

Departamento de Arquitectura da Universidade de Évora

Mestrado Integrado em Arquitectura

Setembro de 2009



Bairro da Malagueira, eficiência energética e a repetição de um modelo



Trabalho de dissertação realizado por: Francisco José Galvão Nascimento Serôdio

Sob orientação de: Prof. Doutor José Júlio Correia da Silva

Co-orientação: Arq. Nuno Ribeiro Lopes

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Doutor José Júlio Correia da Silva

Ao meu co-orientador, Arq. Nuno Ribeiro Lopes

Ao Sr. José Bandeira

Ao Sr. Eduardo Santos

Ao Jorge Fernandes

À Mónica Santos

À Pelagia Kalyva

Aos meus pais, Francisco e Maria da Conceição

À minha avó, Amélia

Sinopse

Como parte de um sistema urbano mais complexo e de uma estratégia urbana que se pretende implementar, tendo em vista a redução dos consumos de energia, é intenção deste estudo verificar a eficiência energética de um módulo habitacional do Bairro da Malagueira, em Évora. A partir deste pressuposto pretende-se um entendimento de quais as estratégias passivas de condicionamento ambiental a adoptar, tendo em consideração o contexto em que se insere e verificar a adaptabilidade da construção em massa, habitação social de baixo custo, num contexto urbano diversificado, através da sua repetição e variações.

Abstract

As part of a more complex urban system and an urban strategy that it should be implemented, concerning the reduction of the energy consumptions, it is the intention of this study to verify the energetic efficiency of a dwelling module in the Malagueira quarter in Évora. From this assumption it is intended to understand which passive strategies of ambient control to adopt, having in consideration the context where this quarter is situated and to verify the adaptability of mass construction, low cost social dwelling, in a diversified urban context, through its repetition and variations.

Índice

1. Introdução	1
2. O lugar, o clima e a arquitectura	
2.1 - Évora: enquadramento urbano do Bairro da Malagueira	4
2.2 - Caracterização climática da região	7
2.3 - Évora: cidade intramuros, adaptação climática	10
2.4 - Arquitectura vernácula alentejana	13
3. Bairro da Malagueira: plano urbanístico, modelos predominantes e sua eficiência energética	
3.1 - Plano urbanístico	16
3.2 - Tipologias	19
3.3 - Materiais e técnicas construtivas	23
3.4 - Eficiência energética: aplicação da metodologia de cálculo RCCTE a um modelo habitacional do Bairro da Malagueira	26
3.4.1 - Medição das superfícies para cálculo RCCTE e caracterização da envolvente	32
3.4.2 - Medição dos ângulos para cálculo do factor de obstrução dos vãos envidraçados	47
3.4.3 - Caracterização da envolvente e cálculo do factor de obstrução relativo aos ganhos solares por orientação	50
4. Análise dos resultados e medidas de melhoria da eficiência energética	
4.1 - Análise dos resultados	86
4.2 - Medidas de melhoria da eficiência energética	94
5. Conclusões	107
6. Bibliografia	112
7. Anexos	115

Índice de figuras

Figura 1 - Cidade de Évora	4
Figura 2 - Localização do Bairro da Malagueira	5
Figura 3 - Contexto urbano do Bairro da Malagueira em 1977	6
Figura 4 - Caracterização climática de Portugal continental	8
Figura 5 - Vista aérea da cidade de Évora	10
Figura 6 - Rua no centro Histórico em Évora	11
Figura 7 - Planta da cidade de Évora (Centro Histórico)	12
Figura 8 - Construção de parede em Taipa	14
Figura 9 - Cobertura na arquitectura popular	14
Figura 10 - Arquitectura Popular	15
Figura 11 - Vista aérea do Bairro da Malagueira	16
Figura 12 - Bairro da Malagueira, tecido residencial	18
Figura 13 - Bairro da Malagueira, vista aérea do tecido residencial	19
Figura 14 - Tipologias de habitação	20/21
Figura 15 - Corte construtivo de habitação do Bairro da Malagueira	24
Figura 16 - Bairro da Malagueira, direcções identificadas para cálculo RCCTE	27
Figura 17 - Orientação das fachadas, modelo tipo A (T3), projecto de 1978	29
Figura 18 – Plantas, cortes e alçado, habitação do bairro da Malagueira	31
Figuras 19 a 39 – Medição das superfícies para cálculo RCCTE	32/46
Figura 40 (a,b,c) - Medições dos ângulos para cálculo de factor de obstrução	47/49

Índice de tabelas e gráficos

Tabelas 1 a 24 - Cálculo do factor de obstrução dos vãos envidraçados	50/85
Tabela 25 - Coeficientes de transmissão térmica	86
Tabelas 26 a 28 - Necessidades energéticas (situação original)	88/90
Tabela 29 a 31 - Ganhos solares	91/93
Tabela 32 – Perdas associadas à envolvente construída	94
Tabela 33 - Coeficientes de transmissão térmica	96
Tabelas 34 a 41 - Necessidades energéticas (soluções de intervenção)	98/102
Gráficos 1 a 3 - Necessidades energéticas (situação original)	88/90
Gráficos 4 a 6 – Ganhos solares	91/93
Gráfico 7 - perdas associadas à envolvente construída	95
Gráficos 8 a 11 - Necessidades energéticas (soluções de intervenção)	103/106

1. Introdução

O impacto negativo no nosso planeta causado por algumas das actividades humanas é hoje motivo de grande preocupação e discussão. O consumo excessivo de energia, particularmente de combustíveis fósseis, que se tem vindo a verificar para realização dessas actividades, e todos os problemas ambientais daí resultantes, tem levado a que, nos últimos anos, se tenha tomado consciência da necessidade de reduzir as quantidades de energia consumidas, de forma a melhorar a qualidade do meio ambiente e prevenir a inevitável extinção de alguns recursos naturais que, durante algum tempo, se julgaram inesgotáveis. Foi durante os anos 70, em 1973, data da primeira crise petrolífera, que os governos sentiram a necessidade de procurar fontes de energia seguras e de reduzir a dependência de combustível importado, medidas que foram sendo gradualmente esquecidas até 1979, data da segunda crise. (AA. VV. – A green Vitruvius, Princípios de Projecto para uma Arquitectura Sustentável, 2001). “Hoje, é impossível ignorar a crise ambiental global, a destruição da camada do ozono através dos clorofluocarbonetos, a perda do habitat da vida selvagem e da diversidade através da poluição, da desertificação e dos abates de florestas, ou os níveis crescentes de dióxido de carbono causados pelas emissões dos sistemas de aquecimento dos edifícios e outros contributos.” (AA. VV. – A green Vitruvius, Princípios de Projecto para uma Arquitectura Sustentável, 2001).

A forma como os edifícios são projectados pode promover, de forma decisiva, a redução da quantidade de energia consumida e contribuir para a resolução de alguns problemas ambientais que hoje se verificam. A adaptação da construção ao clima específico de cada região é essencial para que sejam obtidas condições de conforto térmico interior sem recurso a quantidades excessivas de energia. No passado os edifícios eram construídos de forma a melhor poderem tirar partido das condições climáticas favoráveis, minimizando as menos favoráveis. Desta forma as condições de conforto térmico interior podiam ser tanto quanto possível atingidas de forma natural, já que os recursos energéticos eram escassos. Durante o século XX, algumas inovações ao nível dos materiais e das técnicas construtivas, levaram a um afastamento dos processos tradicionais de construção que, por norma, tinham um maior cuidado na adaptação a um lugar e a um clima específicos. O fascínio pela técnica levou, no entanto, a que tais práticas fossem sendo esquecidas e verificou-se um aumento das soluções construtivas que em nada respondiam às necessidades específicas do lugar. Para atenuar os problemas de desconforto daí

resultantes, foi necessário, então, introduzir algumas soluções tecnológicas, tais como sistemas de climatização activos, soluções essas que levaram a um aumento significativo do consumo de energia. Nos países industrializados o recurso a medidas activas de climatização atingiram valores mais elevados no período pós Segunda Guerra Mundial, como meio fácil e rápido de satisfazer o conforto térmico pretendido nos edifícios. (KOCH-NIELSEN, 2002) O aumento da eficiência energética em edifícios torna-se assim uma das medidas a ter em conta, no sentido de reduzir o consumo excessivo de energia que se verifica hoje. “*Today half of the industrialised world’s population lives in urban areas and accounts for half of the world’s total energy consumption. Only 10-20% of the population of the developing world lives in urban areas. It is predicted that within a few decades 60-70% of the total world population will live in urban areas. Consequently, the demand for energy resources could be enormous.*” (KOCH-NIELSEN, 2002)

A aprovação do novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, Decreto-Lei nº80/2006, de 4 de Abril, vem de encontro a esta problemática, promovendo a melhoria da qualidade da construção em Portugal, relativamente a questões térmicas, e procura responder de forma eficaz aos problemas criados pelo consumo excessivo de energia nos edifícios, contribuindo para o aumento da sua eficiência energética. Este regulamento veio aumentar o grau de exigência dos elementos da envolvente construída, em termos das suas características térmicas, promovendo a melhoria da qualidade do ar e a redução da probabilidade da ocorrência de fenómenos de condensação, obrigar ao aproveitamento de energias renováveis e fixar valores limite relativamente apertados para as necessidades nominais de energia para aquecimento, arrefecimento e produção de águas quentes sanitárias.

Tomando o Bairro da Malagueira, em Évora, como objecto de estudo, pretende-se o entendimento e a identificação das soluções adoptadas que denotam uma preocupação na adaptação ao clima e a avaliação da eficiência energética de um modelo habitacional deste bairro, tendo em consideração a influência de parâmetros como: opções tomadas relativamente ao desenho e morfologia urbanas, influência da orientação e tipologia destes modelos habitacionais e dos materiais empregues na sua realização. É ainda intenção deste estudo, propor soluções de melhoria da eficiência energética deste modelo habitacional, apresentando soluções quer ao nível da utilização de novos materiais, como da implementação de sistemas de aproveitamento de fontes de energia renováveis. Tais propostas poderão ser úteis para quem pretenda efectuar grandes remodelações de edifícios.

Para além da importância na melhoria da eficiência energética e do contributo para a redução dos consumos de energia em termos de utilização, a reabilitação do parque imobiliário existente é também importante na medida em que envolve, em geral, um menor custo inicial em relação a novas construções, tanto em termos da utilização de materiais como dos consumos de energia. A reabilitação energética em edificações, tem também um papel importante na prevenção do abandono de edifícios mais antigos em benefício de edifícios novos, construídos em novas zonas urbanizadas, dando condições de habitabilidade a edifícios que, pelas suas características, poderiam não corresponder às expectativas dos moradores, nomeadamente, quanto ao conforto térmico interior. Numa altura em que o Bairro da Malagueira está prestes a atingir os 30 anos de idade, com a conseqüente proliferação de introduções que consubstanciam grandes obras de conservação, as propostas apresentadas no decurso deste trabalho poderão ter uma utilidade que ultrapasse a de um estudo meramente académico.

Para a realização deste trabalho, é seguida uma estrutura que começa por compreender um breve enquadramento da situação urbana em que está inserido o Bairro da Malagueira, uma descrição das principais características climáticas da região Alentejo e a análise das formas mais tradicionais de adaptação das edificações ao clima desta região, através de uma observação da arquitectura vernácula alentejana e, em particular, da cidade de Évora, nomeadamente do seu Centro Histórico. A caracterização deste tipo de arquitectura e urbanismo, serão importantes no desenvolvimento do trabalho, de forma a melhor compreender a influência do clima desta região na construção e compreender algumas das opções tomadas durante a concepção do Bairro da Malagueira. São, de seguida, descritos os processos e metodologias que levaram à concepção deste bairro, e das escolhas projectuais, tendo em vista a adaptação ao clima, e é efectuada a classificação da eficiência energética de um modelo habitacional deste bairro, de acordo com a metodologia de cálculo prescrita pelo RCCTE. São ainda analisados os resultados obtidos, tendo em conta não só as características térmicas dos materiais utilizados, a adaptação climática das tipologias de habitação do bairro da Malagueira e as diferentes orientações, segundo o percurso solar, identificadas no bairro. No seguimento dos resultados obtidos, são propostas medidas de melhoria da eficiência energética de um modelo habitacional do Bairro da Malagueira, quer em termos da envolvente construída, como da adopção de sistemas alternativos para a produção de energia.

2. O lugar, o clima e a arquitectura

2.1 - Évora: enquadramento urbano do Bairro da Malagueira

A cidade de Évora está situada na região do Alentejo, na parte Sul do território continental português, numa posição interior do país e central em relação ao litoral e à fronteira com a Espanha. Erguendo-se numa colina que chega aos 310 m de altitude (SIMPLÍCIO, 1997), pontuada pelo Templo Romano e pela Sé Catedral símbolos do poder religioso de diferentes épocas e testemunhos das diferentes culturas que ali habitaram, domina o território circundante, apenas ultrapassada pelos 360 m de altitude do Alto de S. Bento a noroeste da cidade. (SIMPLÍCIO, 1997)

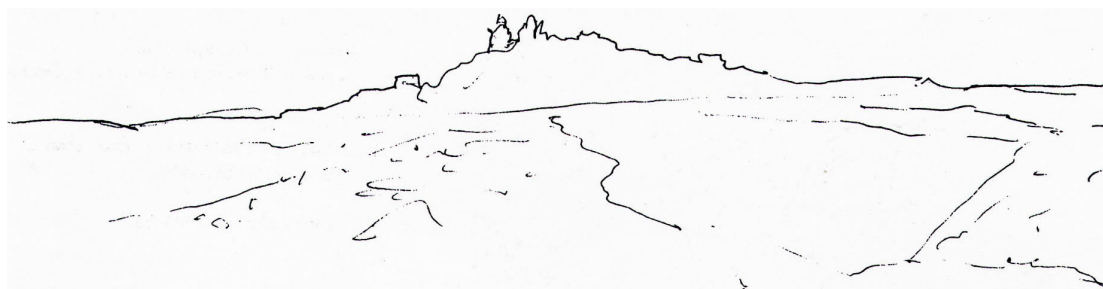


Fig. 1 - Cidade de Évora (MOLTENI,1997; desenho de Álvaro Siza Vieira)

Terá sido fundada num período anterior mas é com a ocupação Romana que o lugar assume maior importância como núcleo urbano; a cidade ocupa assim o topo da colina e é delimitada por uma muralha por questões defensivas. Em meados do século XIV inicia-se a construção de uma nova muralha que seria concluída apenas um século mais tarde e que envolvia os arrabaldes exteriores da antiga Cerca Romana, agora incluídos na própria cidade. A partir do final do século XIX o crescimento da cidade, para além dos limites da nova muralha, começa de forma lenta e gradual e processa-se de forma maioritariamente espontânea até ao final da ditadura (1926-1974), (SIMPLÍCIO, 1997) “(...) a situação em 1974 caracterizava-se por uma crise habitacional importante não se encontrando quase oferta de habitação em espaços urbanizados, pois lotes legais disponíveis apenas existiam nos bairros da Tapada do Ramalho / Quinta de Santa Catarina, onde só as classes sócio-económicas mais elevadas conseguiam construir. Desta forma continuavam a expandir-se cada vez mais loteamentos ilegais (...)” (SIMPLÍCIO, 1997).

Em 1975 é elaborado pela DGSU (Direcção Geral dos Serviços de Urbanização) um plano de expansão na zona Oeste da cidade, onde se inclui uma proposta para o lugar onde será construído mais tarde o Bairro da Malagueira, e que aplicava alguns

princípios da carta de Atenas, como a construção em altura e a divisão do bairro em zonas funcionais, “*The DGSU plan, in line with the Athens chart, used functional zoning to create sectors with multifamily housing, and sectors with single-family homes.*” (DUARTE, 2001). Apesar de ter sido em parte implementado (Bairro da Cruz da Picada), será vetado pelo Arquitecto Nuno Portas (então Secretario de Estado da Habitação e Urbanismo) e em 1977 é entregue ao Arquitecto Álvaro Siza Vieira a realização de um plano, apoiado pelo GAT (Gabinete de Apoio Técnico) de Évora, numa área que corresponde à antiga Quinta da Malagueira e que irá substituir o anterior que previa a construção de alguns edifícios residenciais com uma altura entre cinco e sete pisos. (MOLTENI, 1997)

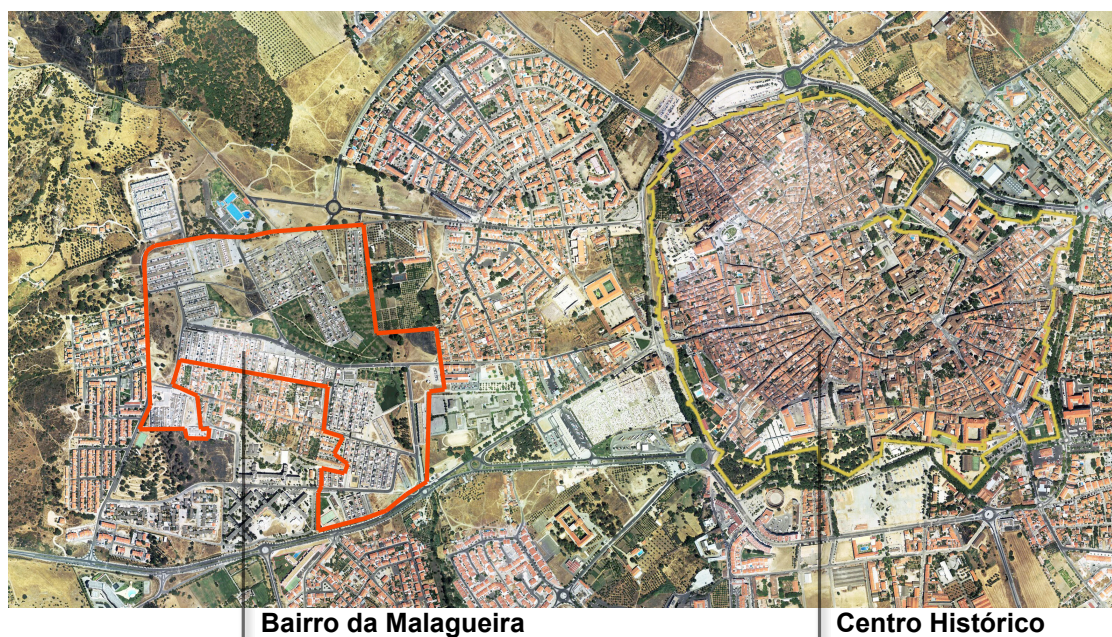


Fig. 2 - Localização do Bairro da Malagueira

O novo bairro, construído numa antiga zona rural (a já referida Quinta da Malagueira que passou a ser propriedade municipal graças à expropriação conseguida por Nuno Portas), será desenvolvido tendo em conta a participação de futuros moradores, organizados em Cooperativas de Habitação, retomando um dos princípios do já extinto projecto SAAL (Serviço de Apoio Ambulatório Local), que no período pós-revolução se propunha melhorar as condições de habitabilidade que, eram nessa altura insuficientes em vastas zonas urbanas. Em 1977, o contexto urbano em que se inseria incluía alguns edifícios públicos isolados, um complexo habitacional de vivendas da classe média dos anos de 1960 (Vista Alegre), um bairro de vivendas pré-fabricadas, um bairro social com edifícios de sete pisos e planta cruciforme (Cruz da Picada), e três bairros clandestinos: Nossa Senhora da Glória (Este), Santa Maria (Sul) e Fontanas (Oeste), sendo delimitada, a então

Quinta da Malagueira, a sul pela estrada nacional que liga a Lisboa e tem origem na Porta d'Alconchel e a norte por uma estrada local. (MOLTENI, 1997)

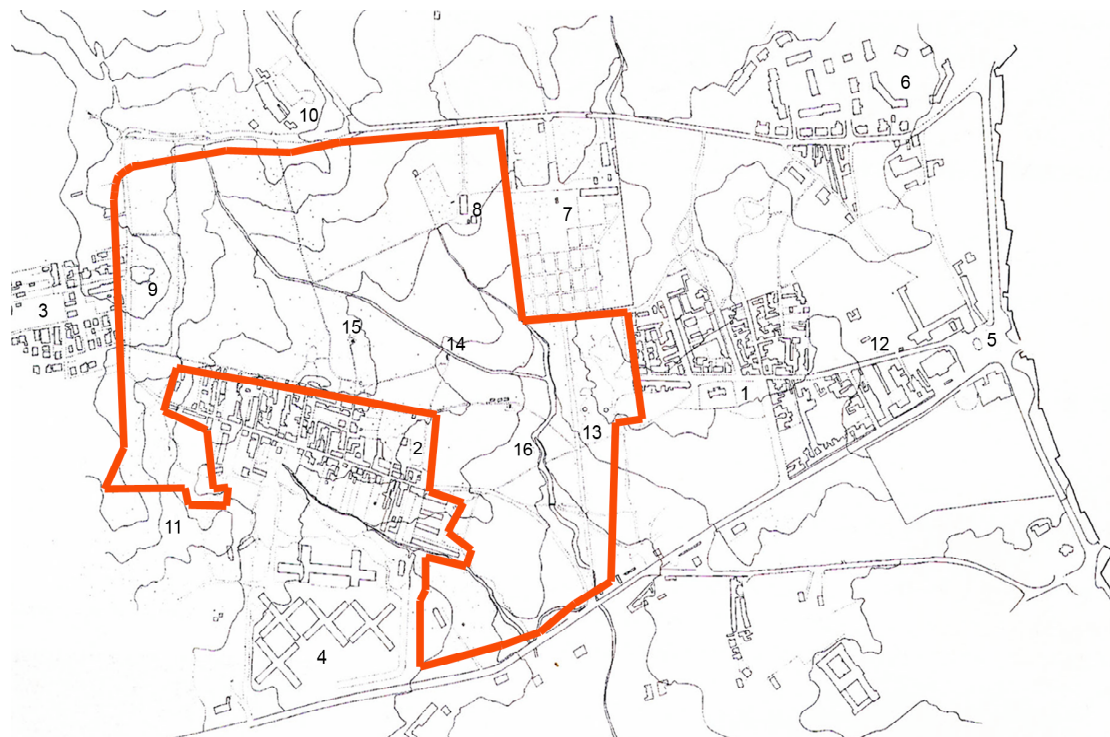


Fig. 3 - Contexto urbano do Bairro da Malagueira em 1977 (adaptado de MOLTENI, 1997)

1 – Nossa Senhora da Glória; 2 – Santa Maria; 3 – Fontanas; 4 – Cruz da Picada, FFH; 5 – Portas d'Alconchel; 6 – Vista Alegre; 7- Quinta da Malagueira; 8 – Quinta da Malagueirinha; 9 – Quinta da Senhora de Aires; 10 – Piscinas; 11 – Mata do Ecurinho; 12 - Rua dos Salesianos; 13 – Moinhos; 14 - Poço com cisterna; 15 – Alverca; 16 – Ribeira de Turgela

2.2 - Caracterização climática da região

Situado no extremo sudoeste do Continente Europeu, ocupando a porção de território mais ocidental da Península Ibérica, o território continental português estende-se ao longo do Oceano Atlântico e apresenta uma costa de “(...) contornos bastante irregulares (...)” (MOUTINHO, 1979), tendo na extensão do seu território alguma diversidade climática devido a duas influências fundamentais, a do Atlântico e a do Mediterrâneo, existindo uma distinção climática entre as zonas do litoral e interior e as regiões Norte e Sul do país, verificando-se ainda a influência do relevo e da altitude.

É na faixa litoral norte do país que a influência do oceano se faz mais sentir, caracterizada por um clima mais húmido, que se estende desde o Minho - de Verão mais curto e temperaturas amenas - até à bacia do Mondego que, “(...) largamente aberta aos ventos oceânicos, é a porta por onde a influência deles chega mais longe(...)” (RIBEIRO,1980). As grandes montanhas que, no norte do país, separam o litoral do interior, afastam a influência do oceano, o clima torna-se aqui mais seco e influenciado pelo planalto central da Península Ibérica, sendo um clima “(...)continental e excessivo, muito frio durante o longo Inverno, extremamente quente durante o Verão (...)” (RIBEIRO, 1980). É em direcção ao sul do Mondego e da Cordilheira Central que a influência do Mediterrâneo se começa a fazer sentir de um modo gradual e se vão atenuando os contrastes entre o litoral e o interior, apesar de, e por ser ainda uma unidade de território de grande extensão, apresentar uma grande diversidade climática dentro dos seus limites. As grandes altitudes começam por dar lugar a um território de cotas menos elevadas, onde clima é caracterizado pela baixa pluviosidade e pelas altas temperaturas estivais. (RIBEIRO, 1980)

Situado na metade sul do país, o Alentejo, “(...) a mais vasta e monótona unidade natural do nosso território (...)”(RIBEIRO, 1980), apresenta ainda algumas variações ao nível das suas características climáticas; podemos distinguir uma zona litoral e no interior o Alto e o Baixo Alentejo. A humidade é mais elevada na zona litoral, devido à proximidade do oceano, e no Alto Alentejo devido às maiores elevações de terreno. Apesar disto, o Alentejo mantém no seu conjunto alguma unidade, são constantes o calor estival, a baixa precipitação e o elevado número de horas de radiação solar.

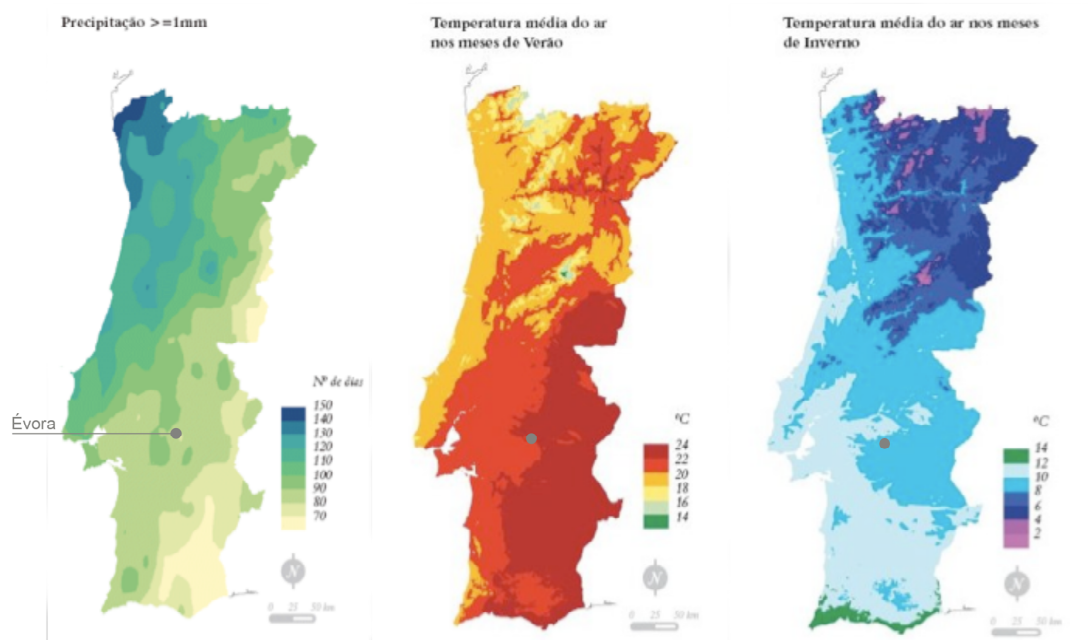


Fig. 4 - Caracterização climática de Portugal continental, Instituto Geográfico Português (www.igeo.pt)

“A originalidade do Alentejo (...), reside tanto na imensidão da terra lisa ou apenas quebrada em frouxas ondulações, como no clima, a que a falta de centros de condensação da humidade do ar apaga todos os caracteres oceânicos.”(RIBEIRO, 1980).

