



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

**Estudo comparativo da eficiência de diferentes inoculantes
em pastagens biodiversas semeadas com diferentes níveis de
fertilização**

Cristóvão Miguel Soares

Orientador(es) | Ana Maria Caldeira de Carvalho Telo Barradas
Ricardo Joaquim Freixial

Évora 2024



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Agronómica

Dissertação

**Estudo comparativo da eficiência de diferentes inoculantes
em pastagens biodiversas semeadas com diferentes níveis de
fertilização**

Cristóvão Miguel Soares

Orientador(es) | Ana Maria Caldeira de Carvalho Telo Barradas
Ricardo Joaquim Freixial

Évora 2024



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Vasco Fitas da Cruz (Universidade de Évora)

Vogais | Ana Maria Caldeira de Carvalho Telo Barradas (Fertiprado, Sementes e Nutrientes) (Orientador)
Luís Manuel Alho (Universidade de Évora) (Arguente)

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço à Doutora Ana Maria Caldeira de Carvalho Telo Barradas, orientadora desta dissertação, pela proposta do tema e por toda a paciência, disponibilidade e ensinamentos prestados ao longo do ensaio e da elaboração da dissertação.

Ao Professor Doutor Ricardo Joaquim Murteira de Carvalho Freixial, orientador deste trabalho, pela disponibilidade, amizade e respeito demonstrados não só na elaboração desta dissertação como em todo o meu percurso académico na Universidade de Évora, o meu obrigado.

Agradeço também a toda a equipa da Fertiprado, INIAV e FCUL, que contribuíram para este ensaio, por todo o profissionalismo e empenho demonstrados.

Ao Sr. Mário pela disponibilidade e ajuda prestada ao longo do ensaio, o meu agradecimento.

À Universidade de Évora, onde passei seguramente alguns dos melhores anos da minha vida, e a todos os colegas e professores que fizeram parte do meu percurso académico.

Aos meus pais e irmão pela motivação e apoio incondicional ao longo destes cinco anos, um especial obrigado.

A todos o meu muito obrigado.

Resumo

O projeto Ecoseed tem como desígnio a valorização do sistema agro-silvo-pastoril, com a finalidade de incrementar os rendimentos agrícolas por meio da utilização de inoculantes microbianos inovadores que possam ser integrados nas sementes das espécies de leguminosas e gramíneas presentes nas misturas biodiversas comercializadas pela Fertiprado. O objetivo primordial consiste na redução da dependência da fertilização química e adaptação às alterações climáticas.

O ensaio de campo foi realizado em Abela (Santiago do Cacém), numa parcela dividida em nove tratamentos (três níveis de fertilização e três inoculantes). Efetuaram-se três cortes nos meses de março, abril e maio para avaliação da produtividade e qualidade.

O ano em que decorreu o ensaio revelou-se muito atípico em relação à pluviometria, o que conduziu a uma fraca presença de leguminosas e à obtenção de percentagens de matéria seca consideravelmente superiores ao expectável. Por conseguinte, torna-se fundamental repetir o ensaio por mais anos.

Palavras chave: Pastagens Biodiversas ;leguminosas; gramíneas; Consórcios microbianos; Phytophthora.

Comparative study of the efficiency of distinct inoculants in biodiverse pastures sown with different fertilization levels

Abstract

The ecoseed project aims to enhance the agro-silvo-pastoral system, with the goal of increasing agricultural yields using innovative microbial inoculants that can be integrated into the seeds of leguminous and grass species found in the diverse mixtures marketed by Fertiprado.

The primary objective is to reduce reliance on chemical fertilization and adapt to climate change. The field trial was conducted in Abela (Santiago do Cacém), on a ground divided into nine treatments (three fertilization levels and three inoculants). Three cuts were made in March, April, and May to assess productivity and quality.

The year in which the trial took place proved to be highly atypical in terms of rainfall, resulting in a low presence of legumes and considerably higher than expected dry matter percentages. Therefore, it is essential to repeat the trial for additional years.

