. 226 p.
- Rendle, E., 1985. The influence of tube shelters on microclimate and growth of oak (*Quercus robur*). *National Hardwoods Programme, Report of the Sixth Meeting*. Commonwealth

- Forestry Institute, Oxford, pp. 8-16.
- Rodrigues, J.F., 1995. Evolução dos montados de sobre. *Informação Florestal* 9: 10-19.
- Rohlf, F.J., 1992. *BIOM. A package of statistical programs to accompany the text Biometry*. Applied Biostatistics, Inc., New York.
- Rohlf, F.J. e R.R. Sokal (1969) *Statistical Tables*. W.H. Freeman and Co. San Francisco.
- Ross, J., 1975. Radiative transfer in plant communities. in Monteith, J.L.(Editor) *Vegetation and atmosphere. Volume 1*. Academic Press. Inc. New York. pp. 13-55.
- Salisbury, F.B. e C. Ross, 1978. *Plant physiology* (2nd. Edition). Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont. USA. 422 p.
- Sampaio, G., 1947. *Flora Portuguesa* (3ª Edição Fac-simile, 1988, da 2ª Edição, 1947, dirigida por A.P. Lima. Instituto de Alta Cultura). Instituto Nacional de Investigação Científica. Lisboa. 792 p.
- Sampaio, J.S. e A.J.F. Leite, 1987. Nota sobre a produção subericola e a indústria corticeira no Alentejo. in P.C.Palacín e M.M.Bellido (Coordenadores) *Conservación y desarrollo de las dehesas portuguesa e española. I Jornadas técnicas. Badajoz: 27,28,29 de Enero de 1986*. Ministerio da Agricultura Pesca e Alimentación. Secretaria General Técnica. Madrid. pp. 261-282.
- Sanfillipo, E. e S. Vanelli, 1992. Lineamenti di un plano straordinario pluriennale per lo sviluppo della sughericoltura in Sardegna. 2º Encontro sobre os Montados de Sobre e Azinho, 4 e 5 de Junho de 1992. Évora. Universidade de Évora. pp. 34-108.
- SCEP, 1976. *Carta Militar de Portugal de Portugal. Série M 888, Folha 459*. Serviço Cartográfico do Exército Português.
- Schoot, C. e P. Rinne, 1999. Networks for shoot design. *Trends in Plant Science* 4: 31-37.
- Sequeira, E.M., 1988a. Esboço de caracterização ecológica do Alentejo. Estações ecológicas e seus riscos relativos de desertificação. *I Jornadas sobre a problemática da desertificação no Alentejo*. Évora. Outubro de 1988. Comissão de Coordenação da Região Alentejo. (Mimeografado). 19 p.
- Sequeira, E.M., 1988b. Proposta de formas de luta contra a desertificação no Alentejo. *I Jornadas sobre a problemática da desertificação no Alentejo*. Évora. Outubro de 1988. Comissão de Coordenação da Região Alentejo. (Mimeografado). 14 p.
- Šesták, Z., 1981. Leaf ontogeny and photosynthesis. in C.B.Johnson (Editor). *Physiological processes limiting plant productivity*. Butterworths. London. pp. 147-158.
- Silva, A.M. 1988. Contribuição para o estudo do clima de uma estufa: Estudo de alguns processos físicos de transferência. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora. Évora. (Mimeografado). 352 p.
- Simpson, P., 1992. Oak dieback: Landowners' help invited. *Country Landowner*, January: 22-23.
- Smith, H., 1981. Adaptation to shade. in C.B.Johnson (Editor) *Physiological processes limiting plant productivity*. Butterworths. London. pp. 159-173.
- Snee, R.D., 1977. Validation of regression models: methods and examples. *Technometrics* 19: 415-428.
- Sokal, R.R. e F.J. Rohlf, 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. (2nd Edition). W.H. Freeman and Co., New York. 859 p.
- Sokal, R.R. e F.J. Rohlf, 1995. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. (3rd Edition). W.H. Freeman and Co., New York. 887 p.
- Stange, E.E. e K.L. Shea, 1998. Effects of deer browsing, fabric mats and tree shelters on *Quercus rubra* seedlings. *Restoration Ecology* 6: 29-34.
- STSC, 1989. *Statgraphics. Version 4.2*. STCS Inc. USA.
- Sussex, I.M. 1989. Developmental programming of the shoot meristem. *Cell* 56: 225-229.
- Svihra, P., D. Burger e R. Harris, 1993. Treeshelters for nursery plants may increase growth, be cost effective. *California Agriculture* 47: 13-16.
- Svihra, P., D. Burger e R. Harris, 1996. Treeshelter effect on root development of redwood trees.