A cidade de Évora está localizada no Alto Alentejo, no planalto que se estende até ao território mais acidentado desta região, e cujas características climáticas se podem definir como as de um clima mediterrânico. A baixa precipitação anual, que se concentra sobretudo nos meses de Inverno, (de Novembro a Abril, cerca de $\frac{3}{4}$ do total anual) e que apresenta mesmo assim valores baixos, 650 mm anuais (SIMPLÍCIO, 1997), contrasta com um Verão extremamente seco, entre Junho e Setembro, de temperaturas muito elevadas e que se prolonga durante um longo período de tempo, com luminosidade forte e grande insolação, ao qual “(...)se opõe um Inverno relativamente frio(...)” (SIMPLÍCIO, 1997). O valor da temperatura média anual é cerca de 16 °C, sendo que, durante o Verão, as temperaturas médias mensais são superiores a 20 °C, com um máximo de 23,2 °C em Agosto. Durante os meses mais frios a temperatura média mensal é de 10 °C, com um mínimo de 9,4 °C em Janeiro. Durante o Verão verifica-se uma média anual de 128 dias com temperatura máxima superior a 25 °C, em que os valores médios das temperaturas máximas diárias rondam os 30 °C, nos meses de Julho, Agosto e Setembro,

enquanto que durante o período de Inverno se registam 90 dias por ano que, em média, registam temperatura mínima inferior a 5 °C e os valores médios das temperaturas mínimas diárias se aproximam de 6 °C nos meses mais frios, Dezembro, Janeiro e Fevereiro. (SIMPLÍCIO, 1997).

Em termos regulamentares (RCCTE), são definidas para Portugal continental três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3). Évora está situada na zona de Inverno I1, correspondente à zona considerada mais amena durante esta estação pelo regulamento e na zona de Verão V3, a mais rigorosa. Segundo este regulamento, a temperatura externa do projecto para a cidade de Évora é assim considerada de 35 °C, muito próxima do valor máximo para este regulamento, que é de 37 °C e a amplitude térmica para esta cidade é de 17 °C, também muito próximo do valor máximo que é de 18 °C.

2.3 – Évora: cidade intramuros, adaptação climática

Delimitada pela muralha defensiva construída entre os séculos XIV e XV, que veio alargar os limites estabelecidos pela anterior muralha romana, a cidade intramuros de Évora evidencia algumas características de adaptação às condições climáticas da região que visam sobretudo formas de amenizar os efeitos de um Verão muito quente, com elevada intensidade de radiação solar e que se faz sentir durante um longo período de tempo.



Fig. 5 - Vista aérea da cidade de Évora (www.atlasdeladiversidad.net)

De origem Romana, ocupada posteriormente pelos povos Godo e Árabe até à conquista pelos Cristãos no século XII, a cidade de Évora foi sendo construída ao longo de séculos, assimilando algumas das características que, ainda hoje, lhe conferem o seu aspecto actual. Definida por Orlando Ribeiro (1980) como “(...) a cidade mais bela de Portugal (...)”, Évora “(...) ilustra particularmente bem a tendência das cidades portuguesas de se estruturarem em torno de praças múltiplas, umas dentro outras fora do circuito fortificado (...)” (RIBEIRO,1980). A partir deste sistema de praças que definem e hierarquizam o espaço público da cidade, como são exemplo a Praça do Giraldo e o Largo das Portas de Moura, que se estabeleceram às portas da antiga Cerca Romana, desenvolveram-se de modo mais ou menos espontâneo os arruamentos que as ligam entre si e com alguns edifícios de maior importância, como são exemplo o Convento de S. Francisco e o Convento de S. Domingos, criando uma estrutura viária que se vai adaptando também ao relevo existente.

Podemos verificar na cidade intramuros um desenho compacto do aglomerado urbano caracterizado por uma densidade de construção elevada, deixando ao espaço público ou de circulação um mínimo indispensável. A importância deste modo de construir cidade revela-se particularmente importante em climas quentes e secos, já que, deste modo, as superfícies expostas à radiação solar serão em menor número, aumentando também o número de superfícies em sombra. Desta forma, é possível reduzir as temperaturas exteriores e promover um maior conforto térmico “urbano”, ao mesmo tempo que se reduzem os ganhos térmicos solares do próprio edificado que terão influência no conforto interior. Esta situação pode ser facilmente verificada percorrendo as ruas de Évora onde, frequentemente, a altura dos edifícios que definem uma rua é muito superior à sua largura, garantindo sombra tanto para pessoas como para os edifícios. A forma sinuosa das ruas é também vantajosa em climas quentes e secos, característica que encontramos igualmente no Centro Histórico de Évora, Koch-Nielsen (2002), escreve a propósito dos princípios de desenho urbano das cidades em climas quentes e secos, *“Narrow winding street networks should be used. This layout will minimise solar radiation exposure, reduce the effects of stormy and dusty winds, and create shade áreas throughout the day.”*



Fig. 6 - Rua no centro Histórico em Évora (www.skyscrapercity.com)



Fig. 7 –Planta da cidade de Évora (Centro Histórico)

O uso de vegetação é também um factor importante a considerar e que encontramos frequentemente na cidade intramuros em Évora, seja em pátios, no interior dos quarteirões, ou em espaços públicos como praças e jardins. A sua capacidade de absorção de parte da radiação solar e de sombreamento em conjunto com a evapo-transpiração que ocorre ao nível das folhas, permitem uma diminuição da temperatura do ar, acompanhada por um ligeiro aumento do seu teor de humidade. *“Vegetation around a building is important (...). Besides creating shade, vegetation transpires water and thus provokes natural cooling through evaporation.”* (GALLO *et al.*, 1998). A presença da água, que encontramos algumas vezes associada à utilização da vegetação, é outro elemento que permite um aumento do teor de humidade do ar e conseqüente diminuição da sua temperatura. De referir, ainda, a presença de espaços públicos de circulação cobertos, que permitem mais uma vez o sombreamento de algumas áreas, como são exemplo as arcadas da Praça do Giraldo.

2.4 – Arquitectura vernácula alentejana

“Com a formação do Império Romano espalharam-se pela bacia mediterrânica e por vastas regiões da actual Europa os edifícios típicos, os processos de construir e as concepções plásticas greco-romanas. (...)” (AA.VV. – Arquitectura popular em Portugal, 1988)

A expansão e o encontro de várias culturas e civilizações possibilitou, no âmbito da arquitectura, um aproximar e evoluir das formas e técnicas de construir em vastas porções de território, “Contudo, a par da renovação e da expansão que essas feições eruditas conheceram, outras há – as da Arquitectura Popular – que se mantiveram, através dos tempos, mais constantes e localizadas, (...)” (AA.VV. – Arquitectura Popular em Portugal, 1988). De cariz rudimentar este tipo de construção, dita popular, tentava, o mais possível, adaptar-se às condições naturais de cada região.

Apesar de não ser muito extenso, o território continental português apresenta dentro das suas fronteiras diferenças bastante acentuadas no que respeita às formas tradicionais de construir e que estão associadas, entre outros aspectos, às diferenças climáticas existentes. Delineada uma divisão climática em Portugal, (vimos anteriormente as principais características do clima no Alentejo, capítulo: Caracterização climática da região) é possível distinguir algumas características comuns à arquitectura de cariz popular nesta região, que tal como nas estratégias urbanas que encontramos na cidade de Évora, têm como principal objectivo minimizar os efeitos das elevadas temperaturas que aqui se fazem sentir durante o Verão.

A caracterização dos elementos construtivos da envolvente exterior são importantes para definir a qualidade térmica das edificações. As trocas de calor entre o meio exterior e o interior processam-se precisamente através destes elementos. Ao incidir sobre o edifício, a radiação solar, representa um ganho de calor, função da intensidade da radiação incidente, da temperatura do ar, da velocidade do ar e das características físicas da envolvente do edifício. No Alentejo, e em particular neste tipo de construção popular, as características dos elementos da envolvente demonstram uma maior preocupação em relação às condições de Verão.

Um dos materiais mais frequentemente utilizados neste tipo de construção popular é a taipa. A respectiva técnica construtiva leva à concretização de paredes que facilmente atingem os 70 cm de espessura, o que permite a obtenção de uma

inércia térmica elevada. A construção de paredes grossas e pesadas é adequada em zonas de clima quente e com grandes amplitudes térmicas diárias, o que acontece no Alentejo, durante o período de Verão. Este elemento construtivo absorve calor durante as horas em que a temperatura do ar é mais elevada, libertando-o quando a temperatura do ar se torna inferior à temperatura da parede, contribuindo, assim, para uma grande estabilidade da temperatura interior dos edifícios. A cobertura, responsável por uma grande parte dos ganhos térmicos, é constituída por uma ou duas águas revestidas com telha cerâmica sendo, em alguns casos, sobretudo no Baixo Alentejo, utilizado sob este revestimento, um ripado de canas que define uma caixa de ar rudimentar, permitindo aumentar a resistência térmica do conjunto. Além disso, este ripado, durante o dia, no Verão, encontra-se com a temperatura significativamente inferior à das telhas, pelo que os ocupantes do edifício recebem, por radiação, uma quantidade de calor menor do que aconteceria se tal ripado não existisse.



Fig. 8 - Construção de parede em taipa. A utilização de paredes grossas permite um aumento da inércia térmica. (AA.VV. – Arquitectura Popular em Portugal, 1988)



Fig. 9 – Cobertura na arquitectura popular. A utilização de um ripado de canas na cobertura permitia a constituição de uma caixa de ar rudimentar. (AA.VV. –

A utilização de janelas de pequenas dimensões é outra das estratégias utilizadas neste tipo de arquitectura de forma a melhor se adaptar ao clima quente do Alentejo, reduzindo os ganhos solares e o consequente aquecimento do interior da habitação. A cal, utilizada como material de revestimento, um material local e de fácil acesso, servia sobretudo propósitos de higiene. Era utilizada neste tipo de construção popular, cal pigmentada com cores claras que, mais tarde, a partir dos anos 60, no período da ditadura, foi substituída pela obrigatoriedade da utilização do branco. A utilização de cores claras ou do branco é adequada em climas quentes e com grande intensidade de radiação solar, permitindo reflectir grande parte desta radiação.



Fig. 10 - Arquitectura Popular (AA.VV. – Arquitectura popular em Portugal, 1988)

Sem recorrer a quaisquer soluções de promoção de ganhos solares, úteis para o aquecimento do ambiente interior nos períodos mais frios, este tipo de arquitectura resolve a situação de Inverno com recurso a estratégias de restrição de perdas por condução. A taipa, utilizada na construção das paredes, apresenta um valor de condutibilidade térmica de cerca de $1,1 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (quadro I.2 – ITE 50, pág. I.9). Com 70 cm de espessura este tipo de parede atinge um coeficiente de transmissão térmica de $1,24 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ que apesar de não alcançar o valor de referência do RCCTE: $0,70 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, está já nitidamente abaixo do limite máximo que é para este elemento $1,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (zona climática I1).

A significativa resistência térmica das paredes e a utilização de uma caixa de ar na cobertura, que funcionam bem durante o Verão, são também importantes na manutenção de conforto térmico interior durante os períodos mais frios.

3. Bairro da Malagueira: plano urbanístico, modelos predominantes e sua eficiência energética

3.1 – Plano urbanístico

Projectado para a Zona de Expansão Oeste da Cidade, o novo plano para o Bairro da Malagueira ia reger-se por alguns princípios opostos aos estabelecidos pelo anterior plano da DGSU. Ao contrário das zonas previstas, separadas entre edifícios habitacionais em altura e “vivendas” isoladas, o novo Bairro da Malagueira previa a construção de um tecido habitacional mais denso, de construção baixa e contínua. Esta forma de construir cidade, mais compacta, representa um aproximar ao tipo de urbanismo que encontramos na cidade intramuros e que desempenha um papel importante na adaptação ao clima local, como forma de reduzir as superfícies expostas à radiação solar e aumentar as zonas em sombra. O espaço não edificado é tratado como zona verde que contrasta com as zonas construídas mais densas. Estas áreas não edificadas são importantes na redução do efeito de “ilha de calor” que normalmente está associado aos grandes aglomerados urbanos. No Verão, as temperaturas em espaços verdes são normalmente mais baixas, já que a presença de vegetação e de água assumem o papel de reguladores climáticos. *“The main difference between refreshing effects from vegetation and from structures built by man is that an inorganic material has a limited refreshing capacity, based on thermal characteristics of the materials; a plant on the contrary is a living organism that will regulate it’s branches and leaves to utilise most of the solar radiation.”* (Gallo et al., 1998).



Fig. 11 - Vista aérea do Bairro da Malagueira (MOLTENI, 1997)

Todo o bairro é organizado a partir de um elemento estruturante principal. Mais do que um canal de distribuição das infra-estruturas, a conduta, que está elevada em relação ao terreno, é o elemento a partir do qual se desenvolve todo o tecido residencial, à semelhança do aqueduto da Água de Prata, que na cidade intramuros, estrutura uma zona da cidade. A conduta, é transformada ao longo dos eixos principais, numa galeria onde se situam algumas funções de comércio e serviços, protegendo os peões do sol e da chuva tal como sucede, por exemplo, na galeria que se desenvolve ao longo da Praça do Giraldo, principal centro da cidade intramuros.

Ocupando os terrenos da antiga Quinta da Malagueira, o novo bairro não despreza as pré-existências e é a partir destas que são definidos os principais eixos que constituem o tecido residencial. O Bairro de Santa Maria, integrado na área de expansão, é assimilado no novo tecido, estabelecendo-se um contínuo construído entre este bairro pré-existente e o novo Bairro da Malagueira. Na zona norte, a partir do traçado de um antigo caminho rural, é marcado um novo eixo de expansão que, seguindo a pendente natural da encosta, permite o escoamento das águas pluviais. A oeste um terceiro conjunto segue, mais uma vez, a lógica da implantação de um bairro existente, o Bairro das Fontanas, e da topografia.

A via principal cruza todo o bairro na sua extensão este-oeste e é a partir deste eixo estruturante que se ramificam todas as vias secundárias definindo, desta forma, a estrutura viária do bairro. A definição deste eixo tem, mais uma vez, um carácter forte na ligação com as pré-existências. Atravessando o Bairro de Nossa Senhora da Glória assume um papel importante na ligação entre os referidos bairros exteriores à muralha e ao centro histórico.

Apesar de não ter sido a prioridade na definição dos eixos estruturantes do tecido residencial do Bairro da Malagueira, a orientação em função do percurso solar deve ter um papel importante na organização urbana. Este cuidado tem necessariamente implicações na orientação das próprias edificações e, conseqüente, influência no seu desempenho energético. Consoante a orientação dos elementos construtivos da envolvente do edificado poder-se-ão privilegiar ou restringir os ganhos solares, em função das necessidades de cada estação. Uma fachada orientada a sul receberá o máximo de horas de radiação solar em relação às outras orientações. Esta situação é vantajosa durante os períodos mais frios, já que permite um maior aproveitamento de ganhos solares, mas é também favorável durante o Verão sendo uma fachada mais facilmente protegida da incidência directa do sol, restringindo-se, desta forma,

os ganhos solares indesejáveis nesta estação. No Bairro da Malagueira, não existe uma orientação privilegiada sendo dada maior importância à relação com as pré-existências e à continuidade urbana, deixando para o estudo tipológico das habitações um maior cuidado na relação com o clima local.

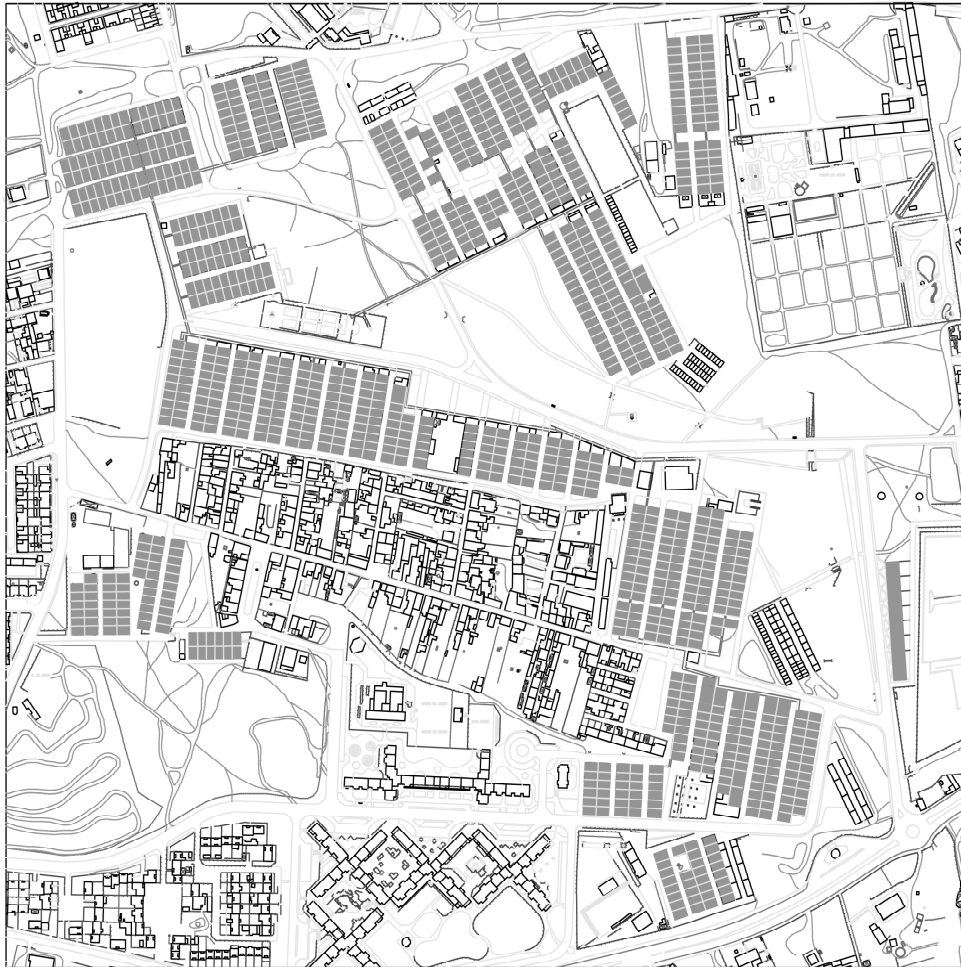


Fig. 12 - Bairro da Malagueira, tecido residencial (distribuição dos edifícios de habitação)

3.2 - Tipologias

O estudo das tipologias teve uma importância fundamental no desenvolvimento do tecido residencial do Bairro da Malagueira, o que revela o cuidado com que foi pensado para responder e adaptar-se o melhor possível ao clima do Alentejo. A presença constante do pátio demonstra esta preocupação em garantir uma resposta eficaz às altas temperaturas que se fazem sentir no Verão, como descrito mais à frente neste capítulo.

O sistema, para a construção do tecido residencial, consiste na repetição de parcelas de 8 mx12 m ao longo dos eixos pré-estabelecidos, definidos pela construção das condutas. Estas parcelas desdobram-se simetricamente em relação a estes eixos ficando cada parcela com um lado em contacto com a rua e os restantes em contacto com as parcelas adjacentes. Desta forma, é assegurado um tecido residencial contínuo, adaptado ao clima quente que se faz sentir no Verão, pela redução das superfícies expostas à radiação solar. Durante o período de Inverno, esta é também uma situação favorável, já que as superfícies em contacto directo com o exterior serão em menor número, restringindo assim as perdas por condução pela envolvente. A poupança nos recursos construtivos é também assegurada por este sistema já que, cada parcela e cada módulo habitacional construído irão tirar partido dos muros das construções contíguas, partilhando a mesma parede divisória entre as duas habitações. Este sistema permite ainda uma adaptação fácil às ondulações do terreno pois é possível um desnivelamento em cada módulo, a cada 8 m no sentido longitudinal e 12 m no sentido transversal.



Fig. 13 - Bairro da Malagueira, vista aérea do tecido residencial (MOLTENI, 1997)

Apesar de fazer parte de um tecido contínuo cada módulo habitacional poderá ser construído independentemente dos restantes. Estes são ainda de tipo evolutivo, podendo transformar-se em função do aumento do número de quartos, variando entre o T1 e o T5. Estas são características fundamentais na construção de um bairro destinado às classes sociais mais desfavorecidas podendo, assim, ser construído consoante as necessidades e as disponibilidades financeiras.

Existem duas tipologias de habitação base para todo o bairro e cuja diferença principal está na localização do pátio. Na primeira, tipo A, o pátio está colocado em contacto com a rua enquanto no segundo caso, tipo B, o pátio está situado numa posição recuada na parcela. Esta diferença tem, à partida, influência no tipo de ventilação existente em cada uma destas duas soluções. Enquanto no tipo B está assegurada a ventilação transversal, o modelo tipo A é ventilado fundamentalmente por impulsão térmica (movimentação do ar quente no sentido ascendente).

Modelo tipo A, Maio de 1978

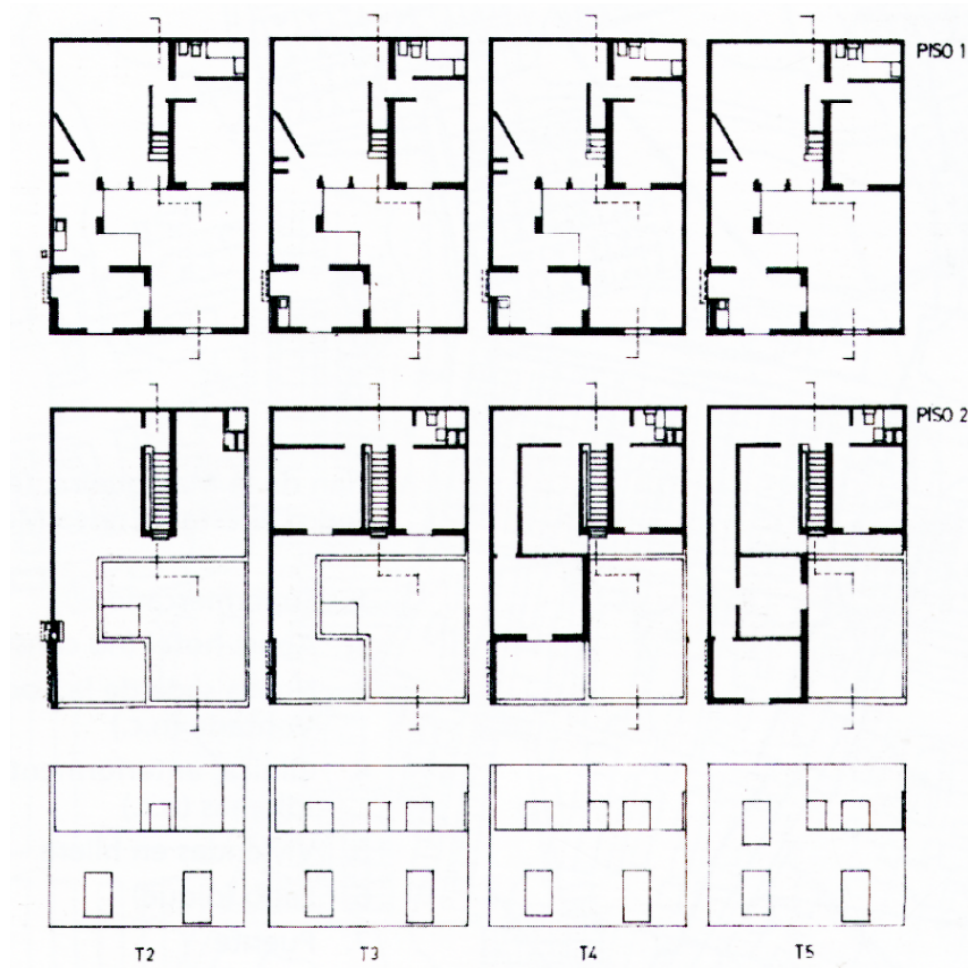




Fig. 14 – Tipologias de habitação (MOLTENI, 1997)

A disposição interior destes modelos habitacionais é bastante simples e é independente das orientações pré-estabelecidas para o Bairro. Cada modelo pode ser assim repetido em qualquer das orientações, sem que isso altere a sua disposição interior. Em ambos os modelos inicialmente projectados para o Bairro da Malagueira, a planta do piso térreo apresenta uma forma em L, onde estão localizados a cozinha, a sala, um quarto e instalações sanitárias. No primeiro piso, encontram-se os restantes quartos, que podem ser acrescentados, consoante a tipologia pretendida.

O pátio é o elemento de maior importância no estudo tipológico do bairro da Malagueira. Este é um espaço que permite um maior contacto com o exterior a partir do interior da casa mantendo a privacidade dos seus ocupantes. A adopção deste tipo de solução é ainda importante porque garante uma melhor iluminação natural

dos espaços interiores, já que cada módulo habitacional tem apenas uma fachada em contacto com a rua. Mas o pátio tem um papel ainda mais importante, determinado pela sua influência relativamente ao comportamento térmico da habitação, com consequências directas nas condições de conforto térmico no seu interior. A utilização do pátio é recorrente em climas quentes e secos adaptando-se perfeitamente às condições climáticas características do Verão, no Alentejo. O pátio é um espaço interno rodeado de elementos construídos e aberto para a abóbada celeste que responde de forma eficaz aos problemas de aquecimento causados pela radiação solar. As paredes que o envolvem permitem o sombreamento não só dos pavimentos como da envolvente do edificado, reduzindo desta forma os seus ganhos solares. Durante a noite o calor acumulado por estes elementos é libertado e emitido para o céu, por radiação, arrefecendo desta forma todas as superfícies. Os espaços interiores do edificado beneficiam durante o dia das temperaturas mais baixas atingidas no pátio durante o período nocturno e que são mantidas, pelo menos, durante as primeiras horas do dia. O microclima criado por este sistema permite um eficaz sistema de ventilação que permite arrefecer os espaços interiores de forma eficaz durante estes períodos mais frescos.

À semelhança do que acontece no Centro Histórico de Évora, os quarteirões no Bairro da Malagueira não são completamente ocupados pela construção que deixa espaços livres, abertos ao céu. Estes permitem a criação de um microclima importante na regulação das temperaturas interiores das habitações. Como no Centro Histórico, a utilização da vegetação nestes espaços é benéfica para a obtenção de melhores resultados de conforto térmico no interior das habitações. Importantes na obtenção de maiores superfícies em sombra e devido às suas capacidades de absorção da radiação solar, os elementos vegetais, permitem um abaixamento mais eficaz das temperaturas das superfícies construídas e dos pavimentos, contribuindo para a redução das temperaturas do ar nestes espaços, ao qual se junta a evapo-transpiração produzida pelos elementos vegetais e que irá contribuir para um aumento do teor de humidade no ar. A utilização de vegetação de folha caduca traduz-se em maiores benefícios porque, na situação de Inverno, não se configura como um obstáculo à obtenção de ganhos solares, benéficos, nesta estação, do ponto de vista da obtenção de condições de conforto térmico, tanto quanto possível, por meios naturais.