Keywords: Biodiverse pastures; Legumes; Grasses; Microbial consortium; Phytophthora

Índice de tabelas	vi
Lista de abreviaturas	viii
1. Introdução	1
1.1 Objetivo.....	2
2. Revisão Bibliográfica	4
2.1 – Pastagens.....	5
2.1.1 - Conceito de pastagem.....	5
2.1.2 - Relevância das pastagens em Portugal.....	5
2.1.3 - Ciclo vegetativo das pastagens de sequeiro.....	6
2.2 - Melhoramento de Pastagens de sequeiro.....	7
2.2.2 - Introdução de espécies e variedades melhoradas.....	8
2.2.3 - Utilização de inoculantes inovadores.....	9
2.3 Funcionalidade do solo.....	11
2.4 Inoculantes utilizados.....	11
2.4.1 Desenvolvimento de consórcios microbianos para leguminosas.....	12
2.4.2 Desenvolvimento de consórcios microbianos para gramíneas.....	12
3. Material e métodos	14
3.1 - Localização da parcela.....	15
3.2 - Caracterização Edafo-Climática.....	16
3.2.1 - Caracterização climática.....	16
3.3 - Metodologia experimental.....	17
3.3.1 Correção do solo, fertilização e sementeira.....	18
3.4 - Amostragem de campo.....	21
3.4.1 - Amostras de solo.....	21
3.4.2 - Amostras da pastagem.....	23
3.5 Inoculantes utilizados.....	24
3.6 Contagens de Bactérias Fixadoras de Azoto (rizóbios) do ensaio de campo.....	24
3.7 Eficácia da população rizobiana do ensaio de campo.....	25
4. Resultados e discussão	26
4.2 Avaliação da produção de MS por hectare.....	27
4.3 Avaliação da produção de MS por hectare de cada componente (gramíneas, leguminosas e outros).....	30
4.4 Produção acumulada de MS por hectare dos 3 cortes.....	32
4.5 Produção acumulada de MS de cada componente nos 3 cortes.....	34
4.6 Média do efeito do tratamento na produção ao longo dos cortes.....	35
4.7 Média do efeito do tratamento na produção acumulada (kg MS/ha).....	37

4.8 Avaliação da qualidade (proteína bruta e fibra bruta) nos 3 cortes.....	38
Conclusão	40
Bibliografia.....	43

Índice de tabelas

Figura 2.1 - Curva de produção da pastagem nas condições de sequeiro mediterrâneo a) anos de maior precipitação; b) anos mais secos (adaptado de Moreira (2002))	6
Figura 3.1 - Parcela em estudo à escala de 1:500.	ii
Figura 3.2 - Gráfico Termopluiométrico com os dados referentes à Normal Climatológica de Beja (1981-2010) (Fonte:IPMA)	16
Figura 3.3 - temperaturas mínimas, médias e máximas da normal climatológica da estação de Beja (1981-2010) (Fonte:IPMA).....	16
Figura 3.4 - Pluviometria no local do ensaio.....	17
Figura 3.5 - Gradagem com grade de discos.....	20
Figura 3.6 - Calagem com distribuidor pendular.....	20
Figura 3.7 - Sementeira com distribuidor pendular.....	20
Figura 3.8 - Rolagem com rolo destorroador.....	20
Figura 3.9 - Recolha de amostras de solo.....	21
Figura 3.10 - Parcela em estudo com representação dos 9 tratamentos e marcação das árvores com sintomas da presença de <i>Phytophthora</i>	22
Figura 3.11 - Procedimento para recolha de amostras de solo por baixo da copa das árvores identificadas com sintomas de <i>Phytophthora</i>	22
Figura 3.12 - Marcação da área para corte e recolha da amostra com o auxílio de uma estrutura em ferro	23
Figura 3.13 - Recolha de amostra da pastagem.....	23
Figura 3.14 - Contagem de bactérias fixadoras de azoto do ensaio (Fonte: INIAV)....	24
Figura 3.15 - Eficácia da população rizobiana do ensaio de campo (Fonte: INIAV)....	25
Figura 4.1 - Gráfico da produção de MS por hectare no primeiro corte.....	27
Figura 4.2 - Gráfico de produção de MS por hectare no segundo corte. () Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente para $p \leq 0,05$	28
Figura 4.3 - Análise fatorial considerando um modelo de blocos completamente casualizados seguido de uma separação de médias pelo método de tukey da produção de matéria seca em resposta ao fósforo	28
Figura 4.4 - Gráfico da produção de MS por hectare no terceiro corte.....	29
Figura 4.5 - Produção de MS por hectare de cada componente no primeiro corte.	30
Figura 4.6 - Produção de MS por hectare de cada componente no segundo corte.....	30
Figura 4.7 - Produção de MS por hectare de cada componente no terceiro corte.....	31
Figura 4.8 - Produção acumulada de MS por hectare.....	32
Figura 4.9 - Equações de regressão para a produção de matéria seca para a resposta ao fósforo em relação aos inoculantes.....	33