Journal of Arboriculture 22: 174-179.

- Taylor, S.E., 1975. Optimal leaf form. in Gates, D.M. e R.B. Schmer (Editors). *Perspectives in biophysical ecology. Ecological studies* 12. Springer-Verlag, Berlin. pp. 73-86.
- Tchuenté, R., 1987. *Aspects écophysologiques de la modification de croissance de jeunes arbres protégés par des abris-serres*. Mémoire DIAT, CNEARC, Montpellier. 65 p.
- Terashima, I. e Y. Inoue, 1985. Vertical gradient in photosynthetic properties of spinach chloroplasts dependent on intra-leaf light environment. *Plant and Cell Physiology* 26: 781-785.
- Terashima, I. e T. Saeki, 1985. A new model for leaf photosynthesis incorporating the gradients of light environment and of photosynthetic properties of chloroplast within a leaf. *Annals of Botany* 56: 489-499.
- Teskey, R.O. e R.B. Shrestha, 1985. A relationship between carbon dioxide, photosynthetic efficiency and shade tolerance. *Physiologia Plantarum* 63: 126-132.
- Torbert, J.L. e J.S. Johnson, 1993. Establishing american sycamore seedlings on land irrigated with paper mill sludge. *New Forests* 7: 305-317.
- Tuley, G., 1983. Shelters improve the growth of young trees in the forest. *Quarterly Journal of Forestry* 77: 77-87.
- Tuley, G., 1984. Tree shelters take the greenhouse to the tree. *Forestry and British Timber, October*: 17-22.
- Tuley, G., 1985. The growth of young oak trees in shelters. *Forestry* 58: 181-195.
- Viers, G., 1975. *Climatologia* (Tradução em língua espanhola de A. Ferrer. *Eléments de climatologie*. Fernand Nathan. Paris. 1975) Oikos-tau, S.A. Ediciones. Barcelona.
- Vogelmann, T.C., 1993. Plant tissue optics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 44: 235-251.
- Wagner, J., S.P. Menendez e W. Larcher, 1993. Bioclíma e potenziale di produttività di *Quercus ilex* L. al limite settentrionale dell'areale di distribuzione. Parte III. Adattamento morfologico e funzionale delle foglie alle radiazioni luminose. *Studi Trentini di Scienze Naturali*. 68. *Acta Biologica*: 37-51.
- Wal, A.F., 1978. Moisture as a factor in epidemiology and forecasting. in T.T. Kozłowski (Editor) *Water deficits and plant growth. Volume I. Water and plant disease*. Academic Press. New York. pp. 253-295.
- Wall, E., 1993. Uses and abuses of treeshelters. *Forestry and British Timber, October*: 37-38. [5]
- Walz, H., 1992. *Diagas. Version 2.14*. H. Walz GmbH.
- Ward, J.S., 1996. Influence of initial seedling size and browse protection on height growth: 5-year results. *U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station*: 127-134.
- Ward, J.S. e G.R. Stephens, 1995. Protection of tree seedlings from deer browsing. *Proceedings 10th Central Hardwood Conference, Morgantown, West Virginia, 5-8 March, 1995. General Technical Report. Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service NE-197*: 507-514.
- Weibull, W., 1951. A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics* 18: 293-297.
- Wilson, J.B., 1988. A review of evidence on the control of shoot: root ratio, in relation to models. *Annals of Botany* 61: 433-449.
- Witmer, R. K., H.D. Gerhold e E.R. Ulrich, 1997. Tree shelters accelerate slow-growing species in nurseries. *Journal of Arboriculture* 23: 40-48.
- Woolhouse, A., 1995. Tree protection on restored quarries. *Forestry & British Timber September*: 46-50.
- Zaczek, J.J., K.C. Steiner e T.W. Bowersox, 1997. Northern red oak planting stock: 6-year results.

- New Forests* **13**: 177-191.
- Ziska, L.H., J.A. Bunce e F. Caulfield, 1998. Intraspecific variation in seed yield of soybean (*Glycine max*) in response to increased atmospheric carbon dioxide. *Australian Journal of Plant Physiology* **25**: 801-807.