3.3 – Materiais e técnicas construtivas

Como resposta à falta de habitação e de loteamentos legais nos sectores fora do perímetro da cidade intramuros, o Bairro da Malagueira é projectado de acordo com os recursos de mão-de-obra e de materiais disponíveis. O sistema construtivo tinha de ser, simples, recorrendo a materiais pré-fabricados de fácil aplicação em obra. O material base inicialmente utilizado para a construção foi, assim, o betão, em forma de elementos pré-fabricados.

Nas paredes foi utilizado o bloco de betão de 20 cm, tendo sido aplicados, também, blocos de 10 cm e 7,5 cm seguindo uma lógica de hierarquização. As lajes do primeiro piso e cobertura são constituídas por elementos pré-fabricados, vigotas e abobadilhas em betão, com acabamento monolítico. As vigotas foram assentes de 60 em 60 centímetros, directamente sobre as paredes, que são resistentes.

As coberturas são planas e apresentam dois tipos de acabamentos. No terraço foram utilizadas lajetas de betão pré-fabricadas e no resto da cobertura, não acessível, uma protecção pesada de inertes: godo ou brita. Estes dois tipos de acabamento são importantes porque garantem a não incidência directa dos raios solares sobre o sistema de impermeabilização. Givoni (1994), conduziu uma série de experiências sobre a utilização de diversos tipos de protecção que permitem a redução das temperaturas no solo, entre as quais uma mistura de pequenas pedras ou madeira com, pelo menos, 10 cm de espessura, *“Solar radiation is intercepted and absorbed within about 3 to 5 cm at the top of that layer, and the conduction of the heat down the layer of pebbles, and specially down a bark mulch, is rather low.”* (GIVONI, 1994)

A impermeabilização foi feita à custa de uma chapa de fibrocimento ondulada de 6 mm de espessura que assenta sobre uma camada de betão com agregado de argila expandida, de cerca de 16 cm, camada que permite uma maior resistência térmica da cobertura. De referir também a utilização, nas coberturas em terraço acessíveis, de uma camada de areia (20mm) para assentamento das chapas de fibrocimento e de placas de aglomerado de cortiça (6mm) para assentamento das lajetas de betão. A areia foi ainda utilizada como material de enchimento dos blocos que constituem as paredes interiores, de divisão entre parcelas, de modo a garantir um maior isolamento acústico entre as diferentes habitações.

De forma a evitar fissurações e corrigir eventuais zonas propícias à ocorrência de condensações, as lajes do primeiro piso e cobertura encontram-se apoiadas em

meia parede, sendo utilizado um revestimento exterior que garante a continuidade do material bloco de betão. A continuidade deste material está garantida no resto da estrutura visto não existirem pilares de suporte ou outro tipo de elementos em betão como vergas ou padieiras nos vãos. Este tipo de detalhe construtivo não era de uso frequente nesta época, constituindo um importante avanço em termos de melhoria das condições de conforto interiores. Para além de prevenir a degradação dos materiais construtivos e melhorar as condições de salubridade é também importante no aumento da eficiência energética da habitação.

Nas caixilharias exteriores o material escolhido foi a madeira e usado um vidro simples de 5 mm. Estes elementos são recuados em relação ao limite exterior das paredes tendo sido ainda aplicadas portadas interiores que serão importantes na redução dos ganhos solares. Foram utilizados em alguns casos, nos vãos em contacto com a rua, esquadrias com uma parte inferior cega em madeira.

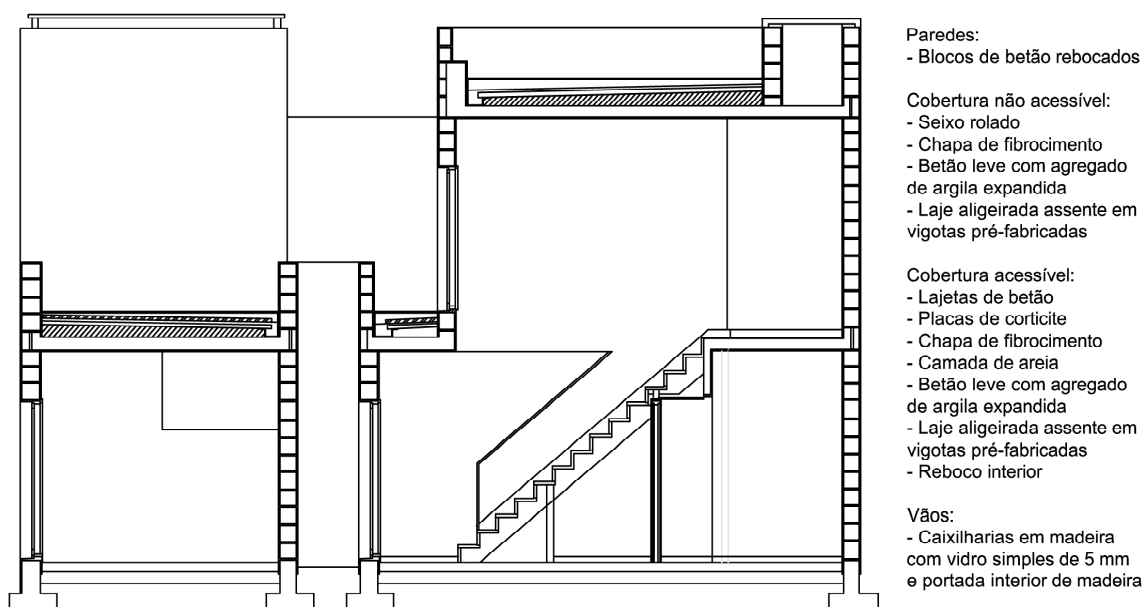


Fig. 15 - Corte construtivo de habitação do Bairro da Malagueira, projecto de 1980 (desenho efectuado a partir de MOLTENI, 1997)

O dimensionamento dos vãos exteriores e a escolha dos materiais para o seu preenchimento tem, em termos globais, uma grande importância no desempenho energético dos edifícios. Na Malagueira, o dimensionamento dos vãos foi um dos temas de discussão entre projectistas e futuros residentes. Se os primeiros, preocupados com as condições de Verão e tendo como referência a arquitectura popular, pretendiam um dimensionamento reduzido e controlado das aberturas, os

futuros residentes pretendiam o aumento das áreas envidraçadas, por se tratar de um tipo de solução adoptada pelas classes sociais mais elevadas. A escolha da própria espessura do vidro foi alvo de controvérsia. A utilização de um vidro de espessura inferior aos 5 mm era corrente nesta época e representava uma solução mais económica, prevalecendo, no entanto, a determinação dos projectistas na utilização de um vidro mais espesso (vidro de 5 mm de espessura).

A escolha da cor branca, que confere unidade ao conjunto da Malagueira, tem como referência o Centro Histórico de Évora, sendo mais um elemento importante na adaptação do bairro e das suas unidades habitacionais ao clima, visto ser uma cor que reflecte bem a radiação solar. Outros elementos, como a escada interior de madeira remetem-nos para soluções encontradas na arquitectura popular. Os pavimentos interiores, excluindo cozinha, lavandaria e as instalações sanitárias, são revestidos com placas de corticite, um material derivado da cortiça. Houve aqui uma preocupação de utilizar um produto da região, já que o Alentejo é um dos maiores produtores mundiais.

3.4 - Eficiência energética, aplicação da metodologia de cálculo RCCTE a um modelo habitacional do Bairro da Malagueira

Aprovado pelo Decreto-Lei nº80/2006, de 4 de Abril, o novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) veio substituir o anterior regulamento de 1990 (D.L. 40/90, de 6 de Fevereiro) e encontra-se integrado num conjunto de medidas legislativas que visam a melhoria do desempenho energético no sector da edificação, em Portugal. Esta revisão vem de encontro à Directiva nº 2002/91/CE, publicada em 4 de Janeiro de 2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, que, entre outros requisitos, impõe aos Estados membros o estabelecimento e actualização periódica de regulamentos para melhorar o comportamento térmico dos edifícios novos e reabilitados. A aplicação deste tipo de regulamento veio, desde o primeiro RCCTE de 1990, promover a melhoria do panorama construtivo em Portugal, introduzindo exigências térmicas e energéticas, a satisfazer pelo projecto dos edifícios, definindo, nomeadamente, requisitos mínimos, ao nível dos elementos que constituem a sua envolvente. Desta forma, a obtenção de condições de conforto térmico no interior poderá deve ser conseguido sem o recurso a consumos excessivos de energia auxiliar.

O novo regulamento veio aumentar o grau de exigência em relação aos elementos da envolvente do edificado e fixar valores limite dos consumos energéticos nominais, contribuindo, pelo menos, para atenuar o aumento que se tem vindo a verificar de energia consumida pelos sistemas de climatização de edifícios. A obrigatoriedade da utilização de painéis solares, para produção de água quente sanitária, é também uma novidade ao nível do RCCTE e que tem como objectivo promover a utilização de energias renováveis, contribuindo para a diminuição da emissão de gases com efeito de estufa e da dependência energética do nosso país.



A revisão do RCCTE em Portugal, vem de encontro à Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro,

A aplicação do novo RCCTE ao Bairro da Malagueira permite a verificação da eficiência energética de um modelo habitacional do bairro e analisar o seu comportamento em seis orientações principais, com fachadas com exposições diferenciadas, identificadas a partir das 3 direcções mais significativas existentes no bairro e que serão neste caso adaptadas aos quatro pontos cardeais e dois colaterais. A cada orientação tipo: norte, sul, este, oeste, nordeste e sudoeste,

corresponde um desdobramento em dois casos, conforme a orientação secundária de cada habitação. As doze situações finais serão assim as seguintes: oeste (sul), oeste (norte), sudoeste (sudeste), sudoeste (noroeste), sul (este), sul (oeste), este (norte), este (sul), nordeste (noroeste), nordeste (sudeste), norte (oeste) e norte(este). A tipologia base escolhida para a verificação do novo regulamento foi a do tipo A, realizada em muito maior número do que a do tipo B (DUARTE, 2001). Foi escolhida a versão com 3 quartos (T3) que é também a mais representativa do bairro. Ao longo do processo construtivo do bairro foram realizadas algumas alterações ao modelo tipo A inicialmente construído, resultando em algumas subcategorias do mesmo. Para efeitos de cálculo e realização das respectivas medições foi utilizada a primeira versão a ser construída e que acabou por ser a mais utilizada.



Fig. 16 - Bairro da Malagueira, direcções identificadas para cálculo RCCTE

-  Direcções identificadas para cálculo RCCTE
-  Modelo tipo A (T3), projecto de 1978 (DUARTE, 2001)

De acordo com o quadro III.1 (pág. 30) do RCCTE, que define a divisão climática do país, a cidade de Évora está situada na zona climática de Inverno I1 e na zona climática de Verão V3, correspondente à zona do país com o Inverno mais ameno e com o Verão mais rigoroso. De facto, o projecto do Bairro da Malagueira teve na situação de Verão as suas principais preocupações, quer ao nível do planeamento urbano como do estudo das tipologias habitacionais. Estas eram também, como vimos, o principal cuidado da arquitectura popular nesta região. Apesar deste cuidado e preocupação evidentes, também ao nível da pormenorização, os fracos recursos económicos não possibilitaram, na altura, a utilização de outro tipo de materiais que permitissem um melhor comportamento térmico do edificado, quer na situação de Verão como de Inverno.

Para efeitos da aplicação da metodologia de cálculo do RCCTE, foram utilizados valores de soluções construtivas semelhantes, no que respeita à envolvente vertical opaca destas habitações, sendo utilizados os valores de coeficiente de transmissão térmica de $1,90 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ e de $1,62 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (Solução A Fig.II.1, Quadro II.1 – ITE 50, págs. II.2, II.3), respectivamente, para elementos opacos verticais em contacto com o exterior e para elementos opacos verticais em contacto com as habitações adjacentes. O enchimento com areia do interior dos blocos das paredes que separam as várias habitações, apesar de melhorar o isolamento acústico, não tem influência relevante no comportamento térmico destes elementos. Com uma condutibilidade térmica de $0,27 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (INCROPERA, *et. al.* 1992), a areia, atinge para uma espessura de 5 cm, uma resistência térmica muito próxima de $0,18 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$, ou seja, muito próxima da resistência térmica de um espaço de ar com a mesma espessura (quadro VII.2 – RCCTE), pelo que o coeficiente de transmissão térmica da parede de alvenaria de blocos de betão não se altera significativamente com o enchimento dos furos dos blocos com areia.

Nas coberturas foram utilizados valores de coeficiente de transmissão térmica de $1,03 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ para coberturas não acessíveis e $0,90 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ para coberturas acessíveis, valores calculados tendo em consideração os materiais que constituem tais elementos e apresentados no capítulo seguinte: Medição das superfícies para cálculo RCCTE e caracterização da envolvente. A utilização de aglomerado de cortiça nas zonas de cobertura acessível não se constitui como uma melhoria significativa em termos de comportamento térmico em relação às áreas onde não foi utilizado este elemento, apesar dos valores de condutibilidade térmica para este tipo de material serem baixos - para aglomerado de cortiça: $0,065 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (quadro I.2 – ITE 50, pág. I.10). Neste caso, a espessura utilizada foi apenas de 6 mm e serve

este material sobretudo como suporte para assentamento das lajetas de betão, constituindo-se a camada de betão com agregado de argila expandida o maior responsável pelo isolamento térmico das coberturas.

Nos vãos envidraçados foram também utilizados valores do coeficiente de transmissão térmica de referência, $3,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (Quadro III.1 – ITE 50, págs. III.3) e que corresponde a uma caixilharia de madeira com vidro simples e dispositivo de oclusão nocturna com baixa permeabilidade ao ar. Apesar de não existirem palas horizontais de sombreamento dos vãos, a presença de sombreamento por elementos verticais torna-se importante na situação de Verão, sobretudo nas orientações mais expostas à radiação solar, melhorando os valores do factor de obstrução destes elementos. É ainda considerado, no Inverno, o factor de sombreamento do horizonte. O factor solar tem um valor de 0.70 (quadro V.4 – RCCTE) para a situação de Inverno, considerada a utilização de uma cortina interior transparente e de 0,471 ($0,87 \times 30\% + 0,3 \times 70\%$) (Tabela IV.4 e Quadro V.4 – RCCTE) para a situação de Verão com a portada interior opaca em madeira activada a 70%. O valor da fracção envidraçada é de 0,65 e corresponde a uma caixilharia de madeira sem quadrícula (Quadro IV.5 - RCCTE). A este tipo de caixilhariás sem classificação quanto à permeabilidade ao ar corresponde, um valor convencional da taxa de renovação horária de ar igual a 0.9 (Quadro IV.1 - RCCTE), valor que deve ser agravado em 0,1, pois a área dos vãos envidraçados é superior a 15% da área útil de pavimento.

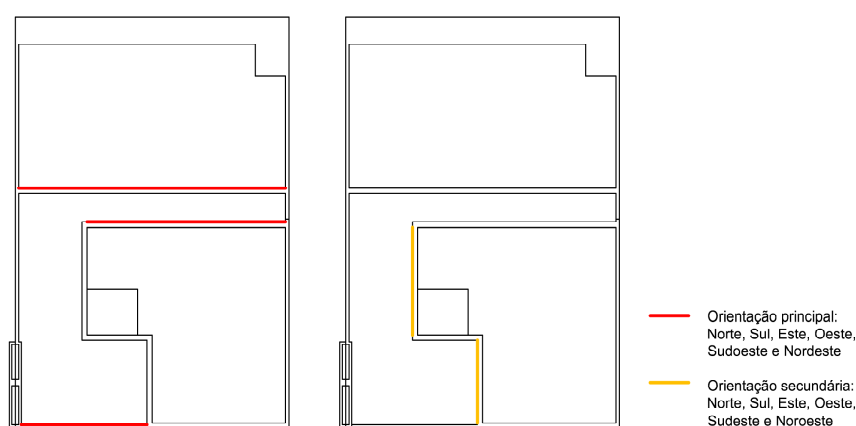


Fig. 17 - Orientação das fachadas, modelo tipo A (T3), projecto de 1978

A adaptação destes módulos habitacionais aos desníveis de terreno originam algumas situações diferenciadas em relação aos coeficientes de transmissão térmica linear de elementos em contacto com o terreno. Neste caso, foram consideradas todas as situações de igual modo ou seja a face superior do

pavimento é sempre considerada superior em relação à cota do terreno. Para a situação de cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária foi utilizado o valor de eficiência de conversão de 0,4 (ponto 3 do anexo VI - RCCTE), já com a penalização de 0,1, correspondente à não utilização de isolamento térmico nas redes de distribuição de água quente. Este valor corresponde a um esquentador a gás, que era o método de aquecimento de água corrente na região em finais do anos 70, início dos anos 80 e que apresenta os valores mais baixos em termos de eficiência.

Bairro da Malagueira, habitação modelo tipo A (T3), projecto de 1978

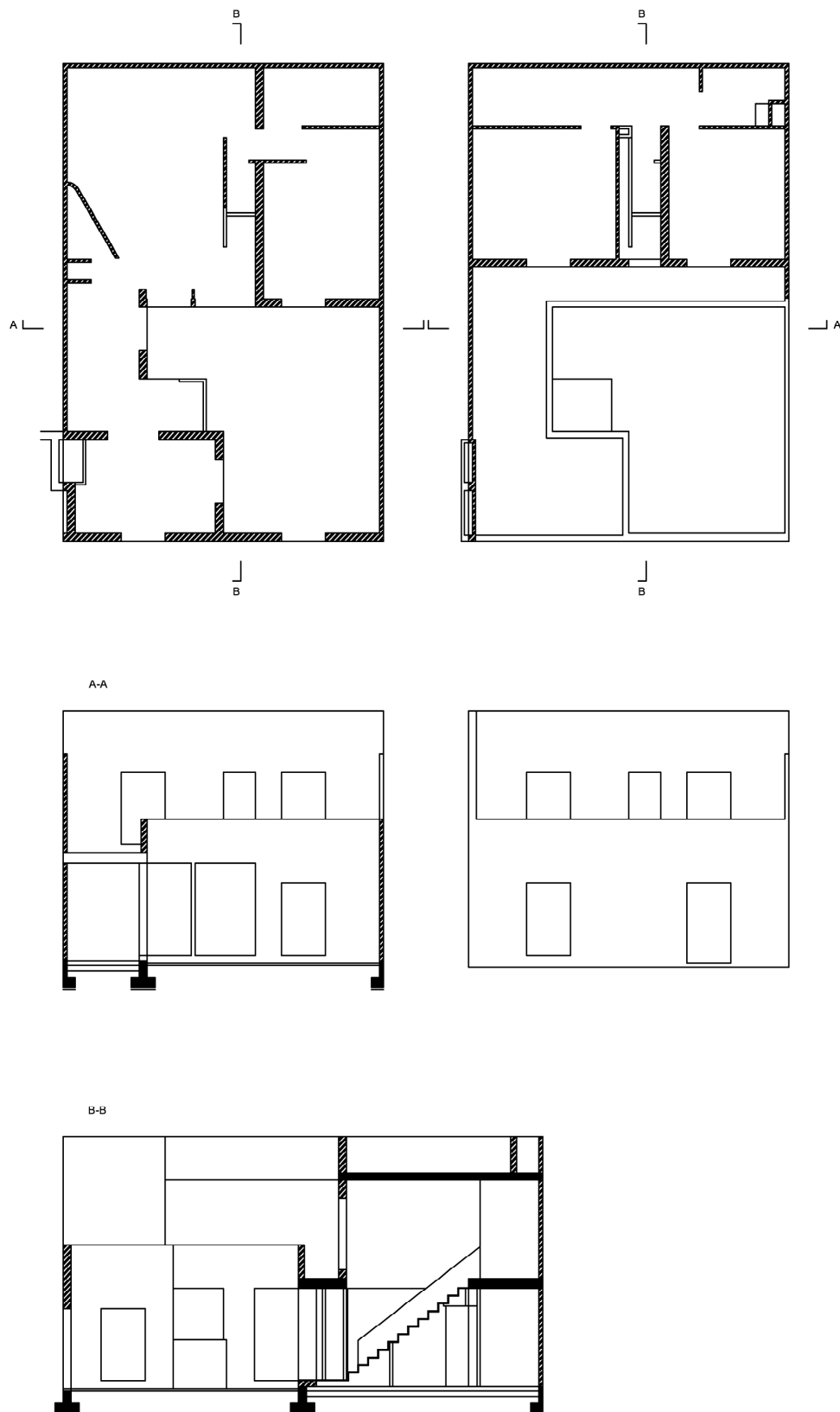


Fig. 18 - Plantas, cortes e alçado, habitação do Bairro da Malagueira. Modelo desenhado a partir de fotocópias dos originais de 1978 para realização de medições e cálculo RCCTE

3.4.1 - Medição das superfícies para cálculo RCCTE e caracterização da envolvente construída

Pé direito médio: 2,47 m

Área útil de pavimento: 92,23 m² (Fig.19)



Fig. 19

Paredes exteriores

Parede exterior: (Fig. 20)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

$$\text{Área} = 21,19 \times 2,47 = 52,34 - 20,03 = 32,31 \text{ m}^2$$

$$\text{Comprimento} = 21,19 \text{ m}$$

$$\text{Pé direito} = 2,47 \text{ m}$$

$$\text{Área vãos} = 20,03 \text{ m}^2$$

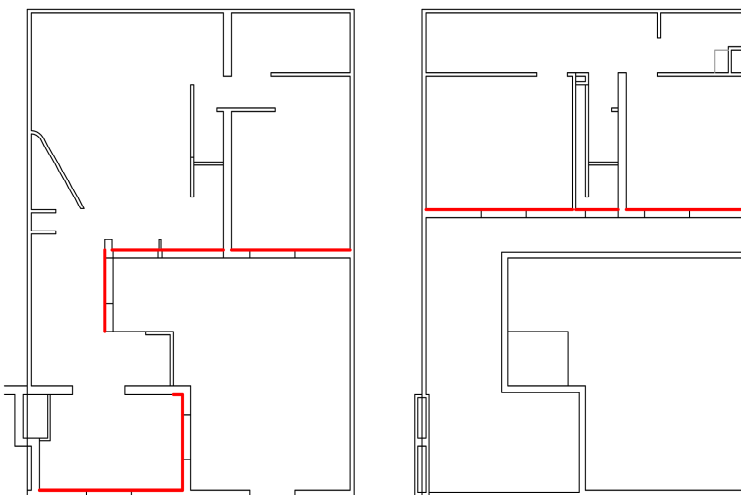


Fig. 20

Coberturas exteriores

Cobertura exterior (não acessível): (Fig. 21)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Área = **31,25 m²**

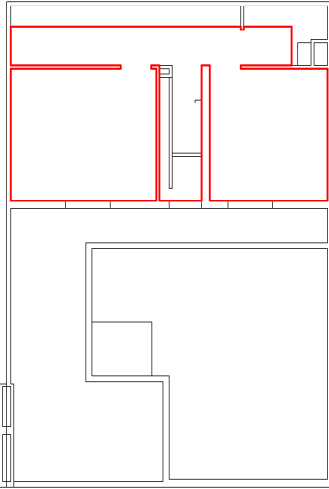


Fig. 21

Constituição da cobertura:

reboco interior, $\lambda = 1,3 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.7 - ITE 50) e espessura igual a 2 cm

laje aligeirada, $R = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$ (quadro I.8, pág. I.15 - ITE 50), altura do pavimento 15 cm, fluxo ascendente

betão leve com agregado de argila expandida, $\lambda = 0,46 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.5 - ITE 50) e espessura igual a 16 cm

chapa de fibrocimento, $\lambda = 0,65 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.7 - ITE 50) e espessura igual a 6 mm

protecção pesada de inertes, $\lambda = 2 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.9 - ITE 50) e espessura igual a 6,5 cm

Resistências térmicas:

$$R = d / \lambda$$

$$R_{\text{reboco}} = 0,02 / 1,3 = 0,015 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{laje}} = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{betão leve}} = 0,16 / 0,46 = 0,35 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{chapa fibrocimento}} = 0,006 / 0,65 = 0,009 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{protecção pesada de inertes}} = 0,065 / 2 = 0,033 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

Coeficiente de transmissão térmica:

$$U = 1 / (R_{se} + \sum R_j + R_{si})$$

$$U = 1 / (0,04 + 0,033 + 0,009 + 0,35 + 0,13 + 0,015 + 0,1)$$

$$U = 1 / 0,677$$

$$U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Cobertura exterior (acessível): (Fig. 22)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Área = **20,48 m²**

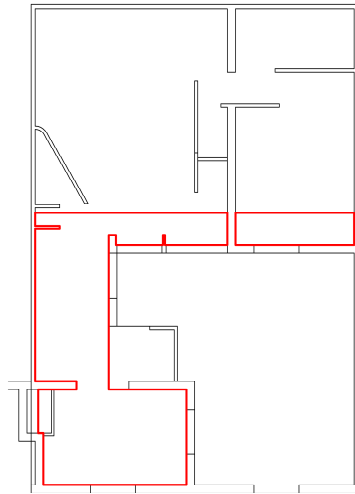


Fig. 22

Constituição da cobertura:

reboco interior, $\lambda = 1,3 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.7 - ITE 50) e espessura igual a 2 cm

laje aligeirada, $R = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$ (quadro I.8, pág. I.15 - ITE 50), altura do pavimento 15 cm, fluxo ascendente

betão leve com agregado de argila expandida, $\lambda = 0,46 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.5 - ITE 50) e espessura igual a 16 cm

areia, $\lambda = 0,27 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (INCROPERA *et. al.* 1992) e espessura igual a 2 cm

chapa de fibrocimento, $\lambda = 0,65 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.7 - ITE 50) e espessura igual a 6 mm

aglomerado de cortiça, $\lambda = 0,065 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.10 - ITE 50) e espessura igual a 5 mm

lajetas de betão, $\lambda = 2 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ (quadro I.2, pág. I.5 - ITE 50) e espessura igual a 4 cm

Resistências térmicas:

$$R = d / \lambda$$

$$R_{\text{reboco}} = 0,02 / 1,3 = 0,015 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{laje}} = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{betão leve}} = 0,16 / 0,46 = 0,35 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{areia}} = 0,02 / 0,27 = 0,074 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{chapa fibrocimento}} = 0,006 / 0,65 = 0,009 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{placas corticite}} = 0,005 / 0,065 = 0,077 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

$$R_{\text{lajetas de betão}} = 0,04 / 2 = 0,02 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

Coeficiente de transmissão térmica:

$$U = 1 / (R_{\text{se}} + \Sigma R_j + R_{\text{si}})$$

$$U = 1 / (0,04 + 0,02 + 0,077 + 0,009 + 0,074 + 0,35 + 0,13 + 0,015 + 0,1)$$

$$U = 1 / 0,815$$

$$U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Paredes e pavimentos em contacto com o solo

Pavimento em contacto com o solo: (Fig. 23)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 2,5 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (tabela IV.2.1, pág. 62 RCCTE)