Figura 4.10 - Produção acumulada dos componentes nos 3 cortes.....	34
Figura 4.11 - Média do efeito do tratamento na produção no primeiro corte.....	35
Figura 4.12 - Média do efeito do tratamento na produção no segundo corte.....	35
Figura 4.13 - Média do efeito do tratamento na produção no terceiro corte	36
Figura 4.14 - Média do efeito do tratamento na produção acumulada.....	37
Figura 4.15 - Avaliação da qualidade no primeiro corte.....	38
Figura 4.16 - Avaliação da qualidade no segundo corte.....	38
Figura 4.17 - Avaliação da qualidade no terceiro corte.....	39

Lista de Abreviaturas

CN - Cabeças Normais

FB - Fibra Bruta

GPS - Sistemas de Posicionamento Global

MO - Matéria Orgânica

MS - Matéria Seca

P - Fósforo

PB - Proteína Bruta

PGPR - Plant Growth Promoting Rhizobacteria

PMS - Produção de Matéria Seca

SIG - Sistema de Informação Geográfica

1. Introdução

A presente dissertação foi elaborada para a obtenção de Grau de Mestre em engenharia agronómica pela Universidade de Évora, intitulada “Estudo comparativo da eficiência de diferentes inoculantes em pastagens biodiversas semeadas com diferentes níveis de fertilização”, tema proposto pela Doutora Ana Barradas, Diretora do Departamento de I+D da Fertiprado. Esta dissertação está inserida no âmbito do projeto “Ecoseed - otimização do microbioma da semente para obtenção de fenótipos geradores de fertilidade e adaptados às alterações climáticas”, onde através da utilização de microrganismos do solo se pretende produzir novos inoculantes com o objetivo de aumentar a produtividade vegetal, melhorar a qualidade do solo e reduzir a utilização de fertilizantes químicos, contribuindo assim para uma produção mais sustentável do ponto de vista económico e ambiental, oferecendo benefícios à população direta e indiretamente envolvida.

Este projeto enquadra-se perfeitamente à minha realidade, uma vez que a minha família possui uma exploração agrícola de criação de ovinos para a produção de carne em Vila Nova de São Bento (Serpa), em que a principal fonte de alimentação são as pastagens, para além de que é uma zona com condições de solo e clima muito semelhantes ao local onde foi realizado o estudo. Nestas zonas com solo de baixo potencial produtivo a produção de carne em extensivo, com um encabeçamento e manejo adequado, será a melhor forma de aproveitar os recursos naturais.

Nos sistemas agro-silvo-pastoris as árvores crescem juntamente com culturas agrícolas, pastagens e gado. Entre os sistemas silvopastoris tradicionais portugueses, os montados (*Quercus suber*, *Quercus rotundifolia*) do Sul do país são definitivamente os mais emblemáticos e com maior relevância económica, tratando-se de sistemas fechados em que as diversas produções estão integradas e valorizadas economicamente (Fernández-Núñez e Castro, 2016).

1.1 Objetivo

Com o intuito de capitalizar o projeto “Novinoc” (que também foi direcionado para os inoculantes), surge o projeto “Ecoseed” que incide sobre o desenvolvimento de um conjunto de ações em misturas biodiversas ricas em leguminosas, neste caso para pastagem, tendo como objetivo principal a utilização de microrganismos promotores do crescimento. No caso das leguminosas foram bactérias fixadoras de azoto e no caso das gramíneas foram rizobactérias promotoras do crescimento de plantas ou PGPR (do inglês, Plant Growth Promoting Rhizobacteria), que beneficiam as plantas atuando em processos importantes na sua fisiologia e desenvolvimento, conferindo resistência a stresses tanto bióticos como abióticos nas misturas da Fertiprado com o propósito de

reduzir a fertilização química e adaptar todos estes produtos à questão das alterações climáticas.

Estes trabalhos são importantes dada a necessidade de aumentar as produtividades sem recurso a um uso excessivo de fatores de produção dado o seu crescente custo e impacto nos ecossistemas.

O objetivo do presente trabalho é o de avaliar a performance dos inóculos utilizados nas misturas de sementes na sua resposta à fertilização fosfatada.

De destacar o facto destes projetos representarem parcerias entre universidades, institutos de investigação e empresas resultando numa aplicação prática resultando num benefício para os agricultores e para a produção nacional e internacional.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 – Pastagens

2.1.1 - Conceito de pastagem

Segundo Moreira (2002), pastagens, prados ou culturas pratenses são comunidades de plantas geralmente herbáceas, aproveitadas predominantemente no próprio local em que crescem pelos animais em pastoreio. São constituídas principalmente por plantas de porte prostrado ou semi-prostrado, de forma a resistir à ação de desfolha, pisoteio e dejeção provocada pelos mesmos enquanto se alimentam e repousam, apresentando por isso uma maior concentração de biomassa próximo da superfície do solo.

As culturas pratenses e forrageiras, especialmente quando fornecidas em pastoreio direto, estão associadas a sistemas de produção animal altamente eficientes economicamente e a produtos de qualidade superior. Além disso, consegue-se garantir a sanidade e o bem-estar do efetivo, fatores muito valorizados nos dias de hoje, conferindo um valor acrescentado aos produtos (Cavaco & Calouro, 2006). Para além do aproveitamento pelos animais, as pastagens, quando inseridas em sistemas agrícolas sustentáveis, fornecem vários serviços à sociedade na ocupação e organização do território combatendo a desertificação, e desempenham um papel importante quando inseridas nas rotações de culturas ao proteger o solo da erosão e permitir o aumento do teor de matéria orgânica (MO) (Freixial & Barros, 2012a).

2.1.2 - Relevância das pastagens em Portugal

Em maio de 2023 Portugal tinha já 35% do território em seca severa e extrema (IPMA 2023), afetando sobretudo a zona do Alentejo, onde praticamente não choveu desde janeiro, levando à perda quase total das pastagens, forragens e cereais, resultando em reservas de alimento escassas e preços bastante elevados para os agricultores.

Segundo Crespo (2011) os produtores pecuários têm optado cada vez mais pela utilização de alimentos compostos em detrimento da erva que consideram como fornecedora de fibra e facilitadora da utilização dos alimentos compostos, e não uma fonte natural de nutrientes. Além disso, uma unidade forrageira (UF) obtida a partir de erva custa apenas 15 a 20% da mesma UF obtida a partir de alimento concentrado. Esta realidade tem contribuído para a adoção de sistemas com elevado consumo de energia e para o mau aproveitamento do solo, com a conseqüente perda de fertilidade e biodiversidade. Para reverter esta situação surgem as pastagens e as forragens ricas

em leguminosas, que quando racionalmente escolhidas e praticadas podem ocupar e valorizar terrenos marginais para o cultivo de cereais (Simões et al., 2016).

Em Portugal 50% da área agrícola (1,8 milhões de ha) é ocupada por pastagens ou prados permanentes. É expectável que devido à perda de competitividade do setor dos cereais, à rápida degradação dos solos e às medidas de apoio da PAC (medidas agro-ambientais) a área de pastagens venha a aumentar (Carmona Belo et al., 2008). A maior parte desta área é ocupada por pastagens naturais muito degradadas, com um encabeçamento inferior a 0,4 cabeças normais (CN/ha/ano): No entanto, é possível duplicar facilmente este número, permitindo aumentar a produção nacional de carne e leite de baixo custo (Crespo 2011).