Perímetro = **13,73 m**

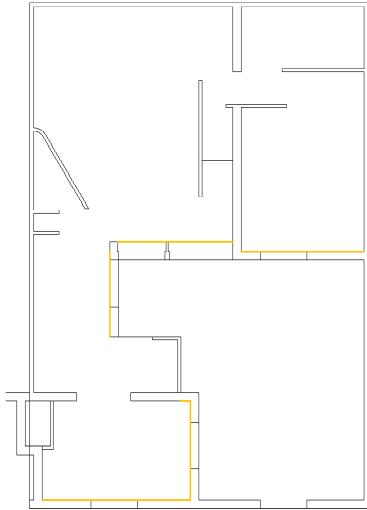


Fig. 23

Pontes térmicas lineares

Fachada com pavimentos térreos: (Fig. 24)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 0,5 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (tabela IV.3, pág. 65 RCCTE, valor convencional)

Comprimento = **13,73 m**

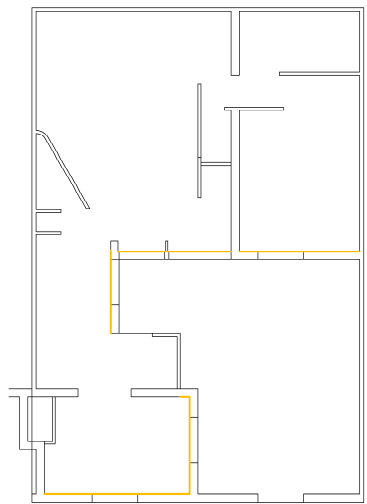


Fig. 24

Fachada com cobertura em terraço: (Fig. 25)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 0,5 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (tabela IV.3, pág. 65 RCCTE, valor convencional)

Comprimento = **24,4 m**

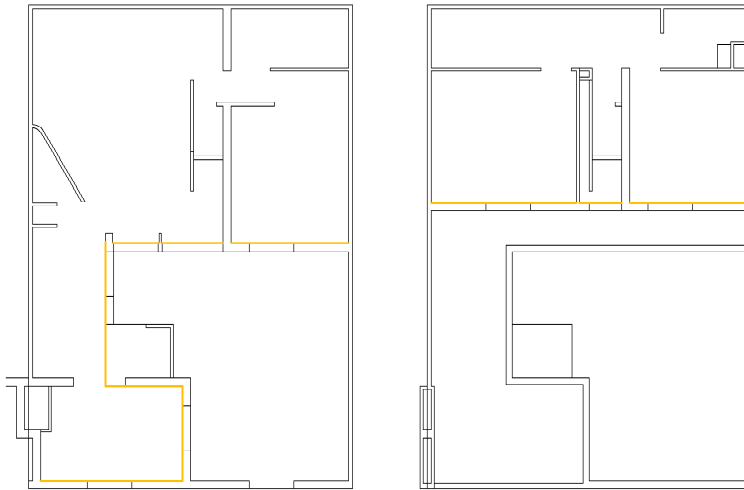


Fig. 25

Fachada com varanda: (Fig. 26)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 0,5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ (tabela IV.3, pág. 65 RCCTE, valor convencional)

Comprimento = **7,53 m**

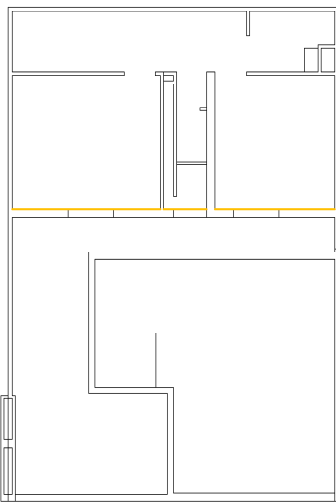


Fig. 26

Duas paredes verticais: (Fig. 27)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 0,5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ (tabela IV.3, pág. 65 RCCTE, valor convencional)

Comprimento = $2,47 \times 3 = 7,41 \text{ m}$

Pé direito = 2,47 m



Fig. 27

Fachada c/ padieria, ombreira ou peitoril: (Fig. 28)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 0,2 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (tabela IV.3, pág. 74 RCCTE)

Comprimento = **55,7 m**



Fig. 28

Paredes em contacto com espaços não úteis ou edifícios adjacentes

Parede interior em contacto com edifícios adjacentes: (Fig. 29)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,62 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs II.2, II.3 – ITE 50)

Área parede em contacto com edifício adjacente = $41,21 \times 2,47 = 101,79 \text{ m}^2$

Comprimento = 41,21 m

Pé direito = 2,47 m

Valor de $\tau = 0,6$ (tabela IV.1, pág. 61 RCCTE)

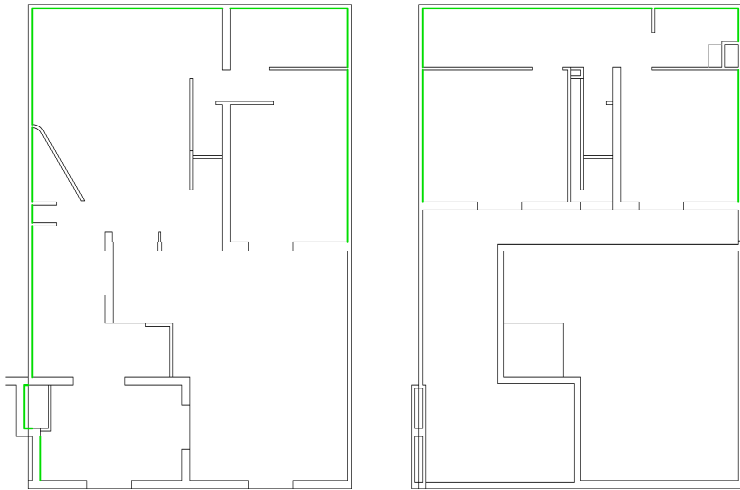


Fig. 29

Parede interior em contacto com lavandaria: Fig. 30

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,62 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1,quadro II.1,págs II.2,II.3 – ITE 50)

Área parede em contacto com lavandaria = $3,13 \times 2,47 = 7,73 - 4,08 = 3,65 \text{ m}^2$

Comprimento = 3,13 m

Pé direito = 2,47 m

Área vão em contacto com lavandaria = $4,08 \text{ m}^2$

Valor de $\tau = 0,8$ (tabela IV.1, pág. 61 RCCTE)

A_i / A_u (área interior em contacto com espaço não útil / área do espaço não útil em contacto com o exterior)

$$A_i = (1,5250 + 1,6) \times 2,47 = 7,72 \text{ m}^2$$

$$A_u = (1,25 + 1,4) \times 2,47 + (1,4 \times 1,25) = 8,3 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 7,72 / 8,3 = 0,93$$

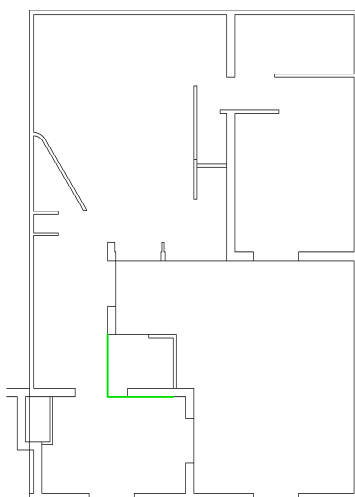


Fig. 30

Vão em contacto com lavandaria: (Fig. 31)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 2,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($\lambda = 0,18 \text{ w/m} \cdot ^\circ\text{c}$) (quadro I.2, pág. I.7 – ITE 50) – material de preenchimento do vão: madeira; espessura: 0.04m

Vão em contacto com lavandaria = $2,015 \times 2,025 = 4,08 \text{ m}^2$

Comprimento = 2,015 m

Altura = 2,025 m

Valor de $\tau = 0,8$ (tabela IV.1, pág. 61 RCCTE)

A_i / A_u (área interior em contacto com espaço não útil / área do espaço não útil em contacto com o exterior)

$$A_i = (1,5250 + 1,6) \times 2,47 = 7,72 \text{ m}^2$$

$$A_u = (1,25 + 1,4) \times 2,47 + (1,4 \times 1,25) = 8,3 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 7,72 / 8,3 = 0,93$$

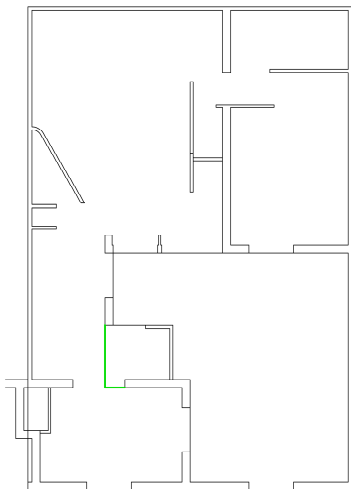


Fig. 31

Parede interior em contacto com conduta de ventilação: (Fig. 32)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 2,30 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Área parede em contacto com conduta de ventilação = $1,23 \times 2,47 = 3,04 \text{ m}^2$

Comprimento = 1,23 m

Pé direito = 2,47 m

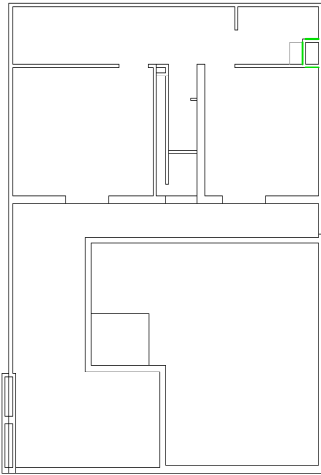


Fig. 32

Constituição da parede:

reboco interior, $\lambda = 1,3 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ (quadro I.2, pág. I.7 - ITE 50)

bloco de betão, $R = 0,16 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$ (quadro I.5, pág. I.12 - ITE 50)

Coeficiente de transmissão térmica:

$$U = 1 / (R_{se} + \sum R_j + R_{si})$$

$$U = 1 / (0,13 + 0,015 + 0,16 + 0,13)$$

$$U = 1 / 0,435$$

$$U = 2,30 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Valor de $\tau = 0,7$ (tabela IV.1, pág. 61 RCCTE)

A_i / A_u (área interior em contacto com espaço não útil / área do espaço não útil em contacto com o exterior)

$$A_i = ((0,33 \times 0,57) \times 2) + (0,33 \times 2,47) \times 2 + (0,57 \times 2,47) = 3,41 \text{ m}^2$$

$$A_u = (0,66 \times 0,57) + (0,57 \times 0,91) + (0,66 \times 0,91) = 1,50 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 3,41 / 1,50 = 2,27$$

Coberturas interiores (tectos sob espaços não úteis)

Cobertura interior sob a conduta: (Fig. 33)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,44 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

Área = $3,75 \text{ m}^2$

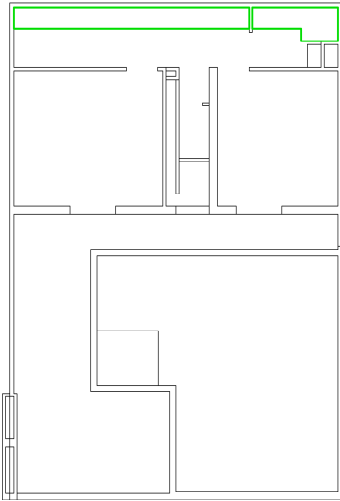


Fig. 33

Constituição da cobertura:

reboco interior, $\lambda = 1,3 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$ (quadro I.2, pág. I.7 - ITE 50)

laje aligeirada, $R = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$ (quadro I.8, pág. I.15 - ITE 50), altura do pavimento 15 cm, fluxo ascendente

betão leve com agregado de argila expandida, $\lambda = 0,46 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$ (quadro I.2, pág. I.5 - ITE 50)

Resistências térmicas:

$$R = d / \lambda$$

$$R_{\text{reboco}} = 0,02 / 1,3 = 0,015 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

$$R_{\text{laje}} = 0,13 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

$$R_{\text{betão celular}} = 0,16 / 0,46 = 0,35 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$$

Coeficiente de transmissão térmica:

$$U = 1 / (R_{\text{si}} + \Sigma R_j + R_{\text{se}})$$

$$U = 1 / (0,1 + 0,35 + 0,13 + 0,015 + 0,1)$$

$$U = 1 / 0,695$$

$$U = 1,44 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Valor de $\tau = 0,8$ (tabela IV.1, pág. 61 RCCTE)

A_i / A_u (área interior em contacto com espaço não útil / área do espaço não útil em contacto com o exterior)

$$A_i = (0,52 \times 5,67) + (2,06 \times 0,52) = 4,02 \text{ m}^2$$

$$A_u = (0,52 \times 7,8) + (0,74 \times 0,3) + (0,91 \times 6,92) = 10,58 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 4,02 / 10,58 = 0,38$$

Envidraçados interiores em contacto com espaços não úteis

Vão horizontal em contacto com conduta de ventilação: (Fig. 34)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 4,88 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($\lambda = 1,00 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$) (quadro I.2, pág. I.10 – ITE 50), espessura 0,005 m)

$$\text{Área} = 0,38 \text{ m}^2$$

Resistências térmicas:

$$R = d / \lambda$$

$$R_{\text{vidro}} = 0,005 / 1,00 = 0,005 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$$

Coeficiente de transmissão térmica:

$$U = 1 / (R_{\text{si}} + \Sigma R_j + R_{\text{se}})$$

$$U = 1 / (0,1 + 0,005 + 0,1)$$

$$U = 1 / 0,205$$

$$U = 4,88 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Valor de $\tau = 0,7$ (tabela IV.1, pág. 61 RCCTE)

A_i / A_u (área interior em contacto com espaço não útil / área do espaço não útil em contacto com o exterior)

$$A_i = ((0,33 \times 0,57) \times 2) + ((0,33 \times 2,47) \times 2) + (0,57 \times 2,47) = 3,41 \text{ m}^2$$

$$A_u = (0,66 \times 0,57) + (0,57 \times 0,91) + (0,66 \times 0,91) = 1,50 \text{ m}^2$$

$$A_i / A_u = 3,41 / 1,50 = 2,27$$

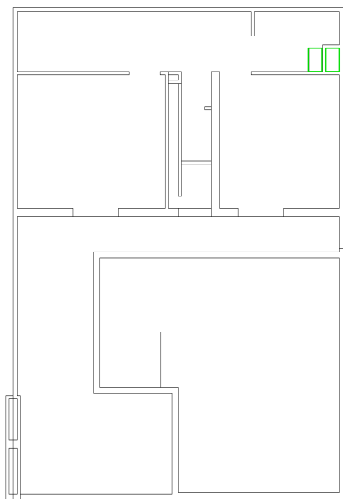


Fig. 34

Pontes térmicas

Pavimento em contacto com o terreno (espaço não útil: lavandaria): (Fig. 35)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 2,5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ (tabela IV.2.1, pág. 62 RCCTE)

Comprimento = **3,13 m**

Valor de $\tau = 0,8$

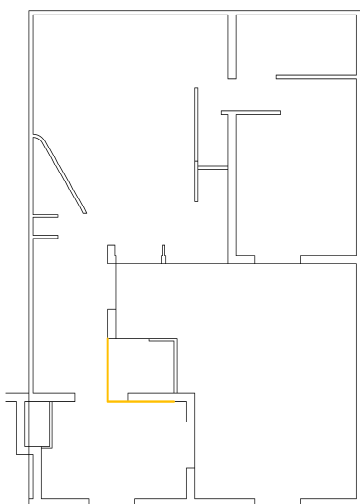


Fig. 35

Fachada com pavimentos térreos (espaço não útil: lavanderia): (Fig.36)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 0,5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ (tabela IV.3, pág. 65 RCCTE, valor convencional)

Comprimento = **1,11 m**

Valor de $\tau = 0,8$

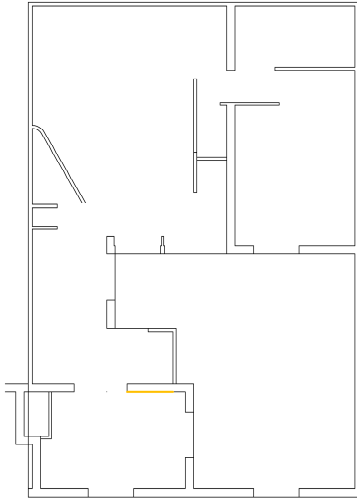


Fig. 36

Ligação de fachada com varanda (espaço não útil: lavanderia): (Fig.37)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 0,5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ (tabela IV.3, pág. 65 RCCTE, valor convencional)

Comprimento = **3,13 m**

Valor de $\tau = 0,8$

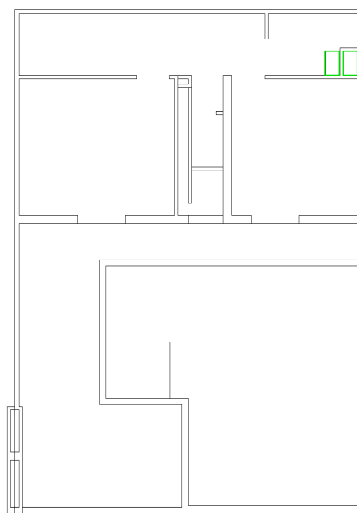


Fig. 37

Ligação de fachada com padieira, ombreira ou peitoril (espaço não útil: lavanderia): (Fig. 38)

Coeficiente de transmissão térmica linear $\Psi = 0,2 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ (tabela IV.3, pág. 74 RCCTE, valor convencional)

Comprimento = **8,08 m**

Perímetro do vão = 8,08 m

Valor de $\tau = 0,8$

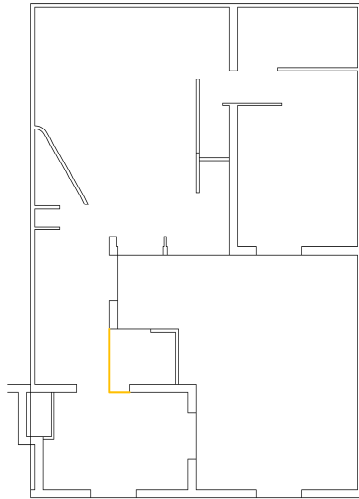


Fig. 38

Vãos envidraçados exteriores

Vãos envidraçados exteriores verticais: (Fig. 39)

Coeficiente de transmissão térmica $U = 3,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (quadro III.1 – ITE 50, pág. III.3) vidro simples, espessura 0,005 m

Área = **20,03 m²**

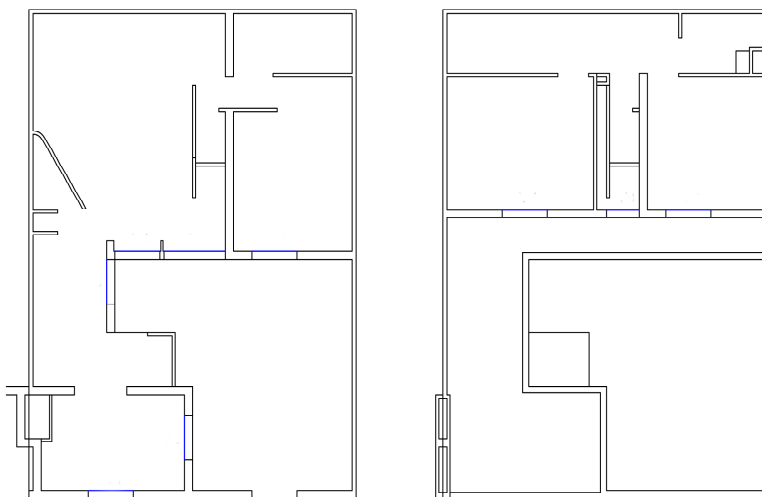


Fig. 39

3.4.2 - Medição dos ângulos para cálculo do factor de obstrução dos vãos envidraçados

Factor de sombreamento pelo horizonte _____

Factor de sombreamento por elementos verticais _____

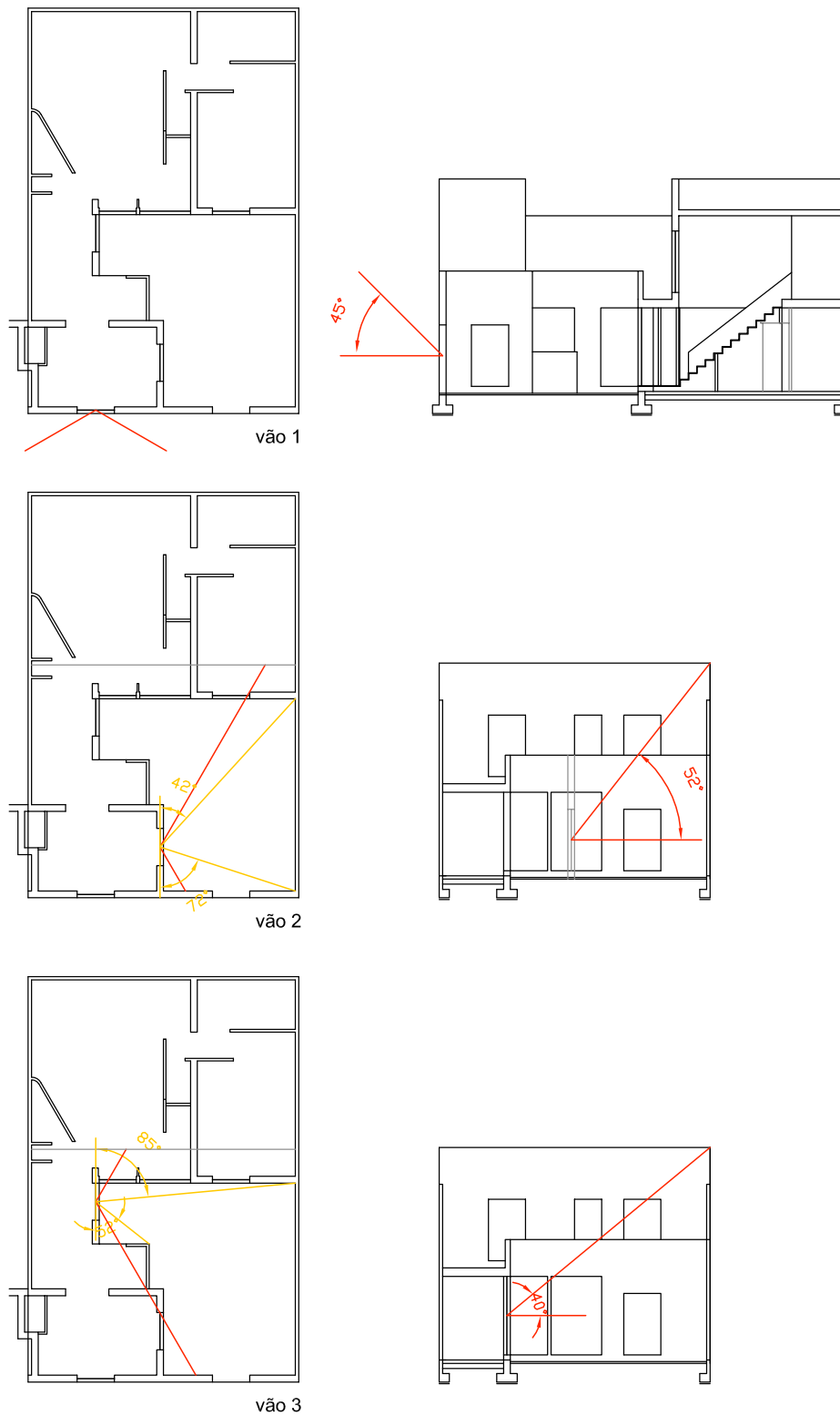
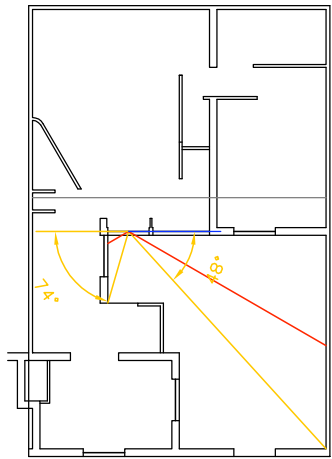


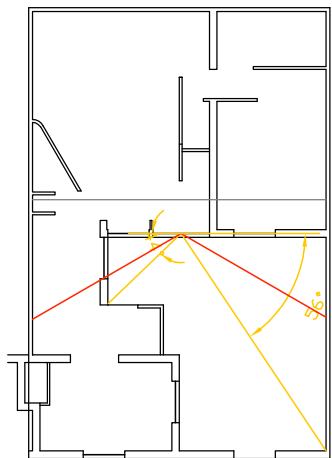
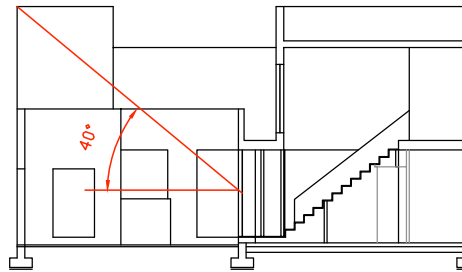
Fig. 40 (a)

Factor de sombreamento pelo horizonte —

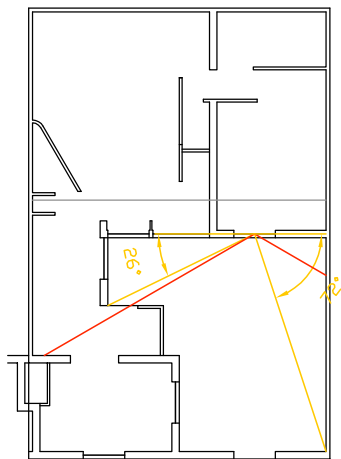
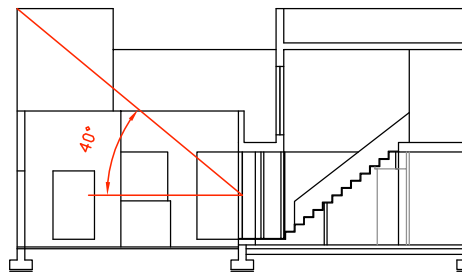
Factor de sombreamento por elementos verticais —



vão 4



vão 5



vão 6

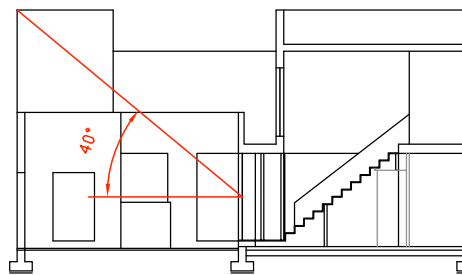
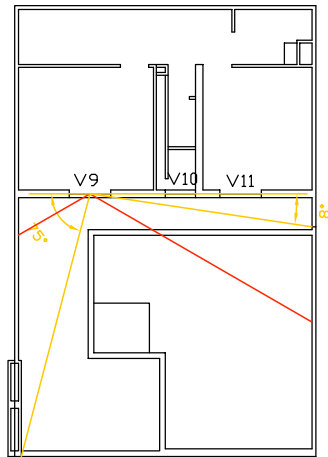


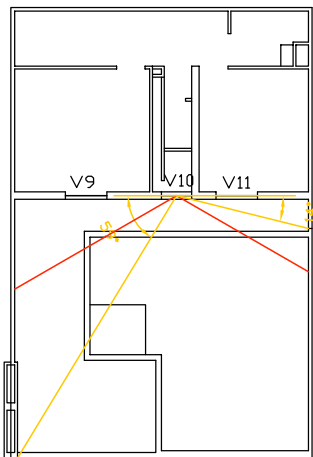
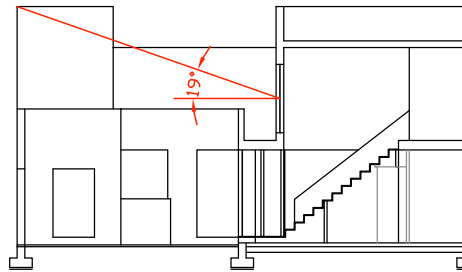
Fig. 40 (b)