2.1.3 - Ciclo vegetativo das pastagens de sequeiro

O Sul de Portugal é classificado pela classe Csa, segundo os parâmetros de Köppen-Geiger, o que significa que o Verão é quente e seco e o Inverno é chuvoso e frio, o que vai limitar muito o crescimento da pastagem, no inverno devido às baixas temperaturas e no Verão devido à falta de precipitação (figura 2.1)

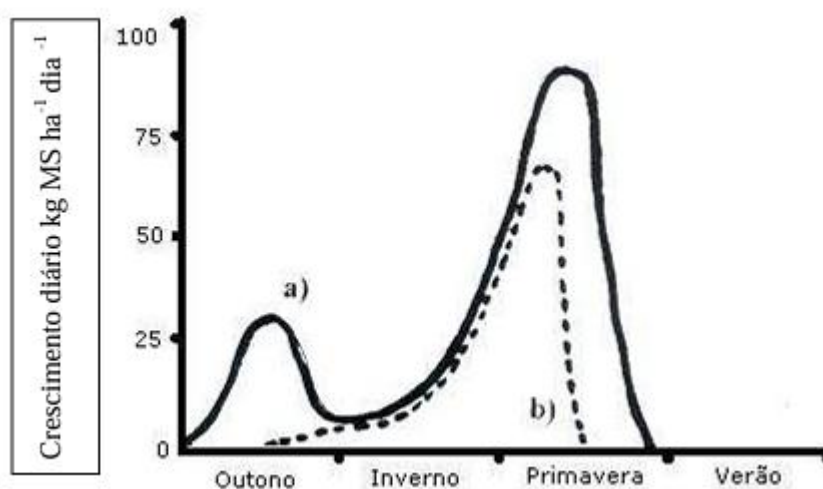


Figura 2.1 - Curva de produção da pastagem nas condições de sequeiro mediterrâneo a) anos de maior precipitação; b) anos mais secos (adaptado de Moreira (2002)).

Como se pode ver na figura 2.1 quando há a ocorrência de precipitação cedo no outono (a) é possível ter um ligeiro pico de produção que pode representar cerca de 15% a 35% do total da produção anual. Na primavera, a conjugação dos fatores humidade, temperatura e radiação proporciona o desenvolvimento da pastagem atingindo o pico máximo de produção que pode representar cerca de 65% a 85% da produção total anual da pastagem (Freixial & Barros, 2012a).

2.2 - Melhoramento de Pastagens de sequeiro

A produção das pastagens de sequeiro nas condições Mediterrâneas está muito dependente da pluviometria que é escassa e sobretudo irregular, limitando a produtividade e as épocas de utilização. A produção das pastagens naturais de sequeiro é muito limitada em quantidade e qualidade com valores médios de produtividade anual de 1440 kg/ha de matéria seca (MS) (Olea, 2011). Barradas (2009), comparou as pastagens naturais, com as pastagens naturais fertilizadas e com as pastagens semeadas e fertilizadas e verificou um incremento bastante significativo da produção em todos os campos, no tratamento pastagem semeada e fertilizada.

Entende-se por melhoramento de uma pastagem o incremento da produtividade das plantas que a constituem. Este objetivo pode ser alcançado de duas formas, quando as pastagens naturais apresentam uma boa e persistente composição florística opta-se pela utilização de técnicas culturais mais adequadas para que as espécies presentes possam expressar o seu potencial produtivo máximo e quando as pastagens naturais apresentam a sua composição florística prejudicada e com fraco potencial quantitativo e qualitativo recorre-se à introdução de espécies melhoradas geneticamente bem adaptadas do ponto de vista edafo-climático. Na maioria das situações só utilizando estas duas técnicas em conjunto é que se conseguem obter os máximos rendimentos, com uma maior produção em quantidade (produção de MS por hectare) e qualidade (teor de proteína e digestibilidade) (Barradas, 2001).

Para o estabelecimento de pastagens de sequeiro mediterrânico são utilizadas espécies e variedades de leguminosas e gramíneas anuais, ou seja, que completam o seu ciclo antes do período estival de forma a produzir sementes e garantir a sua persistência. Por vezes são utilizadas espécies vivazes desde que tenham capacidade de resistência ao período estival (dormência fisiológica ou raízes que consigam obter água de camadas mais profundas).

2.2.1 - Fertilização e correção do solo.

Segundo Carvalho (2018), a generalidade dos solos agrícolas portugueses apresenta baixa fertilidade, principalmente devido ao clima, natureza da rocha mãe e à topografia. O clima mediterrâneo, com um longo período seco, reduz a taxa de formação do solo, e a precipitação intensa no inverno provoca um período de lavagem que causa a acidificação e empobrecimento do solo em nutrientes, bem como a perda de solo por erosão, situação agravada pela topografia acidentada da maioria do território. O homem, através das suas ações, tem contribuído para intensificar estes problemas com o

excesso de mobilização, o que contribui para o aumento do risco de erosão e da taxa de mineralização da MO. É indiscutível que a base das pastagens são as leguminosas, surgem então como fatores limitantes à produtividade das mesmas, na generalidade dos casos, o fósforo e a toxicidade de manganês e/ou alumínio em solos ácidos (80% do território nacional).

Desta forma, antes de mais, são necessárias análises de solo. No caso da toxicidade, o primeiro passo é aplicar calcário, de forma a induzir o aumento do pH e consequentemente reduzir a solubilidade dos elementos responsáveis pela toxicidade, permitindo o normal desenvolvimento das plantas. A reduzida disponibilidade de fósforo e o azoto limita o normal desenvolvimento das plantas, sendo que no manejo das pastagens a fertilização azotada poderá funcionar como elemento estabilizador da mistura, ao manter o equilíbrio das leguminosas e gramíneas, na medida em que uma maior fertilização azotada vai induzir o aparecimento de maior quantidade de gramíneas e vice-versa. As leguminosas são capazes de usar o N₂ atmosférico para satisfazer as suas necessidades azotadas, através da associação simbiótica com bactérias fixadoras de azoto, sendo o P um nutriente essencial ao desenvolvimento das plantas fixadoras de azoto e dos bacteróides no interior dos nódulos rizobianos, sendo indispensável a fertilização com fósforo de uma pastagem rica em leguminosas para garantir um elevado valor alimentar e uma maior riqueza em elementos minerais (Monjardino et al., 2022).

Para obter pastagens produtivas é crucial transpor para as mesmas práticas culturais utilizadas noutras culturas, nomeadamente uma avaliação mais detalhada de cada parcela, devido à variabilidade dos sistemas agro-silvo-pastoris. Para isso poderá recorrer-se a tecnologias como os sistemas de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informação geográfica (SIG) que permitem a implementação de uma gestão diferenciada, adaptando a fertilização ao potencial produtivo do solo, reduzindo os custos e protegendo o ambiente (Serrano et al., 2014).

2.2.2 - Introdução de espécies e variedades melhoradas

A introdução de espécies e variedades melhoradas consiste na utilização de plantas com maior capacidade produtiva, permitindo assim uma possível valorização das zonas de sequeiro. Estas culturas são muito mais exigentes em determinados nutrientes do que culturas tradicionais. Por exemplo, as exigências das leguminosas em enxofre no solo são mais elevadas do que as do trigo (Sfredo & Lantmann, 2007).

Os solos onde estão presentes as pastagens naturais caracterizam-se pelo baixo teor de MO e fósforo (P) assimilável. Os teores de azoto também não chegam a alcançar

os níveis exigidos pelas gramíneas, o que indica a baixa quantidade de azoto fixado pelas leguminosas. Assim, quando se instalam pastagens são introduzidas sobretudo leguminosas, essencialmente de ressementeira natural, para elevar o conteúdo de azoto no solo, não sendo necessário proceder a fertilizações azotadas (Crespo, 1975).

O trabalho de melhoramento e seleção varietal tem vindo a ser realizado no sentido de aumentar a superfície efetiva de pastagens semeadas, sendo necessário dispor de cultivares bem-adaptadas às mais variadas condições edafo-climáticas.