Factor de sombreamento pelo horizonte —

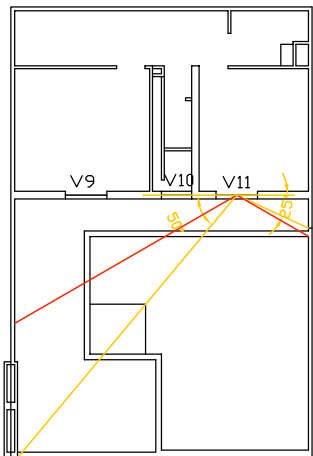
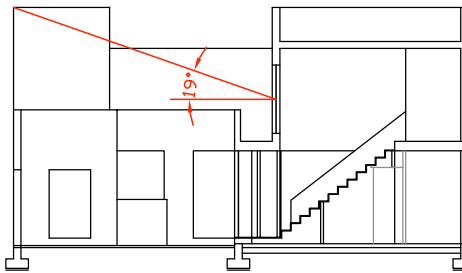
Factor de sombreamento por elementos verticais —



vão 7



vão 8



vão 9

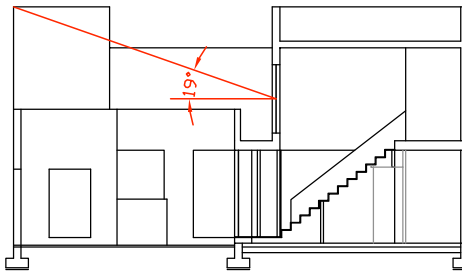


Fig. 40 (c)

3.4.3 - Caracterização da envolvente e cálculo do factor de obstrução, relativo aos ganhos solares por orientação

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: oeste (sul)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_h	F₀	F_f	F_s
V1	oeste	0,58 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,52
V2	sul	0,45 (52 ⁰)	1	0,737 (72 ⁰ dir. 0,83 42 ⁰ esq. 0,888)	0,33
V3	sul	0,50 (40 ⁰)	1	0,708 (52 ⁰ dir. 0,853 85 ⁰ esq. 0,83)	0,35
V4	oeste	0,61 (40 ⁰)	1	0,787 (74 ⁰ dir. 1 48 ⁰ esq. 0,787)	0,48
V5	oeste	0,61 (40 ⁰)	1	0,739 (44 ⁰ dir. 1 56 ⁰ esq. 0,739)	0,45
V6	oeste	0,61 (40 ⁰)	1	0,72 (26 ⁰ dir. 1 72 ⁰ esq. 0,72)	0,44
V7	oeste	0,848 (19 ⁰)	1	0,956 (75 ⁰ dir. 1 8 ⁰ esq. 0,956)	0,81
V8	oeste	0,848 (19 ⁰)	1	0,939 (59 ⁰ dir. 1 14 ⁰ esq. 0,939)	0,80
V9	oeste	0,848 (19 ⁰)	1	0,892 (50 ⁰ dir. 1 25 ⁰ esq. 0,892)	0,76

Tabela 1

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: oeste (sul)

Paredes exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m ²)
Sul	6,19
Este	0,57
Oeste	25,55

Comprimento paredes sul = 4,35 m

Comprimento paredes este = 0,23 m

Comprimento paredes oeste = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados sul = 4,55 m²

Área vãos envidraçados oeste = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar; (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m ²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação oeste (sul)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_f	F_s
V1	oeste	1	1 (0,90)	0,90
V2	sul	1	0,738 (72 ^o dir. 0,84 42 ^o esq. 0,879)	0,74
V3	sul	1	0,714 (52 ^o dir. 0,85 85 ^o esq. 0,84)	0,71
V4	oeste	1	0,842 (74 ^o dir. 0,88 48 ^o esq. 0,957)	0,84
V5	oeste	1	0,888 (44 ^o dir. 0,932 56 ^o esq. 0,953)	0,89
V6	oeste	1	0,909 (26 ^o dir. 0,957 72 ^o esq. 0,95)	0,91
V7	oeste	1	0,870 (75 ^o dir. 0,88 8 ^o esq. 0,989)	0,87
V8	oeste	1	0,865 (59 ^o dir. 0,882 14 ^o esq. 0,981)	0,87
V9	oeste	1	0,698 (50 ^o dir. 0,722 25 ^o esq. 0,967)	0,70

Tabela 2

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,471}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: oeste (norte)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_h	F₀	F_f	F_s
V1	oeste	0,58 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,52
V2	norte	1 (52 ⁰)	1	0,888 (72 ⁰ dir. 1 42 ⁰ esq. 0,888)	0,89
V3	norte	1 (40 ⁰)	1	1 (52 ⁰ dir. 1 85 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V4	oeste	0,61 (40 ⁰)	1	0,787 (74 ⁰ dir. 1 48 ⁰ esq. 0,787)	0,48
V5	oeste	0,61 (40 ⁰)	1	0,739 (44 ⁰ dir. 1 56 ⁰ esq. 0,739)	0,45
V6	oeste	0,61 (40 ⁰)	1	0,72 (26 ⁰ dir. 1 72 ⁰ esq. 0,72)	0,44
V7	oeste	0,848 (19 ⁰)	1	0,956 (75 ⁰ dir.1) 8 ⁰ esq. 0,965)	0,81
V8	oeste	0,848 (19 ⁰)	1	0,939 (59 ⁰ dir. 1) 14 ⁰ esq. 0,939)	0,80
V9	oeste	0,848 (19 ⁰)	1	0,892 (50 ⁰ dir. 1 25 ⁰ esq. 0,892)	0,76

Tabela 3

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: oeste (norte)

Paredes exteriores

Coefficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m^2)
Norte	6,19
Este	0,57
Oeste	25,55

Comprimento paredes norte = 4,35 m

Comprimento paredes este = 0,23 m

Comprimento paredes oeste = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados norte = 4,55 m^2

Área vãos envidraçados oeste = 15,48 m^2

Coefficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores:

Coefficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m^2)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coefficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação oeste (norte)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_f	F_s
V1	oeste	1	1 (0,90)	0,90
V2	norte	1	1 (72 ^o dir. 1) 42 ^o esq. 1) (0,90)	0,90
V3	norte	1	1 (52 ^o dir. 1 85 ^o esq. 1) (0,90)	0,90
V4	oeste	1	0,842 (74 ^o dir. 0,88 48 ^o esq. 0,957)	0,84
V5	oeste	1	0,888 (44 ^o dir. 0,932 56 ^o esq. 0,953)	0,89
V6	oeste	1	0,909 (26 ^o dir. 0,957 72 ^o esq. 0,95)	0,91
V7	oeste	1	0,870 (75 ^o dir. 0,88) 8 ^o esq. 0,989)	0,87
V8	oeste	1	0,865 (59 ^o dir. 0,882) 14 ^o esq. 0,989)	0,87
V9	oeste	1	0,892 (50 ^o dir. 0,722 25 ^o esq. 0,967)	0,89

Tabela 4

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: sudoeste (sudeste)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_h	F_0	F_f	F_s
V1	sudoeste	1 (45°)	1	1 (0,90)	0,90
V2	sudeste	0,48 (52°)	1	0,753 (72° dir. 0,79) 42° esq. 0,953)	0,36
V3	sudeste	0,52 (40°)	1	0,763 (52° dir. 0,838 85° esq. 0,91)	0,40
V4	sudeste	0,52 (40°)	1	0,672 (74° dir. 0,79 48° esq. 0,851)	0,35
V5	sudeste	0,52 (40°)	1	0,765 (44° dir. 0,951 56° esq. 0,804)	0,40
V6	sudeste	0,52 (40°)	1	0,886 (26° dir. 0,974 72° esq. 0,91)	0,46
V7	sudeste	0,886 (19°)	1	0,771 (75° dir. 0,79) 8° esq. 0,976)	0,68
V8	sudeste	0,886 (19°)	1	0,873 (59° dir. 0,912) 14° esq. 0,958)	0,77
V9	sudeste	0,886(19°)	1	0,873 (50° dir. 0,944 25° esq. 0,925)	0,77

Tabela 7

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca
/ Orientação: sudoeste (sudeste)

Paredes exteriores

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m²)
Sudeste	6,19
Nordeste	0,57
Sudoeste	25,55

Comprimento paredes sudeste = 4,35 m

Comprimento paredes nordeste = 0,23 m

Comprimento paredes sudoeste = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados sudeste = 4,55 m²

Área vãos envidraçados sudoeste = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: sudoeste (sudeste)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	sudoeste	1	1 (0,90)	0,90
V2	sudeste	1	0,733 (72 ^o dir. 0,77 42 ^o esq. 0,953)	0,73
V3	sudeste	1	0,769 (52 ^o dir. 0,827 85 ^o esq. 0,93)	0,77
V4	sudoeste	1	0,781 (74 ^o dir. 0,93 48 ^o esq. 0,84)	0,78
V5	sudoeste	1	0,746 (44 ^o dir. 0,951 56 ^o esq. 0,785)	0,75
V6	sudoeste	1	0,743 (26 ^o dir. 0,965 72 ^o esq. 0,77)	0,74
V7	sudoeste	1	0,907 (75 ^o dir. 0,93 8 ^o esq. 0,976)	0,91
V8	sudoeste	1	0,891 (59 ^o dir. 0,931 14 ^o esq. 0,958)	0,89
V9	sudoeste	1	0,873 (50 ^o dir. 0,944 25 ^o esq. 0,925)	0,87

Tabela 8

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: sudoeste (noroeste)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_n	F_o	F_f	F_s
V1	sudoeste	1 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,90
V2	noroeste	0,80 (52 ⁰)	1	0,851 (72 ⁰ dir. 1) 42 ⁰ esq. 0,851)	0,68
V3	noroeste	0,81 (40 ⁰)	1	0,80 (52 ⁰ dir. 1 85 ⁰ esq. 0,80)	0,65
V4	sudoeste	0,52 (40 ⁰)	1	0,774 (74 ⁰ dir. 0,91 48 ⁰ esq. 0,851)	0,40
V5	sudoeste	0,52 (40 ⁰)	1	0,765 (44 ⁰ dir. 0,951 56 ⁰ esq. 0,804)	0,40
V6	sudoeste	0,52 (40 ⁰)	1	0,769 (26 ⁰ dir. 0,974 72 ⁰ esq. 0,79)	0,40
V7	sudoeste	0,886 (19 ⁰)	1	0,884 (75 ⁰ dir. 0,91 8 ⁰ esq. 0,971)	0,78
V8	sudoeste	0,886 (19 ⁰)	1	0,866 (59 ⁰ dir. 0,912) 14 ⁰ esq. 0,949)	0,77
V9	sudoeste	0,886 (19 ⁰)	1	0,873 (50 ⁰ dir. 0,944 25 ⁰ esq. 0,925)	0,77

Tabela 5

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: sudoeste (noroeste)

Paredes exteriores

Coefficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m ²)
Noroeste	6,19
Nordeste	0,57
Sudoeste	25,55

Comprimento paredes noroeste = 4,35 m

Comprimento paredes nordeste = 0,23 m

Comprimento paredes sudoeste = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados noroeste = 4,55 m²

Área vãos envidraçados sudoeste = 15,48 m²

Coefficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores

Coefficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m ²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coefficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: sudoeste (noroeste)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	sudoeste	1	1 (0,90)	0,90
V2	noroeste	1	0,69 (72° dir. 0,69) 42° esq. 1)	0,69
V3	noroeste	1	0,746 (52° dir. 0,746 85° esq. 1)	0,75
V4	sudoeste	1	0,78 (74° dir. 0,93 48° esq. 0,84)	0,78
V5	sudoeste	1	0,746 (44° dir. 0,951 56° esq. 0,785)	0,75
V6	sudoeste	1	0,743 (26° dir. 0,965 72° esq. 0,77)	0,74
V7	sudoeste	1	0,907 (75° dir. 0,93) 8° esq. 0,976)	0,91
V8	sudoeste	1	0,891 (59° dir. 0,931) 14° esq. 0,958)	0,89
V9	sudoeste	1	0,873 (50° dir. 0,944 25° esq. 0,925)	0,87

Tabela 6

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: sul (este)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_n	F_o	F_f	F_s
V1	sul	0,45 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,41
V2	este	0,58 (52 ⁰)	1	0,72 (72 ⁰ dir. 0,72) 42 ⁰ esq. 1)	0,42
V3	este	0,61 (40 ⁰)	1	0,757 (52 ⁰ dir. 0,757) 85 ⁰ esq. 1)	0,46
V4	sul	0,50 (40 ⁰)	1	0,723 (74 ⁰ dir. 0,83) 48 ⁰ esq. 0,872)	0,36
V5	sul	0,50 (40 ⁰)	1	0,743 (44 ⁰ dir. 0,883) 56 ⁰ esq. 0,841)	0,37
V6	sul	0,50 (40 ⁰)	1	0,779 (26 ⁰ dir. 0,939) 72 ⁰ esq. 0,83)	0,39
V7	sul	0,905 (19 ⁰)	1	0,814 (75 ⁰ dir. 0,83) 8 ⁰ esq. 0,981)	0,74
V8	sul	0,905 (19 ⁰)	1	0,805 (59 ⁰ dir. 0,833) 14 ⁰ esq. 0,967)	0,73
V9	sul	0,905 (19 ⁰)	1	0,817 (50 ⁰ dir. 0,867) 25 ⁰ esq. 0,942)	0,74

Tabela 11

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: sul (este)

Paredes exteriores

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m ²)
Este	6,19
Norte	0,57
Sul	25,55

Comprimento paredes este = 4,35 m

Comprimento paredes norte = 0,23 m

Comprimento paredes sul = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados este = 4,55 m²

Área vãos envidraçados sul = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m ²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: sul (este)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_f	F_s
V1	sul	1	1 (0,90)	0,90
V2	este	1	0,888 (72 ⁰ dir. 0,95) 42 ⁰ esq. 0,935)	0,89
V3	este	1	0,842 (52 ⁰ dir. 0,957 85 ⁰ esq. 0,88)	0,84
V4	sul	1	0,723 (74 ⁰ dir. 0,84 48 ⁰ esq. 0,861)	0,72
V5	sul	1	0,742 (44 ⁰ dir. 0,873 56 ⁰ esq. 0,851)	0,74
V6	sul	1	0,774 (26 ⁰ dir. 0,922 72 ⁰ esq. 0,84)	0,77
V7	sul	1	0,819 (75 ⁰ dir. 0,84) 8 ⁰ esq. 0,976)	0,82
V8	sul	1	0,808 (59 ⁰ dir. 0,843) 14 ⁰ esq. 0,958)	0,81
V9	sul	1	0,792 (50 ⁰ dir. 0,856 25 ⁰ esq. 0,925)	0,79

Tabela 12

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade de radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: sul (oeste)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_n	F₀	F_f	F_s
V1	sul	0,45 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,41
V2	oeste	0,58 (52 ⁰)	1	0,813 (72 ⁰ dir. 1 42 ⁰ esq. 0,813)	0,47
V3	oeste	0,61 (40 ⁰)	1	0,72 (52 ⁰ dir. 1 85 ⁰ esq. 0,72)	0,44
V4	sul	0,50 (40 ⁰)	1	0,723 (74 ⁰ dir. 0,83 48 ⁰ esq. 0,872)	0,36
V5	sul	0,50 (40 ⁰)	1	0,743 (44 ⁰ dir. 0,883 56 ⁰ esq. 0,841)	0,37
V6	sul	0,50 (40 ⁰)	1	0,779 (26 ⁰ dir. 0,939 72 ⁰ esq. 0,83)	0,39
V7	sul	0,905 (19 ⁰)	1	0,814 (75 ⁰ dir. 0,83 8 ⁰ esq. 0,981)	0,74
V8	sul	0,905 (19 ⁰)	1	0,805 (59 ⁰ dir. 0,833 14 ⁰ esq. 0,967)	0,73
V9	sul	0,905 (19 ⁰)	1	0,817 (50 ⁰ dir. 0,867 25 ⁰ esq. 0,942)	0,74

Tabela 9

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: sul (oeste)

Paredes exteriores

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m ²)
Oeste	6,19
Norte	0,57
Sul	25,55

Comprimento paredes oeste = 4,35 m

Comprimento paredes norte = 0,23 m

Comprimento paredes sul = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados oeste = 4,55 m²

Área vãos envidraçados sul = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m ²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: sul (oeste)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	sul	1	1 (0,90)	0,90
V2	oeste	1	0,847 (72 ⁰ dir. 0,88) 42 ⁰ esq. 0,963)	0,85
V3	oeste	1	0,873 (52 ⁰ dir. 0,919 85 ⁰ esq. 0,95)	0,87
V4	sul	1	0,723 (74 ⁰ dir. 0,84 48 ⁰ esq. 0,861)	0,72
V5	sul	1	0,742 (44 ⁰ dir. 0,873 56 ⁰ esq. 0,851)	0,74
V6	sul	1	0,774 (26 ⁰ dir. 0,922 72 ⁰ esq. 0,84)	0,77
V7	sul	1	0,819 (75 ⁰ dir. 0,84 8 ⁰ esq. 0,976)	0,82
V8	sul	1	0,807 (59 ⁰ dir. 0,843) 14 ⁰ esq. 0,958)	0,81
V9	sul	1	0,792 (50 ⁰ dir. 0,856 25 ⁰ esq. 0,925)	0,79

Tabela 10

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: este (norte)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_n	F_o	F_f	F_s
V1	este	0,58 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,52
V2	norte	1 (52 ⁰)	1	1 (72 ⁰ dir. 1 42 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V3	norte	1 (40 ⁰)	1	1 (52 ⁰ dir. 1 85 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V4	este	0,61 (40 ⁰)	1	0,655 (74 ⁰ dir. 0,655 48 ⁰ esq. 1)	0,40
V5	este	0,61 (40 ⁰)	1	0,804 (44 ⁰ dir. 0,804 56 ⁰ esq. 1)	0,49
V6	este	0,61 (40 ⁰)	1	0,887 (26 ⁰ dir. 0,887 72 ⁰ esq. 1)	0,54
V7	este	0,848 (19 ⁰)	1	0,72 (75 ⁰ dir. 0,72) 8 ⁰ esq. 1)	0,61
V8	este	0,848 (19 ⁰)	1	0,725 (59 ⁰ dir. 0,725) 14 ⁰ esq. 1)	0,61
V9	este	0,848 (19 ⁰)	1	0,788 (50 ⁰ dir. 0,788 25 ⁰ esq. 1)	0,66

Tabela 13

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: este (norte)

Paredes exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m ²)
Norte	6,19
Oeste	0,57
Este	25,55

Comprimento paredes norte = 4,35 m

Comprimento paredes oeste = 0,23 m

Comprimento paredes este = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados norte = 4,55 m²

Área vãos envidraçados este = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m ²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: este (norte)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	este	1	1 (0,90)	0,90
V2	norte	1	1 (72 ⁰ dir. 1 42 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V3	norte	1	1 (52 ⁰ dir. 1 85 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V4	este	1	0,878 (74 ⁰ dir. 0,95 48 ⁰ esq. 0,925)	0,88
V5	este	1	0,853(44 ⁰ dir. 0,961 56 ⁰ esq. 0,888)	0,85
V6	este	1	0,849 (26 ⁰ dir. 0,965 72 ⁰ esq. 0,88)	0,85
V7	este	1	0,937 (75 ⁰ dir.0,95 8 ⁰ esq. 0,987)	0,94
V8	este	1	0,929 (59 ⁰ dir. 0,951) 14 ⁰ esq. 0,977)	0,93
V9	este	1	0,956 (50 ⁰ dir.0,956 25 ⁰ esq. 0,958)	0,92

Tabela 14

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: este (sul)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_n	F_o	F_f	F_s
V1	este	1 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,90
V2	sul	0,45 (52 ⁰)	1	0,737 (72 ⁰ dir. 0,83 42 ⁰ esq. 0,888)	0,33
V3	sul	0,50 (40 ⁰)	1	0,714 (52 ⁰ dir. 0,861 85 ⁰ esq. 0,83)	0,36
V4	este	0,61 (40 ⁰)	1	0,72 (74 ⁰ dir. 0,72 48 ⁰ esq. 1)	0,44
V5	este	0,61 (40 ⁰)	1	0,804 (44 ⁰ dir. 0,804 56 ⁰ esq. 1)	0,49
V6	este	0,61 (40 ⁰)	1	0,887 (26 ⁰ dir. 0,887 72 ⁰ esq. 1)	0,54
V7	este	0,848 (19 ⁰)	1	0,72 (75 ⁰ dir. 0,72 8 ⁰ esq. 1)	0,61
V8	este	0,848 (19 ⁰)	1	0,725 (59 ⁰ dir. 0,725 14 ⁰ esq. 1)	0,61
V9	este	0,848 (19 ⁰)	1	0,778 (50 ⁰ dir. 0,778 25 ⁰ esq. 1)	0,66

Tabela 15

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: este (sul)

Paredes exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m²)
Sul	6,19
Oeste	0,57
Este	25,55

Comprimento paredes sul = 4,35 m

Comprimento paredes oeste = 0,23 m

Comprimento paredes este = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados sul = 4,55 m²

Área vãos envidraçados este = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: este (sul)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	este	1	1 (0,90)	0,90
V2	sul	1	0,738 (72 ⁰ dir. 0,84) 42 ⁰ esq. 0,879)	0,74
V3	sul	1	0,714 (52 ⁰ dir. 0,85 85 ⁰ esq. 0,84)	0,71
V4	este	1	0,878 (74 ⁰ dir. 0,95 48 ⁰ esq. 0,925)	0,88
V5	este	1	0,853 (44 ⁰ dir. 0,961 56 ⁰ esq. 0,888)	0,85
V6	este	1	0,849 (26 ⁰ dir. 0,965 72 ⁰ esq. 0,88)	0,85
V7	este	1	0,937 (75 ⁰ dir.0,95) 8 ⁰ esq. 0,987)	0,94
V8	este	1	0,929 (59 ⁰ dir. 0,951) 14 ⁰ esq. 0,977)	0,93
V9	este	1	0,916(50 ⁰ dir.0,956 25 ⁰ esq. 0,958)	0,92

Tabela 16

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: nordeste (noroeste)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_n	F_o	F_f	F_s
V1	nordeste	1 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,90
V2	noroeste	0,80 (52 ⁰)	1	1 (72 ⁰ dir. 1 42 ⁰ esq. 0,851)	0,68
V3	noroeste	0,81 (40 ⁰)	1	0,80 (52 ⁰ dir. 1 85 ⁰ esq. 0,80)	0,65
V4	nordeste	0,81 (40 ⁰)	1	0,80 (74 ⁰ dir. 0,80 48 ⁰ esq. 1)	0,65
V5	nordeste	0,81 (40 ⁰)	1	0,844 (44 ⁰ dir. 0,844 56 ⁰ esq. 1)	0,68
V6	nordeste	0,81 (40 ⁰)	1	0,905 (26 ⁰ dir. 0,905 72 ⁰ esq. 1)	0,73
V7	nordeste	0,962 (19 ⁰)	1	0,80 (75 ⁰ dir. 0,80 8 ⁰ esq. 1)	0,77
V8	nordeste	0,962 (19 ⁰)	1	0,80 (59 ⁰ dir. 0,80) 14 ⁰ esq. 1)	0,77
V9	nordeste	0,962(19 ⁰)	1	0,822 (50 ⁰ dir. 0,822 25 ⁰ esq. 1)	0,79

Tabela 19

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca
/ Orientação: nordeste (noroeste)

Paredes exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m²)
Noroeste	6,19
Sudeste	0,57
Nordeste	25,55

Comprimento paredes noroeste = 4,35 m

Comprimento paredes sudeste = 0,23 m

Comprimento paredes nordeste = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados noroeste = 4,55 m²

Área vãos envidraçados nordeste = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 RCCTE) cor clara, branco

Intensidade de radiação solar (quadro III.9 pág. 37 RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 RCCTE) cor clara

Intensidade de radiação solar: (quadro III.9 pág. 37 RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: nordeste (noroeste)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	nordeste	1	1 (0,90)	0,90
V2	noroeste	1	0,69 (72 ^o dir. 0,69 42 ^o esq. 1)	0,69
V3	nordeste	1	0,746 (52 ^o dir. 0,746 85 ^o esq. 1)	0,75
V4	nordeste	1	0,765 (74 ^o dir. 1 48 ^o esq. 0,765)	0,77
V5	nordeste	1	0,711 (44 ^o dir. 1 56 ^o esq. 0,711)	0,71
V6	nordeste	1	0,69 (26 ^o dir. 1 72 ^o esq. 0.69)	0,69
V7	nordeste	1	0,963 (75 ^o dir.1 8 ^o esq. 0.963)	0,96
V8	nordeste	1	0,935 (59 ^o dir. 1) 14 ^o esq. 0.935)	0,94
V9	nordeste	1	1 (50 ^o dir.1 25 ^o esq. 0,883)	0,88

Tabela 20

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: nordeste (sudeste)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_h	F₀	F_f	F_s
V1	nordeste	1 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,90
V2	sudeste	0,48 (52 ⁰)	1	0,752 (72 ⁰ dir. 0,79 42 ⁰ esq. 0,953)	0,36
V3	sudeste	0,52 (40 ⁰)	1	0,762 (52 ⁰ dir. 0,838 85 ⁰ esq. 0,91)	0,40
V4	nordeste	0,81 (40 ⁰)	1	0,80 (74 ⁰ dir. 0,80 48 ⁰ esq. 1)	0,65
V5	nordeste	0,81 (40 ⁰)	1	0,844 (44 ⁰ dir. 0,844 56 ⁰ esq. 1)	0,68
V6	nordeste	0,81 (40 ⁰)	1	0,905 (26 ⁰ dir. 0,905 72 ⁰ esq. 1)	0,73
V7	nordeste	0,962 (19 ⁰)	1	0,80 (75 ⁰ dir. 0,80) 8 ⁰ esq. 1)	0,77
V8	nordeste	0,962 (19 ⁰)	1	0,803 (59 ⁰ dir. 0,803) 14 ⁰ esq. 1)	0,77
V9	nordeste	0,886 (19 ⁰)	1	0,822 (50 ⁰ dir. 0,822 25 ⁰ esq. 0,925)	0,79

Tabela 17

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

**Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca
/ Orientação: nordeste (sudeste)**

Paredes exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m²)
Sudeste	6,19
Sudoeste	0,57
Nordeste	25,55

Comprimento paredes sudeste = 4,35 m

Comprimento paredes sudoeste = 0,23 m

Comprimento paredes nordeste = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados sudeste = 4,55 m²

Área vãos envidraçados nordeste = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 RCCTE) cor clara, branco

Intensidade de radiação solar; (quadro III.9 pág. 37 RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 RCCTE) cor clara

Intensidade de radiação solar: (quadro III.9 pág. 37 RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: nordeste (sudeste)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	nordeste	1	1 (0,90)	0,90
V2	sudeste	1	0,733 (72 ⁰ dir. 0,77 42 ⁰ esq. 0,953)	0,73
V3	sudeste	1	0,769 (52 ⁰ dir. 0,827 85 ⁰ esq. 0,93)	0,77
V4	nordeste	1	0,765 (74 ⁰ dir. 1 48 ⁰ esq. 0,765)	0,77
V5	nordeste	1	0,711 (44 ⁰ dir. 1 56 ⁰ esq. 0,711)	0,71
V6	nordeste	1	0,69 (26 ⁰ dir. 1 72 ⁰ esq. 0,69)	0,69
V7	nordeste	1	0,963 (75 ⁰ dir.1 8 ⁰ esq. 0,963)	0,96
V8	nordeste	1	0,935 (59 ⁰ dir. 1) 8 ⁰ esq. 0,935)	0,93
V9	nordeste	1	0,883 (50 ⁰ dir.1 25 ⁰ esq. 0,883)	0,88

Tabela 18

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) /Orientação: norte (oeste)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_h	F_o	F_f	F_s
V1	norte	1 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,90
V2	oeste	0,58 (52 ⁰)	1	0,813 (72 ⁰ dir. 1 42 ⁰ esq. 0,813)	0,47
V3	oeste	0,61 (40 ⁰)	1	0,72 (52 ⁰ dir. 1 85 ⁰ esq. 0,72)	0,44
V4	norte	1 (40 ⁰)	1	1 (74 ⁰ dir. 1 48 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V5	norte	1 (40 ⁰)	1	1 (44 ⁰ dir. 1 56 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V6	norte	1 (40 ⁰)	1	1 (26 ⁰ dir. 1 72 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V7	norte	1 (19 ⁰)	1	1 (75 ⁰ dir. 1 8 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V8	norte	1 (19 ⁰)	1	1 (59 ⁰ dir. 1 14 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V9	norte	1 (19 ⁰)	1	1 (50 ⁰ dir. 1 25 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90

Tabela 21

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: norte (oeste)

Paredes exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m ²)
Oeste	6,19
Sul	0,57
Norte	25,55

Comprimento paredes oeste = 4,35 m

Comprimento paredes sul = 0,23 m

Comprimento paredes norte = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados oeste = 4,55 m²

Área vãos envidraçados norte = 15,48 m²

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores:

Coeficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m ²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coeficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: norte (oeste)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	norte	1	1 (0,90)	0,90
V2	oeste	1	0,847 (72 ^o dir. 0.88) 42 ^o esq. 0.963)	0,85
V3	oeste	1	0,851 (52 ^o dir. 0,896 85 ^o esq. 0.95)	0,85
V4	norte	1	1 (74 ^o dir. 1 48 ^o esq. 1) (0,90)	0,90
V5	norte	1	1 (44 ^o dir. 1 56 ^o esq. 1) (0,90)	0,90
V6	norte	1	1 (26 ^o dir. 1 72 ^o esq. 1) (0,90)	0,90
V7	norte	1	1 (75 ^o dir. 1 8 ^o esq. 1) (0,90)	0,90
V8	norte	1	1 (59 ^o dir. 1 14 ^o esq. 1) (0,90)	0,90
V9	norte	1	1 (50 ^o dir. 1 25 ^o esq. 1) (0,90)	0,90

Tabela 22

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Inverno) / Orientação: norte (este)

Factor de obstrução					
(tabelas IV.5, IV.6 IV.7, págs. 77, 78, 79 – RCCTE)					
Vão	Orientação	F_h	F_o	F_f	F_s
V1	norte	1 (45 ⁰)	1	1 (0,90)	0,90
V2	este	0.58 (52 ⁰)	1	0,72 (72 ⁰ dir. 0,72 42 ⁰ esq. 1)	0,42
V3	este	0.61 (40 ⁰)	1	0,757 (52 ⁰ dir. 0,757 85 ⁰ esq. 1)	0,46
V4	norte	1 (40 ⁰)	1	1 (74 ⁰ dir. 1 48 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V5	norte	1 (40 ⁰)	1	1 (44 ⁰ dir. 1 56 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V6	norte	1 (40 ⁰)	1	1 (26 ⁰ dir. 1 72 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V7	norte	1 (19 ⁰)	1	1 (75 ⁰ dir. 1 8 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V8	norte	1 (19 ⁰)	1	1 (59 ⁰ dir. 1 14 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90
V9	norte	1 (19 ⁰)	1	1 (50 ⁰ dir. 1 25 ⁰ esq. 1) (0,90)	0,90

Tabela 23

Tipo de vidro simples

Factor de orientação (quadro IV.4, pág. 49 – RCCTE)

Factor solar do vidro: 0,70 (quadro V.4, pág. 85 – RCCTE) sector residencial a considerar cortinas interiores muito transparentes de cor clara

Fracção envidraçada: 0,65 (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade angular: 0,90

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pela envolvente opaca /

Orientação: norte (este)

Paredes exteriores:

Coefficiente de transmissão térmica $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (solução A – fig. II.1, quadro II.1, págs. II.2, II.3 – ITE 50)

Orientação	Área (m ²)
Este	6,19
Sul	0,57
Norte	25,55

Comprimento paredes este = 4,35 m

Comprimento paredes sul = 0,23 m

Comprimento paredes norte = 16,61 m

Pé direito = 2,47 m

Área vãos envidraçados este = 4,55 m²

Área vãos envidraçados norte = 15,48 m²

Coefficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara, branco

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Coberturas exteriores:

Coefficiente de transmissão térmica $U = 1,48 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura não acessível) $U = 1,23 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (cobertura acessível)

Horizontal	Área (m ²)
Cobertura acessível	20,48
Cobertura não acessível	31,25

Coefficiente de absorção: 0,4 (quadro V.5 pág. 87 - RCCTE) cor clara

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

Elementos de cálculo relativos aos ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (Verão) / Orientação: norte (este)

Factor de obstrução				
(quadros V.1, V.2, págs. 83, 84 – RCCTE)				
Vão	Orientação	F₀	F_r	F_s
V1	norte	1	1 (0,90)	0,90
V2	este	1	0,879 (72° dir. 0,95) 42° esq. 0,935)	0,89
V3	este	1	0,842 (52° dir. 0,957 85° esq. 0,88)	0,84
V4	norte	1	1 (74° dir. 1 48° esq. 1) (0,90)	0,90
V5	norte	1	1 (44° dir. 1 56° esq. 1) (0,90)	0,90
V6	norte	1	1 (26° dir. 1 72° esq. 1) (0,90)	0,90
V7	norte	1	1 (75° dir. 1 8° esq. 1) (0,90)	0,90
V8	norte	1	1 (59° dir. 1 14° esq. 1) (0,90)	0,90
V9	norte	1	1 (50° dir. 1 25° esq. 1) (0,90)	0,90

Tabela 24

Factor solar do vão envidraçado: $(30\% \times 0,87) + (70\% \times 0,3) = \mathbf{0,47}$ (tabela IV.4, quadro V.4, págs. 74, 85 – RCCTE)

Fracção envidraçada: **0,65** (quadro IV.5, pág. 52 – RCCTE) janelas de madeira sem quadrícula

Factor de selectividade do vidro (quadro V.3, pág. 85 – RCCTE)

Intensidade da radiação solar (quadro III.9 pág. 37 - RCCTE) zona V₃ Sul

4. Análise de resultados e medidas de melhoria da eficiência energética

4.1 - Análise de resultados

Após a aplicação da metodologia de cálculo do RCCTE ao Bairro da Malagueira, habitação modelo tipo A (T3), projecto de 1978, tendo como objectivo quantificar os indicadores de cumprimento dos requisitos energéticos e determinar a classificação quanto à eficiência energética, foi possível verificar o não cumprimento dos limites estipulados para as necessidades nominais globais de energia primária para todas as orientações analisadas. Esta situação deve-se, sobretudo, ao não cumprimento do valor limite para as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e à baixa eficiência do sistema para produção de águas quentes sanitárias utilizado para realização deste estudo, que corresponde a um esquentador a gás - sistema de utilização corrente nesta região em finais dos anos 70, início dos anos 80. Também os elementos da envolvente construída opaca, apresentam valores para os coeficientes de transmissão térmica não regulamentares, ou muito próximos dos valores máximos previstos pelo RCCTE para estes elementos. O valor das necessidades máximas de arrefecimento é no entanto cumprido em todas as orientações analisadas, apesar de em algumas orientações se encontrar muito próximo dos limites estabelecidos.

	$U_{\text{existente}} \text{ (W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$	$U_{\text{máx.}} \text{ (W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$
paredes exteriores	1,90	1,80
coberturas exteriores	1,23/1,48	1,25
paredes interiores, em contacto com espaços não aquecidos	1,62	2,00
coberturas interiores, em contacto com espaços não aquecidos	1,68	1,65

Tabela 25 – Coeficientes de transmissão térmica

A partir dos resultados obtidos é possível verificar uma uniformidade nos valores para as necessidades nominais globais de energia primária em todas as orientações analisadas para o modelo habitacional da Malagueira. As diferenças de comportamento térmico que, à partida, seriam de esperar, tendo em conta a repetição de um mesmo modelo habitacional segundo várias orientações, são assim atenuadas após a aplicação e verificação deste regulamento.

Ainda assim, é possível verificar na situação de Inverno uma ligeira melhoria no comportamento térmico das habitações orientadas a sul e sudoeste devido a um aumento dos ganhos solares em relação às restantes orientações. A não existência de vãos envidraçados de grandes dimensões que permitam elevar estes valores, faz com que sejam as perdas térmicas, através dos elementos da envolvente construída, os responsáveis pela uniformização destes resultados.

Na situação de Verão as diferenças verificadas quanto aos ganhos solares pelos elementos verticais, quer pela envolvente opaca quer pelos vãos envidraçados, tem mais uma vez uma influência reduzida na variação dos resultados, quanto às necessidades energéticas para arrefecimento. As orientações norte e nordeste, são as que apresentam os valores mais baixos, enquanto as orientações sudoeste, este e oeste apresentam os valores mais elevados, obtendo-se para sul os valores médios nas necessidade de arrefecimento. Podem ainda verificar-se ligeiras variações conforme a orientação secundária de cada habitação Todas as habitações que partilhem a mesma orientação principal, oeste, sudeste, este ou nordeste, têm um comportamento térmico ligeiramente melhor, na situação de Verão, desde que a orientação secundária seja norte ou noroeste: oeste (norte), sudoeste (noroeste), este (norte) e nordeste (noroeste).

Necessidades nominais de aquecimento por orientação:

	Necessidades nominais de aquecimento máximas, Ni (kWh/m².ano)	Necessidades nominais de aquecimento, Nic (kWh/m².ano)	Nic/Ni
oeste (sul)	73,66	139,34	189%
oeste (norte)	73,66	140,22	190%
sudoeste (sudeste)	73,66	133,01	181%
sudoeste (noroeste)	73,66	133,18	181%
sul (este)	73,66	133,01	181%
sul (oeste)	73,66	133,01	181%
este (norte)	73,66	141,33	192%
este (sul)	73,66	139,23	189%
nordeste (noroeste)	73,66	142,74	194%
nordeste (sudeste)	73,66	142,10	193%
norte (oeste)	73,66	142,88	194%
norte (este)	73,66	142,88	194%

Tabela 26

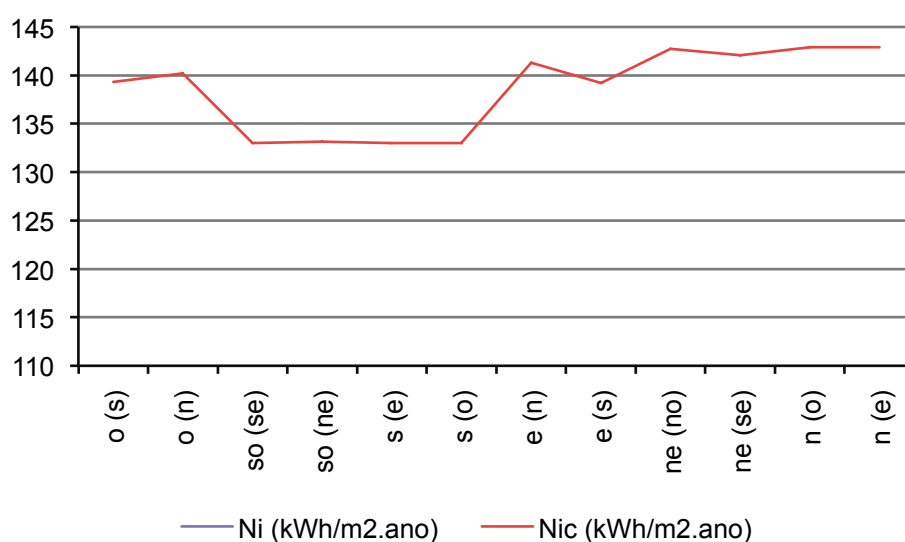


Gráfico 1

Necessidades nominais de arrefecimento por orientação:

	Necessidades nominais de arrefecimento máx. Nv (kWh/m².ano)	Necessidades nominais de arrefecimento, Nvc (kWh/m².ano)	Nvc/Nv
oeste (sul)	32	30,80	96,26%
oeste (norte)	32	29,88	93,38%
sudoeste (sudeste)	32	31,84	99,51%
sudoeste (noroeste)	32	30,14	94,19%
sul (este)	32	27,02	84,44%
sul (oeste)	32	27,01	84,41%
este (norte)	32	30,07	93,95%
este (sul)	32	31,50	98,45%
nordeste (noroeste)	32	23,72	74,14%
nordeste (sudeste)	32	25,40	79,37%
norte (oeste)	32	20,90	65,32%
norte (este)	32	20,97	65,53%

Tabela 27

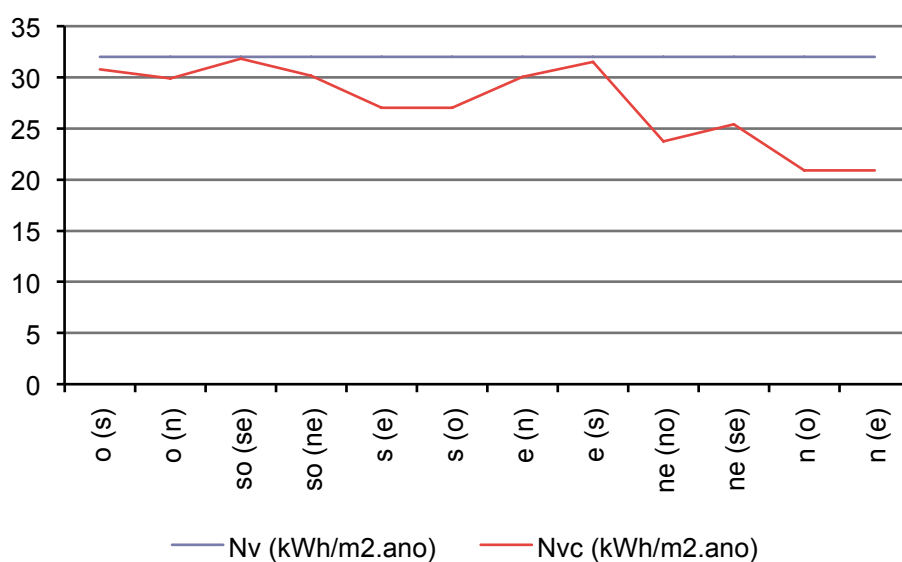


Gráfico 2

Necessidades nominais de energia primária por orientação:

	Valor máximo das nec. Nominais de energia primária, Nt (kgep/m².ano)	Necessidades nominais globais de energia primária, Ntc (kgep/m².ano)	Ntc/Nt
oeste (sul)	7,87	11,46	145,57%
oeste (norte)	7,87	11,48	145,78%
sudoeste (sudeste)	7,87	11,29	143,37%
sudoeste (noroeste)	7,87	11,28	143,22%
sul (este)	7,87	11,24	142,78%
sul (oeste)	7,87	11,24	142,78%
este (norte)	7,87	11,51	146,22%
este (sul)	7,87	11,47	145,62%
nordeste (noroeste)	7,87	11,49	145,95%
nordeste (sudeste)	7,87	11,49	145,93%
norte (oeste)	7,87	11,47	145,66%
norte (este)	7,87	11,47	145,67%

Tabela 28

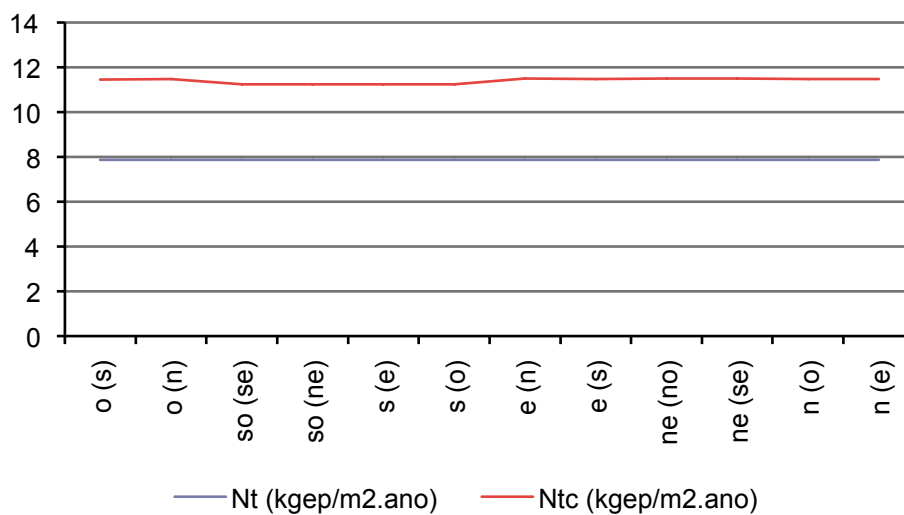


Gráfico 3

Ganhos solares brutos por orientação (situação de Inverno):

ganhos solares brutos (kWh/ano)	
oeste (sul)	1691,22
oeste (norte)	1609,54
sudoeste (sudeste)	2279,15
sudoeste (noroeste)	2263,10
sul (este)	2278,39
sul (oeste)	2278,39
este (norte)	1506,40
este (sul)	1701,57
nordeste (noroeste)	1376,63
nordeste (sudeste)	1435,39
norte (oeste)	1363,05
norte (este)	1363,05

Tabela 29

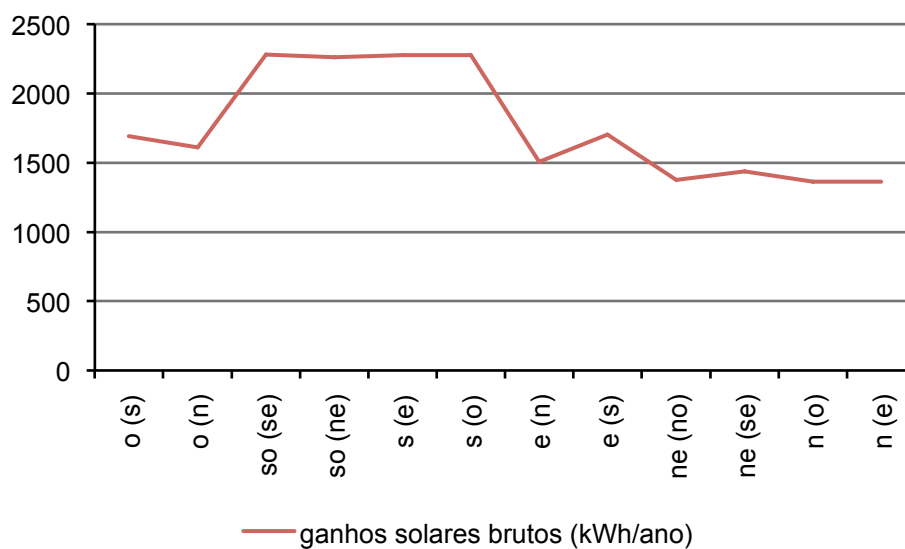


Gráfico 4

Ganhos solares brutos pela envolvente opaca (situação de verão):

**ganhos solares brutos pela
envolvente opaca (kWh)**

oeste (sul)	1377,83
oeste (norte)	1342,08
sudoeste (sudeste)	1394,64
sudoeste (noroeste)	1369,87
sul (este)	1338,19
sul (oeste)	1338,19
este (norte)	1342,08
este (sul)	1377,83
nordeste (noroeste)	1263,86
nordeste (sudeste)	1288,32
norte (oeste)	1193,90
norte (este)	1193,48

Tabela 30

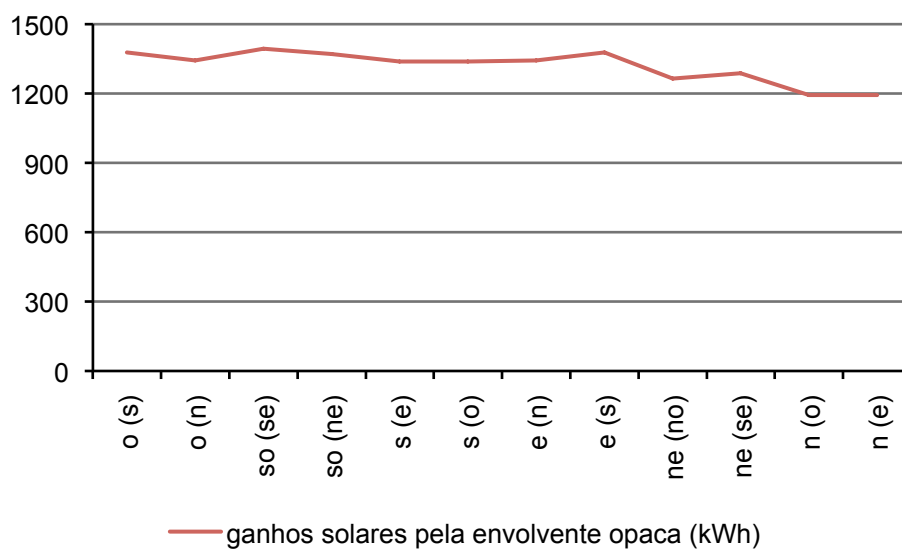


Gráfico 5

Ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores (situação de Verão):

ganhos solares brutos pelos envidraçados exteriores(kWh)	
oeste (sul)	1997,94
oeste (norte)	1947,63
sudoeste (sudeste)	2078,17
sudoeste (noroeste)	1943,92
sul (este)	1683,43
sul (oeste)	1682,54
este (norte)	1964,78
este (sul)	2063,33
nordeste (noroeste)	1447,07
nordeste (sudeste)	1580,66
norte (oeste)	1248,89
norte (este)	1255,78

Tabela 31

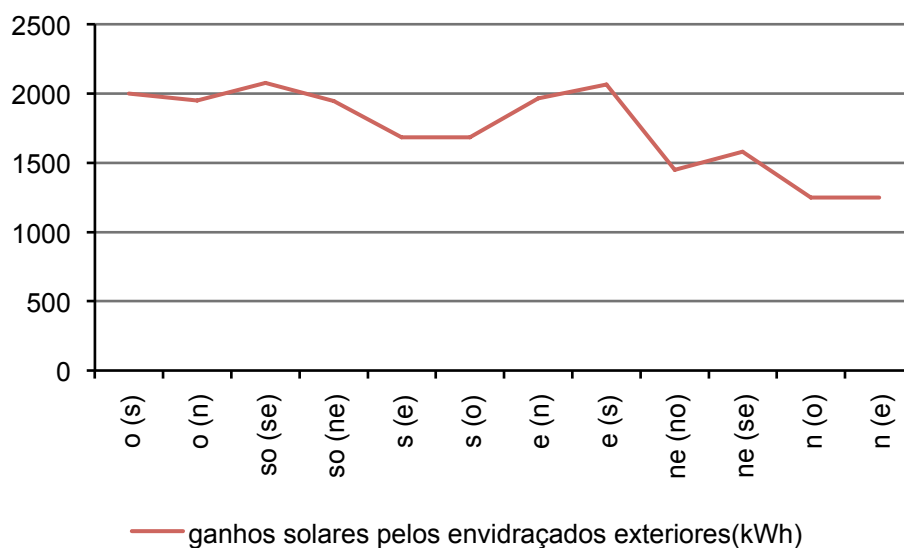


Gráfico 6

4.2 – Medidas de melhoria da eficiência energética

Depois de verificado o não cumprimento dos requisitos mínimos para a qualidade térmica do módulo habitacional do Bairro da Malagueira, após a aplicação da metodologia de cálculo do RCCTE e comparado o comportamento térmico em relação às suas diferentes orientações, torna-se necessário perceber que medidas se devem adoptar e de que forma se poderá melhorar o seu desempenho energético. A tabela e gráfico seguintes, mostram, as situações mais desfavoráveis destas habitações no que respeita a perdas térmicas pela envolvente construída, na situação de Inverno. Desta forma, é possível identificar os locais e os elementos construídos onde se deve intervir. As perdas térmicas através dos elementos em contacto com o exterior, são assim a principal causa de arrefecimento interior, considerando paredes, coberturas e vãos envidraçados. É no entanto de referir que, isoladamente, o valor mais elevado corresponde aos elementos construídos em contacto com espaços não úteis ou edifícios adjacentes. Esta situação, deve-se ao facto de este projecto ter uma área considerável de paredes em contacto com as fracções vizinhas.

Perdas associadas à envolvente construída ($W/^\circ C$)	
Paredes exteriores	61,39
Coberturas exteriores	71,44
Paredes e pavimentos em contacto com o solo	34,33
Pontes térmicas lineares	37,62
Paredes em contacto com espaços não úteis ou edifícios adjacentes	116,02
Coberturas interiores (tectos sob espaços não úteis)	5,04
Envidraçados interiores em contacto com espaços não úteis	1,30
Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não úteis com $\tau > 0.7$)	9,25
Vãos envidraçados exteriores	68,10
Perdas por renovação do ar	77,45

Tabela 32

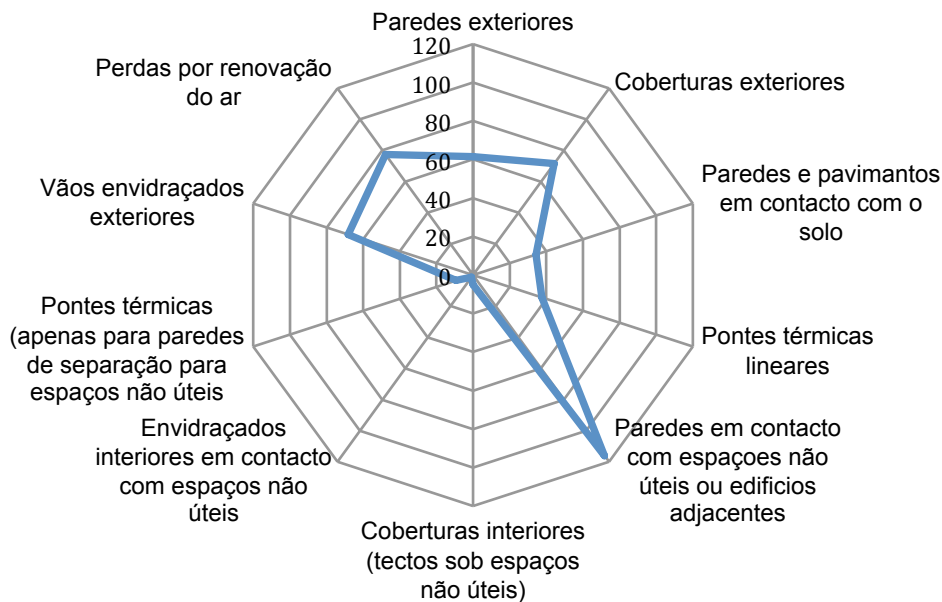


Gráfico 7

De entre as orientações analisadas foram escolhidas duas, correspondendo às situações com pior desempenho na situação de Verão e Inverno, respectivamente sudoeste (sudeste) e norte (este). Foram aplicadas algumas soluções construtivas que permitem a melhoria dos seus desempenhos energéticos e consequente redução dos consumos de energia, quer na estação fria, quer na estação quente.

O reforço da protecção térmica pode concretizar-se através do aumento do isolamento térmico dos elementos da envolvente: paredes e coberturas exteriores. Neste caso, foi testada uma solução de isolamento térmico pelo exterior nas paredes, utilizando poliestireno expandido moldado (EPS) e o reforço do isolamento das coberturas exteriores através da utilização de poliestireno expandido extrudido (XPS), podendo, neste caso, corresponder a uma oportunidade de substituição das chapas de fibrocimento por uma tela de impermeabilização. O sistema de cobertura invertida é aconselhável pois permite aumentar a vida útil deste sistema de impermeabilização ao protegê-lo de amplitudes térmicas significativas.

De forma a atingir valores iguais ou inferiores aos valores de referência dos coeficientes de transmissão térmica de superfícies opacas presentes no RCCTE foram usados sistemas de isolamento EPS nas paredes exteriores e XPS nas coberturas exteriores, com espessuras de 40 mm, a que correspondendo uma redução das necessidades de aquecimento de 51% (181%-130%; 194%-143%) em

ambas as orientações, uma redução das necessidades de arrefecimento de 12,74% (99,51%-86,77%) na orientação sudoeste (sudeste), e 8,61% (65,53%-56,92%) na orientação norte (este) e uma redução das necessidades de energia primária de 14,23% (143,37%-129,14%) na orientação sudoeste (sudeste) e 14,10% (145,67%-131,57%) na orientação norte (este).

	U (W/m ² .°C)	U isol. 40 mm (W/m ² .°C)	U isol. 80 mm (W/m ² .°C)	U ref. (W/m ² .°C)
paredes exteriores	1,90	0,65	0,40	0,70
coberturas exteriores	1,23/1,48	0,58/0,57	0,36/0,35	0,50

Tabela 33 - Coeficientes de transmissão térmica

A reabilitação térmica é possível também ao nível dos vãos envidraçados em contacto com o exterior. Neste caso, as caixilharias exteriores de madeira com vidro simples de 5 mm foram substituídas por outras, igualmente de madeira, com vidro duplo e um coeficiente de transmissão térmica de 2,2 W/m².°C, com dispositivo de oclusão nocturna activado, neste caso, portadas interiores de madeira. Para zonas de Inverno I1, como é o caso, está previsto pelo RCCTE um coeficiente de transmissão térmica de referência de 4,3 W/m².°C. Estas caixilharias devem ser classificadas quanto à permeabilidade do ar, com classe 3, a mais elevada prevista pelo RCCTE. permitindo desta forma reduzir de forma significativa as infiltrações não desejadas de ar, evitando a entrada de ar frio no interior da habitação, durante a estação de aquecimento.

A adopção de vidros duplos, para além de reduzir as perdas térmicas e, conseqüentemente, as necessidades de aquecimento, diminui a possibilidade de ocorrência de fenómenos de condensação. Esta opção permite ainda o reforço da protecção da radiação solar durante o Verão, reduzindo o factor solar de 0.87 (vidro simples), para 0,75 (vidro duplo).

Apesar de se verificar esta redução do factor solar do vidro, o valor final a utilizar para o cálculo dos ganhos solares pelos envidraçados exteriores é, neste caso, muito semelhante em ambas as situações, quer seja utilizado vidro simples ou vidro duplo. O valor a utilizar é então de 0,471 para a situação de vidro simples e 0,47 para a situações de vidro duplo. Estes valores, correspondem a 30% do factor solar do vidro: 0,87 para vidro simples e 0,75 para vidro duplo aos quais se adicionam os 70% correspondentes ao factor solar do vão envidraçado com protecção solar móvel actuada: 0,3 para a situação de vidro simples e 0,35 para a situação de vidro duplo.

Neste caso, e apesar da redução verificada quanto ao factor solar do vidro, é considerado um aumento deste factor, quando utilizado vidro duplo e portada interior de madeira, em relação à utilização de vidro simples. Embora se verifique esta proximidade entre os valores do factor solar considerados para estas duas situações, a redução do valor do factor de correcção da selectividade angular dos envidraçados em 0,5, com a utilização de vidro duplo, permite uma redução dos ganhos solares por estes elementos.

Ainda assim, a opção por este tipo de caixilharia, mais estanque, aumenta a possibilidade de sobre-aquecimento interior. Apesar de se verificar uma redução dos ganhos solares durante o período de Verão, verifica-se, ao mesmo tempo, uma redução das perdas térmicas, que devem ser promovidas nesta estação, durante o período nocturno, nomeadamente através da ventilação eficaz dos espaços interiores. Neste caso, a opção por este tipo de caixilharia é responsável por um aumento das necessidades de arrefecimento de 2,96% (102,47%-99,51%) na orientação sudoeste (sudeste) e 4,13% (69,66%-65,53%) na orientação norte (este). Durante o Inverno a diminuição das necessidades para aquecimento verificada após a substituição das caixilhariças é inferior em relação à verificada com a utilização de isolamento de 40 mm nas paredes e coberturas exteriores.

A utilização deste tipo de caixilharia permite neste caso uma redução da necessidades de aquecimento de 15% (181%-166%; 194%-179%), em ambas as orientações, sudoeste (sudeste) e norte (este), em relação à situação original. As necessidades globais de energia primária reduzem 3,73% (143,37%-139,64%) e 4,03% (145,67%-141,64%), orientações sudoeste (sudeste) e norte (este) respectivamente.

O aumento das necessidades de arrefecimento durante o Verão com a utilização deste tipo de caixilharia é compensada com a utilização de isolamento térmico nas paredes e coberturas exteriores. As necessidades de arrefecimento diminuem neste caso, após a utilização de isolamento térmico pelo exterior nas paredes e coberturas, com 80 mm e caixilharia de vidro duplo, 12,95% (99,51%-86,56%) na orientação sudoeste (sudeste) e 6,70% (65,53%-58,83%) na orientação norte (este). Durante o Inverno os valores são bastante mais expressivos e atingem os 75% (181%-106%) na orientação sudoeste (sudeste) e 76% (194%-118%) na orientação norte (este). Em termos de globais e apesar da redução de 75%/76% para as necessidades de aquecimento, os valores finais das necessidades de energia primária não ultrapassam uma redução de 20,65% (143,37%-122,72%) para a

orientação sudoeste (sudeste) e 20,81% (145,67%-124,86%) para a orientação norte (este), ficando ainda acima dos limites regulamentares.

Envolvente exterior, orientação sudoeste (sudeste)

	Situação existente	Isolamento exterior 40 mm	Caixilharia c/ vidro duplo	Isolamento exterior 40 mm + Caixilharia	Isolamento exterior 80 mm + Caixilharia
Nic (kWh/m ² .ano)	133,01	95,72	122,58	85,31	78,32
Nic/Ni	181%	130%	166%	116%	106%
Nvc (kWh/m ² .ano)	31,84	27,77	32,79	28,74	27,70
Nvc/Nv	99,51%	86,77%	102,47%	89,82%	86,56%
Ntc (kgep/m ² .ano)	11,29	10,17	11,00	9,88	9,66
Ntc/Nt	143,37%	129,14%	139,64%	125,42%	122,72%

Tabela 34

Envolvente exterior, orientação norte (este)

	Situação existente	Isolamento exterior 40 mm	Caixilharia c/ vidro duplo	Isolamento exterior 40 mm + Caixilharia	Isolamento exterior 80 mm + Caixilharia
Nic (kWh/m ² .ano)	142,88	105,52	131,49	94,11	87,08
Nic/Ni	194%	143%	179%	128%	118%
Nvc (kWh/m ² .ano)	20,97	18,21	22,29	19,60	18,83
Nvc/Nv	65,53%	56,92%	69,66%	61,24%	58,83%
Ntc (kgep/m ² .ano)	11,47	10,36	11,15	10,04	9,83
Ntc/Nt	145,67%	131,57%	141,64%	127,54%	124,86%

Tabela 35

De forma a reduzir estes valores foi testada uma solução de isolamento térmico pelo interior (XPS) nas paredes em contacto com espaços não aquecidos, neste caso as fracções vizinhas. Apesar de não ser esta uma situação tão desfavorável quanto a que se verifica com os elementos em contacto com o exterior, em termos de

transferência de calor, o RCCTE acautela esta situação prevendo um valor de $\tau = 0,6$. Esta condição previne os casos em que as habitações vizinhas não estejam ocupadas, ou por algum outro motivo não sejam aquecidas durante o período de Inverno. Em condições normais, e com temperaturas iguais entre as fracções vizinhas, não se proporcionam quaisquer tipo de transferências de calor pelos elementos da envolvente que as separam.

A solução testada com poliestireno expandido extrudido de 30 mm de espessura permite atingir um valor de coeficiente de transmissão térmica de $0,59 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ sendo o valor de referência do RCCTE para estes elementos de $1,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Este tipo de solução apresenta, no entanto, alguns problemas. Em primeiro lugar a redução das áreas interiores que são já neste caso bastante exíguas e por outro lado, a diminuição da inércia térmica do edifício que poderá causar alguns problemas de sobre-aquecimento durante o Verão. No caso das habitações da Malagueira a área da envolvente vertical opaca interior é superior à da envolvente vertical opaca exterior e a utilização de um material isolante significa neste caso uma alteração da classe de inércia térmica. A situação inicial do projecto apresentava uma classe de inércia térmica forte, classificação máxima do regulamento. Após utilização de um material isolante no seu interior verifica-se uma alteração para classe de inércia térmica média.

A realização da metodologia de cálculo RCCTE confirma o aumento das necessidades de arrefecimento durante o período de Verão, pela alteração da classe de inércia térmica, situação que pode ser de alguma forma compensada pela diminuição das necessidades de aquecimento durante o período de Inverno, que é muito significativa. A combinação de todas estes factores, isolamento das paredes e coberturas exteriores, substituição das caixilharias e aplicação de isolamento interior, permitem reduzir tanto as necessidades de arrefecimento, 10,99% (99,51%-88,52%) na orientação sudoeste (sudeste) e 5,01% (65,53%-60,52%) na orientação norte (este), como as necessidades de aquecimento, 104% (181%-77%) na orientação sudoeste (sudeste) e 106% (194%-88%) na orientação norte (este). Com as alterações efectuadas são agora atingidos valores regulamentares para as necessidades de aquecimento deste modelo habitacional, cujo valor é agora de $57,25 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$, 77%, para a orientação sudoeste (sudeste) e $65,01 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$, 88%, para a orientação norte (este). Apesar destes resultados e de serem desde a situação original atingidos valores regulamentares para as necessidades de arrefecimento, continua a verificar-se o não cumprimento em relação aos valores

máximos permitidos por este regulamento para necessidades de energia primária. Após aplicação de todos os elementos, verificou-se uma redução das necessidades de energia primária de 28,66% (143,37%-114,71%) para a orientação sudoeste (sudeste) e 29,24% (145,67%-116,43%) para a orientação norte (este).

Isolamento interior, orientação sudoeste (sudeste)

	Situação existente	Isolamento interior 30 mm	Isolamento exterior 80 mm + Caixilharia	Isolamento interior + Isolamento exterior 80 mm + Caixilharia
Nic (kWh/m ² .ano)	133,01	111,88	78,32	57,25
Nic/Ni	181%	151%	106%	77%
Nvc (kWh/m ² .ano)	31,84	33,09	27,70	28,33
Nvc/Nv	99,51%	103,04%	86,56%	88,52%
Ntc (kgep/m ² .ano)	11,29	10,86	9,66	9,23
Ntc/Nt	143,37%	134,99%	122,72%	114,71%

Tabela 36

Isolamento interior, orientação norte (este)

	Situação existente	Isolamento interior 30 mm	Isolamento exterior 80 mm + Caixilharia	isolamento interior + Isolamento exterior 80 mm + Caixilharia
Nic (kWh/m ² .ano)	142,88	121,41	87,08	65,01
Nic/Ni	194%	163%	118%	88%
Nvc (kWh/m ² .ano)	20,97	22,30	18,83	19,36
Nvc/Nv	65,53%	69,69%	58,83%	60,52%
Ntc (kgep/m ² .ano)	11,47	11,03	9,83	9,36
Ntc/Nt	145,67%	137,13%	124,86%	116,43%

Tabela 37

Apesar de apresentar valores dentro dos limites máximos previstos para as necessidades de arrefecimento, foi ainda testada uma solução que permite um melhor comportamento térmico no período de Verão em relação ao sistema de

oclusão anteriormente utilizado, portadas interiores de madeira. A utilização de um sistema de oclusão exterior irá permitir uma redução significativa dos ganhos solares o que se reflecte num melhor comportamento térmico destas habitações no período de Verão. O valor do factor solar é assim reduzido de 0,471 ($0,87 \times 30\% + 0,3 \times 70\%$), situação original, com portadas interiores de madeira, para um valor de 0,289 ($0,87 \times 30\% + 0,04 \times 70\%$), com portadas exteriores de madeira. Em conjunto com a substituição das caixilharias, por um sistema de vidro duplo, este valor desce ainda para os 0,246 ($0,75 \times 30\% + 0,03 \times 70\%$). Com a protecção solar activada a 100%, a situação original apresenta um valor do factor solar de 0,3, dentro dos limites máximos previstos pelo regulamento, que define para a zona climática de Verão V3 e para uma classe de inércia térmica média ou forte: um valor de 0,5. Com a substituição do sistema de protecção interior por um sistema exterior, em conjunto com a utilização de caixilharia com vidro duplo, o valor do factor solar desce para os 0,03, apresentando-se agora abaixo do valor de referência apresentado pelo regulamento, que define para a zona climática de Verão V3 um valor de 0,15, para envidraçados com mais de 5% de área útil do espaço que servem, o que se verifica neste projecto.

Após utilização deste sistema de oclusão exterior, os valores para as necessidades de arrefecimento baixam 26,50% (99,51%-73,01%) na orientação sudoeste (sudeste) e 15,55% (65,53%-49,98%) na orientação norte (este). Apesar disto as necessidades de energia primária têm uma redução de apenas 1,04% (143,37%-142,33%) na orientação sudoeste (sudeste) e 0,61% (145,67%-145,06%) na orientação norte (este). A conjugação de todas as modificações acima indicadas irá permitir uma redução das necessidades de energia primária de 29,86% (143,37%-113,51%) para a orientação sudoeste (sudeste) e de 29,95% (145,67%-115,72%) para a orientação norte (este), encontrando-se ainda assim acima dos valores máximos, 113,51% para a orientação sudoeste (sudeste) e 115,72% para a orientação norte (este).

Protecção exterior dos vãos envidraçados, orientação sudoeste (sudeste)

	Situação existente	Protecção exterior dos vãos	Protecção ext. dos vãos + Isolamento ext. 80 mm + Caixilharia	Protecção ext. dos vãos + Isolamento ext. 80 mm + Caixilharia + Isolamento Interior
Nic (kWh/m ² .ano)	133,01	133,01	78,32	57,25
Nic/Ni	181%	181%	106%	77%
Nvc (kWh/m ² .ano)	31,84	23,36	17,78	18,32
Nvc/Nv	99,51%	73,01%	55,56%	57,24%
Ntc (kgep/m ² .ano)	11,29	11,21	9,57	9,13
Ntc/Nt	143,37%	142,33%	121,50%	113,51%

Tabela 38

Protecção exterior dos vãos envidraçados, orientação norte (este)

	Situação existente	Protecção exterior dos vãos	Protecção exterior dos vãos + Isolamento exterior 80 mm + Caixilharia	Protecção ext. dos vãos + Isolamento ext. 80 mm + Caixilharia + isolamento interior
Nic (kWh/m ² .ano)	142,88	142,88	87,08	65,01
Nic/Ni	194%	194%	118%	88%
Nvc (kWh/m ² .ano)	20,97	15,99	12,89	13,45
Nvc/Nv	65,53%	49,98%	40,30%	42,02%
Ntc (kgep/m ² .ano)	11,47	11,42	9,78	9,31
Nt	145,67%	145,06%	124,13%	115,72%

Tabela 39

Gráficos comparativos dos indicadores energéticos:

Orientação sudoeste (sudeste)

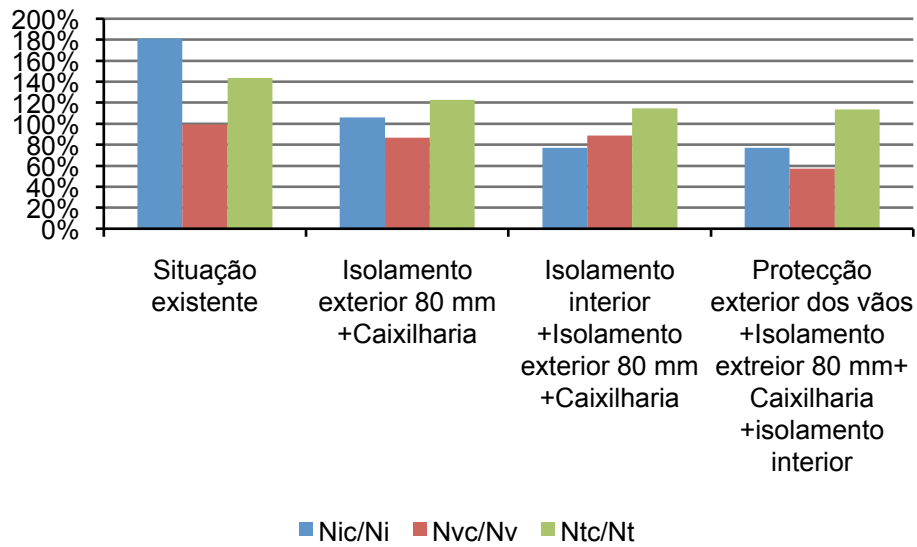


Gráfico 8

Orientação norte (este)

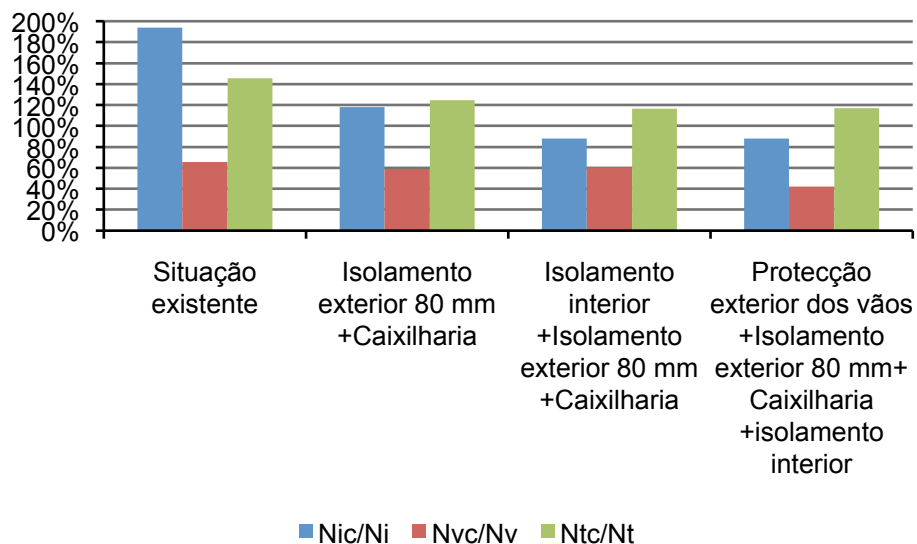


Gráfico 9

De forma a poder melhorar os resultados de eficiência energética deste modelo habitacional foram ainda testadas soluções de melhoria dos sistemas para produção de águas quentes sanitárias. Assim, a substituição dos esquentadores a gás por um sistema de caldeira mural com acumulação com 50 mm a 100 mm de isolamento, permite uma redução, quanto ao valor das necessidades de energia primária, de 45,50% (143,37%-97,87%) para a orientação sudoeste (sudeste) e de 46,34% (145,67%-99,33%) para a orientação norte(este). Esta redução permite atingir resultados abaixo dos limites máximos previstos pelo regulamento, em relação às necessidades de energia primária e é superior à obtida pelo conjunto de todas as soluções construtivas anteriormente testadas, que permitia uma redução deste indicador de cerca de 29% para ambas as orientações.

A utilização de um sistema de colectores solares térmicos para produção de águas quentes sanitárias passa a ser obrigatório pelo novo RCCTE desde que haja uma exposição adequada, o que se verifica neste caso. Através do software previsto pelo regulamento, o SolTerm, foi calculado o valor de E_{solar} , que determina a contribuição deste sistema para o cálculo das necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitária, para um colector solar já previsto por este software, da marca Yazaki e que corresponde a um painel com uma área de 1,9 m² e um depósito de 200 litros. Neste caso e apesar de ser previsto pelo RCCTE 1 m² de painel solar por ocupante convencional, o que corresponderia a uma área de 4 m² neste caso, foi escolhido um modelo mais eficiente do que painel solar padrão, o que permite a redução da área de painéis solares a utilizar. Os dois sistemas conjugados, caldeira mural e solar térmico permitem uma redução das necessidades de energia primária na ordem dos 64% (143,37%-78,89%; 145,67%-81,28%), para ambas as orientações. As necessidades de energia primária neste modelo habitacional são agora de 6,22 (kgep/m².ano), 78,98%, para a orientação sudoeste (sudeste) e de 6,40 (kgep/m².ano), 81,28% para a orientação norte (este).

Em conjunto, todas as soluções testadas permitem uma redução das necessidades de energia primária de cerca de 94% (143,37%-48,99%; 145,67%-51,20%) em ambas as orientações, apresentando valores de 3,94 (kgep/m².ano), 48,99%, para a orientação sudoeste (sudeste) e de 4,12 (kgep/m².ano), 51,20%, para a orientação norte (este). A substituição dos esquentadores a gás por caldeiras murais e a instalação de colectores solares térmicos são os maiores responsáveis por esta redução. Após verificação dos resultados para as soluções testadas, todos os indicadores, ou seja, as necessidades nominais de energia para aquecimento,

arrefecimento e aquecimento de águas quentes sanitárias e as necessidades globais apresentam valores inferiores aos valores máximos permitidos.

Caldeira mural e sistema solar térmico, orientação sudoeste (sudeste):

	Situação existente	Caldeira mural	Caldeira mural + solar térmico	Sistema construtivo + sistema de climatização
Nac (kWh/m ² .ano)	82,85	40,41	23,89	24,45
Nac/Na	161,54%	78,80%	46,58%	46,58%
Ntc (kegp/m ² .ano)	11,29	7,64	6,22	3,94
Ntc/Nt	143,37%	97,87%	78,89%	48,99%

Tabela 40

Caldeira mural e sistema solar térmico, orientação norte (este):

	Situação existente	Caldeira mural	Caldeira mural + solar térmico	Sistema construtivo + sistema de climatização
Nac (kWh/m ² .ano)	82,85	40,41	23,89	24,45
Nac/Na	161,54%	78,80%	46,58%	46,58%
Ntc (kegp/m ² .ano)	11,47	7,82	6,40	4,12
Ntc/Nt	145,67%	99,33%	81,28%	51,20%

Tabela 41

Gráficos comparativos dos indicadores energéticos:

Orientação sudoeste (sudeste)

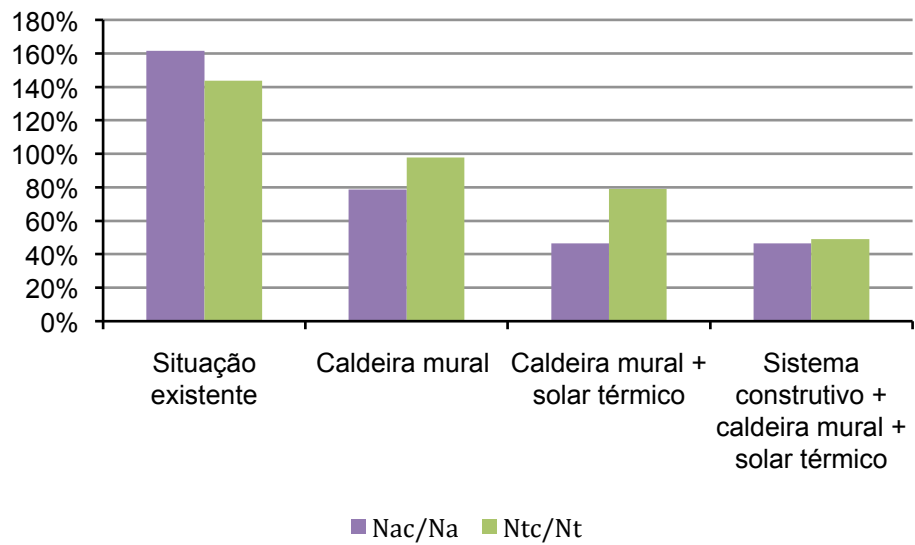


Gráfico 10

Orientação norte (este)

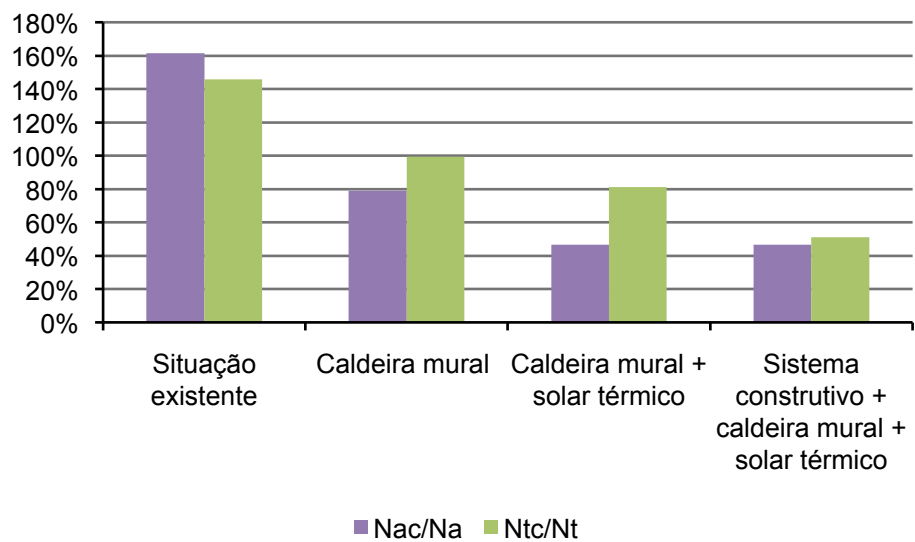


Gráfico 11

5. Conclusões

Projectado em meados dos anos 70 do século XX, o Bairro da Malgueira, procurou responder ao problema da falta de habitação na cidade de Évora e tinha como objectivo inicial albergar famílias das classes sociais mais desfavorecidas. Apesar do reduzido orçamento disponível, as opções tomadas para a construção deste bairro, apresentam-se como satisfatórias (para a época), em termos de eficiência energética, já que, por aplicação das metodologias constantes do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e do Despacho nº10250/2008, o módulo habitacional projectado apresenta, para a sua situação original, uma classe de eficiência energética “C” para as 12 situações estudadas.

A tipologia testada, modelo tipo A (T3), projecto de 1978, tem na situação de Inverno, a estação mais desfavorável, não cumprindo o regulamento, quanto às necessidades de aquecimento. Em contrapartida, apresenta valores para as necessidades de arrefecimento, abaixo do limite máximo regulamentar, o que vem confirmar que o projecto foi pensado, fundamentalmente para responder à situação de Verão. O cuidado empregue neste projecto para esta situação, teve na sua origem a correcta interpretação do clima e da arquitectura vernácula da região. Este tipo de construção, e apesar da disponibilidade de recursos materiais e humanos ser limitada, não deixava de apresentar, como uma das suas principais características, a correcta adaptação às características específicas do lugar, nomeadamente o clima.

À escala urbana, as principais medidas de adaptação ao lugar passaram, em primeiro lugar, pela continuidade urbana. Este foi sem dúvida um dos princípios fundamentais, geradores de espaço urbano, e que tinha como objectivo principal, não excluir este novo bairro da realidade e da cidade encontradas. A forma urbana, densa e compacta, reflecte a morfologia da cidade antiga, e, em particular, do Centro Histórico de Évora. Esta forma de construir cidade, adapta-se perfeitamente às condições climáticas marcantes da região, nomeadamente o Verão quente e seco. A forma compacta com que foi projectado este bairro é também benéfica ao nível do conforto térmico interior durante os períodos mais frios, uma vez que diminui, em relação às situações usuais, a área de superfícies em contacto com o ar exterior, cuja temperatura é, em geral, significativamente inferior à do ar interior, na situação de Inverno, para além de permitir a economia de materiais e de mão-de-obra.

O material base escolhido para a concretização deste projecto foi, inicialmente, o betão em forma de elementos pré-fabricados. A escolha deste tipo de material ficou a dever-se sobretudo a questões económicas e à facilidade com que estes elementos são aplicados em obra. Esta escolha seguia, também, uma lógica de facilitação da auto-construção, tendo em conta a dificuldade na obtenção de mão-de-obra e as escassas disponibilidades financeiras dos moradores. É de referir, a utilização de uma camada de betão com argila expandida na cobertura, com 16 cm de espessura, que revela a preocupação dada a este elemento no sentido de serem garantidas condições de conforto térmico no interior das habitações, de forma tanto quanto possível natural.

Quanto ao estudo das tipologias de habitação, verifica-se também o cuidado em compreender as especificidades do lugar e do clima local. Foi este, um factor essencial para a idealização do projecto da Malagueira e que apresentou no final alguns resultados bastante positivos, isto apesar de todas as condicionantes existentes para a realização deste projecto e dos escassos recursos financeiros disponíveis. Para a obtenção destes resultados, contribuiu também um olhar atento para as tipologias e características construtivas da arquitectura vernácula desta região e de outros lugares com especificidades climáticas semelhantes onde, com fracos recursos materiais, se conseguia uma correcta adaptação aos climas locais.

A adopção do pátio, elemento central no projecto destas tipologias, permite a criação de um espaço de transição entre o interior e o exterior e a criação de um microclima, importante na regulação térmica dos espaços interiores de cada habitação. A adopção do pátio, é frequente em climas quentes e secos, e tal como as opções tomadas em relação ao desenho urbano, revela o cuidado com que este projecto foi realizado, de forma a responder às especificidades do lugar. Outro tipo de soluções adoptadas, como a utilização de vãos de dimensões controladas e a utilização de cores claras, neste caso o branco, que têm como referência a arquitectura vernácula alentejana, permitem a correcta adaptação dos edifícios ao clima local.

Foram estudadas soluções de reabilitação térmica para duas orientações, seleccionadas a partir das 12 situações iniciais, que correspondem à situação mais desfavorável para a situação de Verão e a mais desfavorável para a situação de Inverno, respectivamente, sudoeste (sudeste) e norte (este). As soluções de reabilitação térmica testadas, ao nível de projecto, nestes modelos habitacionais, permitiram, em ambas as orientações uma redução de todos os indicadores de

consumo energético, que passam a situar-se abaixo dos valores máximos permitidos pelo RCCTE. Estas reduções significaram também uma melhoria da classificação energética destes modelos habitacionais, que no conjunto das soluções testadas: reabilitação da envolvente edificada, substituição do sistema para produção de águas quentes sanitárias e aplicação de painel solar térmico, passam a pertencer à classe de eficiência energética “A” para a orientação sudoeste (sudeste) e à classe de eficiência energética “B” para a orientação norte (este).

Ao nível da envolvente edificada exterior foi considerada a aplicação de uma camada continua de poliestireno extrudido moldado de 80 mm de espessura nas paredes exteriores, poliestireno expandido extrudido de 80 mm nas coberturas e a aplicação de caixilharia de madeira com vidro duplo, e uma permeabilidade ao ar da classe 3. Estas alterações permitiram corrigir os valores do coeficiente de transmissão térmica, que passam a situar-se abaixo dos valores de referência prescritos pelo RCCTE para estes elementos. Os valores do coeficiente de transmissão térmica, após a reabilitação térmica testada, são agora de: 0,40 W/m².°C nas paredes exteriores, 0,36 W/m².°C e 0,35 W/m².°C nas coberturas exteriores, respectivamente cobertura acessível e cobertura não acessível e 2,2 W/m².°C para os vãos envidraçados exteriores, com sistema de oclusão nocturna. Relativamente ao sistema de produção de águas quentes sanitárias, foi introduzida uma caldeira mural com isolamento de 50 mm a 100 mm e introduzido um sistema de painel solar térmico com 1,9 m² para aproveitamento de energia solar.

Estes resultados foram obtidos considerando uma camada de isolamento térmico nas paredes em contacto com as fracções vizinhas que contribuiu, de forma decisiva, para a obtenção de valores regulamentares quanto às necessidades nominais de energia para aquecimento. Apesar disto, deverá ser tido em conta, que tal solução poderá não corresponder, em termos reais, a uma melhoria significativa do conforto térmico no interior destas habitações e conseqüente redução nos gastos de energia. Este tipo de solução, como descrito no capítulo anterior, apresenta alguns problemas. Em primeiro lugar, a redução das áreas interiores, que são já nestas habitações bastante exíguas, mas sobretudo, e para esta região especificamente, a redução da inércia térmica, que poderá provocar alguns problemas de sobre-aquecimento no período de Verão. Em termos reais, este tipo de construção em banda existente no Bairro da Malagueira, ao reduzir as áreas expostas ao ambiente exterior confere-lhes um bom comportamento tanto no Verão, reduzindo os ganhos por radiação, como no Inverno, reduzindo as perdas de calor pela envolvente. O RCCTE prevê, no entanto, a situação eventual de perdas

térmicas através da envolvente interior de separação com os edifícios vizinhos. Em condições de temperatura igual, entre duas habitações contíguas, que partilhem um elemento construtivo de separação, não se verifica qualquer tipo de transferência de calor.

O RCCTE indica, para uma situação de edifício multifamiliar, que não devem ser consideradas perdas para as habitações contíguas. Entretanto, as perdas para edifícios vizinhos, que neste caso são outras habitações, são contabilizadas como 60% do que seriam se em seu lugar tivéssemos espaço exterior. No caso da Malagueira, esta é uma situação bastante penalizadora, já que a área das superfícies em contacto com as habitações vizinhas é superior à área das superfícies verticais opacas em contacto com o exterior, sendo que as perdas térmicas destas habitações, por elementos verticais opacos em contacto com o exterior é de 61,39 W/°C, enquanto por elementos verticais opacos em contacto com fracções vizinhas é de 98,94 W/°C. Nas orientações estudadas, sudoeste (sudeste) e norte (este), a não contabilização das perdas térmicas para elementos interiores em contacto com as fracções vizinhas, corresponderia a uma diminuição das necessidades de aquecimento de 18% (181%-163%), para a situação sudoeste (sudeste), e uma diminuição de 15% (194%-179%), para a orientação norte (este). Os valores das necessidades para energia primária seriam também reduzidos, em cerca de 11% (143,37%-132,31%; 145,67-134,62%), em ambas as orientações. Parece ser esta uma questão a considerar numa próxima revisão do RCCTE, já que tudo indica seria mais indicado que fossem diminuídas as perdas térmicas consideradas para edifícios vizinhos.

A grande importância dada por este regulamento aos sistemas para produção de água quente sanitária ficou bem clara após a realização deste trabalho. A simples substituição do esquentador a gás, utilizado inicialmente, por uma caldeira mural com isolamento de 50 mm a 100 mm, foi suficiente para que as necessidades globais anuais de energia primária passassem para valores regulamentares. Ficou também bastante claro que o factor orientação não tem, em termos regulamentares, um papel fundamental no desempenho energético destas habitações.

Tendo em conta o panorama actual que atravessamos - o de uma grave crise económica e energética, com o iminente esgotamento de alguns recursos naturais energéticos - torna-se de extrema importância tomar medidas que permitam melhorar a qualidade construtiva do nosso parque imobiliário, responsável por uma parte significativa da energia que consumimos. Esta energia é não só utilizada

durante os processos de construção dos edifícios e de fabrico dos próprios materiais, mas, principalmente, durante a sua vida útil, nomeadamente nos sistemas de climatização.

Entre estas medidas está não só o incentivo à utilização de energias renováveis - como o aproveitamento da energia solar - mas também o recurso a medidas passivas que permitam melhorar o comportamento térmico da construção de forma a se atingir o conforto térmico no interior sem o recurso a quantidades excessivas de energia convencional. O reforço do isolamento da envolvente construída permite, por exemplo, a minimização das perdas através destes elementos durante o Inverno e ao mesmo tempo a redução dos ganhos solares, durante o Verão, principalmente através da cobertura do edifício.

A realização deste estudo teve como objectivo não só avaliar o comportamento energético de um modelo habitacional do Bairro da Malagueira, à luz do RCCTE, como fornecer um entendimento sobre os resultados obtidos e a importância das opções tomadas ao nível de projecto, quer em termos urbanísticos, como da escolha dos materiais, das tipologias de habitação adoptadas e das suas orientações, fornecendo no final, soluções que permitem a melhoria do comportamento térmico e da eficiência energética destas habitações.

Espera-se contribuir, desta forma, para que, cada vez mais, este tipo de preocupações, como a adaptação ao clima local, sejam tidas em conta quer em construções novas quer na reabilitação, de forma a que possam ser reduzidos os consumos de energia inerentes à utilização dos edifícios. O exemplo do Bairro da Malagueira, ao responder às condicionantes do lugar, nomeadamente condicionantes climáticas, demonstra que estas preocupações sempre fizeram parte das preocupações de alguns arquitectos e do contributo que procuraram no passado, nomeadamente na arquitectura vernácula específica de cada região. Em simultâneo com o recurso a novos métodos construtivos e novos materiais, este tipo de arquitectura, poderá fornecer um caminho a tomar no sentido de se atingirem melhores resultados de eficiência energética em edifícios, ao mesmo tempo que se melhoram as tecnologias de produção de energia a partir de fontes renováveis e se incentiva a sua utilização.

6. Bibliografia

C. H. E. Boa Vontade, Habitação Evolutiva Quinta da Malagueira, Caderno de Encargos; Gabinete de Organização e Projectos L.^{da}, Eng.º J. De Araújo Sobreira

Decreto-lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro; Regulamento das características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Porto: Porto Editora, 2001

Decreto-lei nº 80/2006, de 4 de Abril; Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Porto: Porto Editora, 2006

Despacho nº 10250/2008; Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior. (Disponível em www.adene.pt)

AA.VV. - **A Green Vitruvius: Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável**. Lisboa: Ordem dos Arquitectos, 2001.

AA.VV. - **Arquitectura Popular em Portugal**. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses, 1988

AA.VV. – **Solar Energy: Strategies, Visions, Concept**. Munchen: Birkhauser, 2003

AA.VV. – **Perguntas & Respostas sobre o RCCTE**. Adene, 2009 (Disponível em www.adene.pt)

ANSELMO, Isabel; NASCIMENTO, Carlos; MALDONADO, Eduardo - **Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais**. Lisboa: DGGE / IP-3E, 2004 (Disponível em www.adene.pt)

DUARTE, José Pinto – **Customizing Mass Housing: A Discursive Grammar to Siza's Malagueira Houses**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2001 (Tese de Doutoramento) (Disponível em www.scriptingarchitecture.com)

FERNANDES, Jorge – **Arrefecimento Passivo na Arquitectura de Évora**. Évora: Universidade de Évora, 2007 (Trabalho de final de curso)

FRAMPTON, Keneth – **História Crítica da Arquitectura Moderna**. São Paulo: Martins Fontes, 2003

GALLO C.; SALA M.; SAYIGH A.M.M. (Editors) – **Architecture, Comfort and Energy**. Pergamon, 1998

GIVONI, Baruch - **Passive and Low Energy Cooling of Buildings**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994

GONÇALVES, Hélder; GRAÇA, João Mariz - **Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal**. Lisboa: DGGE / IP-3E, 2004 (Disponível em www.adene.pt)

HENRIQUES, Francisco - **Reabilitação Térmica de Edifícios**. Alambi, 2007 (Disponível em www.alambi.net)

INCROPERA, Frank P.; DEWITT, David P. - **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1992

KOCH-NIELSEN, Holger - **Stay Cool, a Design Guide for the Built Environment In Hot Climates**. London: Earthscan, 2007-2008

LAMBERTS, Robert.; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando - **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997 (Disponível em www.labeee.ufsc.br)

LAMBERTS, Robert; CARLO, Joyce – **Desempenho Térmico em Edificações**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, CTC Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2005 (Disponível em www.labcon.ufsc.br)

LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato - **Arquitetura Bioclimática, Perspectivas de Inovação e Futuro**. Lisboa Instituto Superior Técnico, 2004 (Disponível em www.qsd.inesc-id.pt)

MEDEIROS, Carlos Alberto - **Geografia de Portugal, Ambiente Natural e Ocupação Humana**. Lisboa: Editorial Estampa, 1996

MOLTENI, Enrico - **Barrio de la Malagueira, Évora**. Barcelona: Ediciones UPC, 1997

MOUTINHO, Mário - **A Arquitetura Popular Portuguesa**. Lisboa: Imprensa Universitária Editorial Estampa, 1979

OLGYAY, Victor - **Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism**. Princeton New Jersey: Princeton University Press, 1967

RIBEIRO, Orlando - **Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico**. Lisboa: Livraria Sá da Costa Editora, 1980

SANTA-RITA, Gonçalo - **Portugal, a Expressão da Paisagem**. Lisboa: Terra Livre, 1982

SANTOS, Carlos A. Pina dos; MATIAS, Luís – **Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios, ICT Informação Técnica, Edifícios – ITE 50**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006

SERRA, Rafael – **Arquitecturas y climas**. Barcelona Editorial Gustavo Gili S.A., 2000

SIMPLÍCIO, Maria Domingas - **Evolução e Morfologia do Espaço Urbano de Évora**. Évora: Universidade de Évora, 1997 (Tese de Doutoramento)

INTERNET

www.adene.pt

www.alambi.net

www.atlasdeladiversidad.net

<http://ekoarkitect.com>

<http://.engenium.wordpress.com>

<http://home.fa.utl.pt/~jduarte/malag/Malag/index.html>

www.igeo.pt

www.labcon.ufsc.br

www.labeee.ufsc.br

www.skyscrapercity.com



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO SEM SISTEMA(S) DE CLIMATIZAÇÃO

Morada / Localização Bairro da Malaqueira, situação Sudoeste (Sudeste)

Localidade Évora Freguesia Malagueira

Concelho Évora Região Portugal Continental

Data de emissão _____ Data de validade _____

Nome do perito qualificado _____ N.º de PQ PQ000

Imóvel descrito na 1ª Conservatória do Registo Predial de Évora

sob o nº 0000 Art. matricial nº 0000 Fogo/Fracção autón. Hab.Unif.

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte www.adene.pt.

1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

INDICADORES DE DESEMPENHO

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes 11.02 kgep/m²ano

Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe B⁻) 7.87 kgep/m²ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e águas quentes 1.3 toneladas de CO₂ equivalentes por ano

CLASSE ENERGÉTICA



2. DESAGREGAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL

Necessidades nominais de energia útil para...	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	124.37 kWh/m ² ano	73.65 kWh/m ² ano
Arrefecimento	30.3 kWh/m ² ano	32 kWh/m ² ano
Preparação das águas quentes sanitárias	82.85 kWh/m ² ano	51.29 kWh/m ² ano

NOTAS EXPLICATIVAS

As necessidades nominais de energia útil correspondem a uma previsão da quantidade de energia que terá de ser consumida por m²de área útil do edifício ou fracção autónoma para manter o edifício nas condições de conforto térmico de referência e para preparação das águas quentes sanitárias necessárias aos ocupantes. Os valores foram calculados para condições convencionais de utilização, admitidas como idênticas para todos os edifícios, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores.

As necessidades anuais globais de energia primária (estimadas e valor limite) resultam da conversão das necessidades nominais estimadas de energia útil em kilogramas equivalente de petróleo por unidade de área útil do edifício, mediante aplicação de factores de conversão específicos para a(s) forma(s) de energia utilizada(s) (0,290 kgep/kWh para electricidade e 0,086 kgep/kWh para combustíveis sólido, líquido ou gasoso) e tendo em consideração a eficiência dos sistemas adoptados ou, na da sua definição, sistemas convencionais de referência.

As emissões de CO₂ equivalente traduzem a quantidade anual estimada de gases de efeito de estufa que podem ser libertados em resultado da conversão de uma quantidade de energia primária igual às respectivas necessidades anuais globais estimadas para o edifício, usando o factor de conversão de 0,0012 toneladas equivalentes de CO₂ por kgep.

A classe energética resulta da razão entre as necessidades anuais globais estimadas e as máximas admissíveis de energia primária para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias no edifício ou fracção autónoma. O melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B, B⁻, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B⁻. Para mais informações sobre o desempenho energético, sobre a qualidade do ar interior e sobre a classificação energética de edifícios, consulte www.adene.pt



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO SEM SISTEMA(S) DE CLIMATIZAÇÃO

Morada / Localização Bairro da Malaqueira, situação Norte (Este)

Localidade Évora Freguesia Malagueira

Concelho Évora Região Portugal Continental

Data de emissão _____ Data de validade _____

Nome do perito qualificado _____ N.º de PQ PQ000

Imóvel descrito na 1ª Conservatória do Registo Predial de Évora

sob o nº 0000 Art. matricial nº 0000 Fogo/Fracção autón. Hab.Unif.

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte www.adene.pt.

1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

INDICADORES DE DESEMPENHO

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes 11.23 kgep/m²ano

Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe B⁻) 7.87 kgep/m²ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e águas quentes 1.3 toneladas de CO₂ equivalentes por ano

CLASSE ENERGÉTICA



2. DESAGREGAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL

Necessidades nominais de energia útil para...	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	134.77 kWh/m ² ano	73.65 kWh/m ² ano
Arrefecimento	20.08 kWh/m ² ano	32 kWh/m ² ano
Preparação das águas quentes sanitárias	82.85 kWh/m ² ano	51.29 kWh/m ² ano

NOTAS EXPLICATIVAS

As necessidades nominais de energia útil correspondem a uma previsão da quantidade de energia que terá de ser consumida por m²de área útil do edifício ou fracção autónoma para manter o edifício nas condições de conforto térmico de referência e para preparação das águas quentes sanitárias necessárias aos ocupantes. Os valores foram calculados para condições convencionais de utilização, admitidas como idênticas para todos os edifícios, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores.

As necessidades anuais globais de energia primária (estimadas e valor limite) resultam da conversão das necessidades nominais estimadas de energia útil em kilogramas equivalente de petróleo por unidade de área útil do edifício, mediante aplicação de factores de conversão específicos para a(s) forma(s) de energia utilizada(s) (0,290 kgep/kWh para electricidade e 0,086 kgep/kWh para combustíveis sólido, líquido ou gasoso) e tendo em consideração a eficiência dos sistemas adoptados ou, na da sua definição, sistemas convencionais de referência.

As emissões de CO₂ equivalente traduzem a quantidade anual estimada de gases de efeito de estufa que podem ser libertados em resultado da conversão de uma quantidade de energia primária igual às respectivas necessidades anuais globais estimadas para o edifício, usando o factor de conversão de 0,0012 toneladas equivalentes de CO₂ por kgep.

A classe energética resulta da razão entre as necessidades anuais globais estimadas e as máximas admissíveis de energia primária para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias no edifício ou fracção autónoma. O melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B, B⁻, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B⁻. Para mais informações sobre o desempenho energético, sobre a qualidade do ar interior e sobre a classificação energética de edifícios, consulte www.adene.pt



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO SEM SISTEMA(S) DE CLIMATIZAÇÃO

Morada / Localização Bairro da Malaqueira, situação Sudoeste (Sudeste) - melhorias

Localidade Évora Freguesia Malagueira

Concelho Évora Região Portugal Continental

Data de emissão _____ Data de validade _____

Nome do perito qualificado _____ N.º de PQ PQ000

Imóvel descrito na 1ª Conservatória do Registo Predial de Évora

sob o nº 0000 Art. matricial nº 0000 Fogo/Fracção autón. Hab.Unif.

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte www.adene.pt.

1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

INDICADORES DE DESEMPENHO

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes 3.89 kgep/m²ano

Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe B⁻) 8.03 kgep/m²ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e águas quentes 0.5 toneladas de CO₂ equivalentes por ano

CLASSE ENERGÉTICA



2. DESAGREGAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL

Necessidades nominais de energia útil para...	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	55.87 kWh/m ² ano	74.5 kWh/m ² ano
Arrefecimento	18.2 kWh/m ² ano	32 kWh/m ² ano
Preparação das águas quentes sanitárias	24.4 kWh/m ² ano	52.37 kWh/m ² ano

NOTAS EXPLICATIVAS

As necessidades nominais de energia útil correspondem a uma previsão da quantidade de energia que terá de ser consumida por m²de área útil do edifício ou fracção autónoma para manter o edifício nas condições de conforto térmico de referência e para preparação das águas quentes sanitárias necessárias aos ocupantes. Os valores foram calculados para condições convencionais de utilização, admitidas como idênticas para todos os edifícios, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores.

As necessidades anuais globais de energia primária (estimadas e valor limite) resultam da conversão das necessidades nominais estimadas de energia útil em kilogramas equivalente de petróleo por unidade de área útil do edifício, mediante aplicação de factores de conversão específicos para a(s) forma(s) de energia utilizada(s) (0,290 kgep/kWh para electricidade e 0,086 kgep/kWh para combustíveis sólido, líquido ou gasoso) e tendo em consideração a eficiência dos sistemas adoptados ou, na da sua definição, sistemas convencionais de referência.

As emissões de CO₂ equivalente traduzem a quantidade anual estimada de gases de efeito de estufa que podem ser libertados em resultado da conversão de uma quantidade de energia primária igual às respectivas necessidades anuais globais estimadas para o edifício, usando o factor de conversão de 0,0012 toneladas equivalentes de CO₂ por kgep.

A classe energética resulta da razão entre as necessidades anuais globais estimadas e as máximas admissíveis de energia primária para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias no edifício ou fracção autónoma. O melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B, B⁻, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B⁻. Para mais informações sobre o desempenho energético, sobre a qualidade do ar interior e sobre a classificação energética de edifícios, consulte www.adene.pt



CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR

TIPO DE FRACÇÃO/EDIFÍCIO: EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO SEM SISTEMA(S) DE CLIMATIZAÇÃO

Morada / Localização Bairro da Malaqueira, situação Norte (Este) - melhorias

Localidade Évora Freguesia Malagueira

Concelho Évora Região Portugal Continental

Data de emissão _____ Data de validade _____

Nome do perito qualificado _____ N.º de PQ PQ000

Imóvel descrito na 1ª Conservatória do Registo Predial de Évora

sob o nº 0000 Art. matricial nº 0000 Fogo/Fracção autón. Hab.Unif.

Este certificado resulta de uma verificação efectuada ao edifício ou fracção autónoma por um perito devidamente qualificado para o efeito, em relação aos requisitos previstos no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, Decreto-Lei 80/2006 de 4 de Abril), classificando o imóvel em relação ao respectivo desempenho energético. Este certificado permite identificar possíveis medidas de melhoria de desempenho aplicáveis à fracção autónoma ou edifício, suas partes e respectivos sistemas energéticos e de ventilação, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior. Para verificar a validade do presente certificado consulte www.adene.pt.

1. ETIQUETA DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

INDICADORES DE DESEMPENHO

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes 4.09 kgep/m²ano

Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe B⁻) 8.03 kgep/m²ano

Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e águas quentes 0.5 toneladas de CO₂ equivalentes por ano

CLASSE ENERGÉTICA



2. DESAGREGAÇÃO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL

Necessidades nominais de energia útil para...	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais
Aquecimento	64.08 kWh/m ² ano	74.5 kWh/m ² ano
Arrefecimento	13.71 kWh/m ² ano	32 kWh/m ² ano
Preparação das águas quentes sanitárias	24.4 kWh/m ² ano	52.37 kWh/m ² ano

NOTAS EXPLICATIVAS

As necessidades nominais de energia útil correspondem a uma previsão da quantidade de energia que terá de ser consumida por m²de área útil do edifício ou fracção autónoma para manter o edifício nas condições de conforto térmico de referência e para preparação das águas quentes sanitárias necessárias aos ocupantes. Os valores foram calculados para condições convencionais de utilização, admitidas como idênticas para todos os edifícios, de forma a permitir comparações objectivas entre diferentes imóveis. Os consumos reais podem variar bastante dos indicados e dependem das atitudes e padrões de comportamento dos utilizadores.

As necessidades anuais globais de energia primária (estimadas e valor limite) resultam da conversão das necessidades nominais estimadas de energia útil em kilogramas equivalente de petróleo por unidade de área útil do edifício, mediante aplicação de factores de conversão específicos para a(s) forma(s) de energia utilizada(s) (0,290 kgep/kWh para electricidade e 0,086 kgep/kWh para combustíveis sólido, líquido ou gasoso) e tendo em consideração a eficiência dos sistemas adoptados ou, na da sua definição, sistemas convencionais de referência.

As emissões de CO₂ equivalente traduzem a quantidade anual estimada de gases de efeito de estufa que podem ser libertados em resultado da conversão de uma quantidade de energia primária igual às respectivas necessidades anuais globais estimadas para o edifício, usando o factor de conversão de 0,0012 toneladas equivalentes de CO₂ por kgep.

A classe energética resulta da razão entre as necessidades anuais globais estimadas e as máximas admissíveis de energia primária para aquecimento, arrefecimento e para preparação de águas quentes sanitárias no edifício ou fracção autónoma. O melhor desempenho corresponde à classe A+, seguida das classes A, B, B⁻, C e seguintes, até à classe G de pior desempenho. Os edifícios com licença ou autorização de construção posterior a 4 de Julho de 2006 apenas poderão ter classe energética igual ou superior a B⁻. Para mais informações sobre o desempenho energético, sobre a qualidade do ar interior e sobre a classificação energética de edifícios, consulte www.adene.pt