2.2.3 - Utilização de inoculantes inovadores

Com todas as adversidades atualmente enfrentadas pelo setor agrícola, como aumento do custo dos insumos e as alterações climáticas, torna-se crucial o desenvolvimento de práticas agrícolas inovadoras. Surge então a biotecnologia microbiana aliada à agricultura sustentável, em que o estudo da rizosfera tem permitido novas oportunidades de formulação de “bio-insumos” que podem ser utilizados nas diversas culturas com o objetivo de maximizar os benefícios das relações biológicas e reduzir o impacto sobre o meio ambiente, alcançando metas ambientais e económicas mais sustentáveis (Umesha et al., 2018). O efeito positivo destas novas tecnologias só se consegue por meio da adoção simultânea de abordagens relacionadas com a agricultura de conservação. É, portanto, essencial clarificar as recomendações de boas práticas de inoculação.

Ainda que na flora natural possam existir componentes de interesse prático, haverá uma grande dependência da fertilização do solo, nomeadamente com azoto de síntese, para que estas tenham algum valor nutricional, maioritariamente proteína de qualidade. Os fertilizantes azotados têm um custo muito elevado e a obtenção industrial dos mesmos, através do processo tradicional de Haber-Bosch, é atualmente responsável por 1,2% das emissões antropogénicas de dióxido de carbono devido à exigência de grandes quantidades de combustíveis fósseis (Smith et al., 2020). A substituição total ou parcial dos fertilizantes azotados por micro-organismos que fazem a fixação biológica do azoto e que promovem o crescimento das plantas através de outros meios é uma alternativa sustentável para manter ou mesmo aumentar a produtividade das pastagens e forragens (Hungria et al., 2011).

A atual dependência dos fertilizantes químicos e a conscientização em prol de uma agricultura sustentável têm levado à procura de alternativas, surgindo as bactérias fixadoras de azoto atmosférico, as PGPR, os fungos micorrízicos, etc. Os resultados

obtidos têm sido muito satisfatórios com altas produtividades com baixo custo, e sobretudo, com uma menor dependência de insumos (Hungria et al., 2011).

Os microrganismos presentes no solo, em particular as bactérias fixadoras de azoto, desempenham um papel fundamental em solos degradados, como os encontrados em áreas de Montado, ao contribuírem para o fornecimento de azoto ao solo através das simbioses estabelecidas com as leguminosas. (De Castro e Silva et al., 2022)

2.2.3.1 O que são as PGPR?

As PGPR são um grupo de microrganismos benéfico para as plantas devido à sua capacidade de colonizar a superfície das raízes e os tecidos internos das plantas, atuando diretamente na promoção do crescimento, ou indiretamente como agentes de controlo biológico de doenças de plantas e indutores de resistência das plantas a fatores abióticos. (Mariano et al. 2004). Atualmente já existem alguns produtos biológicos à base de PGPR disponíveis no mercado que podem ser utilizados no tratamento de sementes, mudas micropropagadas, incorporados no substrato, tratamento de estacas, tubérculos, raízes, pulverizações na parte aérea e em pós-colheita.

Existem diversos fatores que podem afetar a eficiência dos inoculantes, como por exemplo a baixa fertilidade do solo, salinidade, stress hídrico, altas temperaturas, pragas e doenças. Por isso, é muito importante ter em atenção o método e as condições de aplicação, para que os resultados sejam os pretendidos. Pesquisas também indicam que a promoção de crescimento e o desempenho de algumas bactérias presentes nos inoculantes podem ser específicas para uma determinada espécie, cultivar ou genótipo (Figueiredo et al. 2011).

O efeito dos inoculantes tem sido mais significativo nas leguminosas, o que é explicado pela fixação biológica do azoto. Estas simbioses são altamente específicas, o que obriga a uma seleção rigorosa para a escolha de estirpes com maior eficiência simbiótica. O tratamento das sementes com inoculantes pode ser feito em conjunto com fungicidas, inseticidas e micronutrientes, o que nem sempre é eficiente, pois estes podem causar toxicidade às bactérias e danos irreversíveis nas sementes (Vargas & Suhet, 1980).

Alguns dos microrganismos utilizados podem também ter efeitos antagonistas para alguns agentes fitopatogénicos muito comuns nos sistemas agros-silvo-pastoris como o *Phytophthora sp.* e a *Phytophthora cinnamomi*. (Yang & Hong, 2016).

2.3 Funcionalidade do solo

O conceito de solo era definido como “material não consolidado, mineral ou orgânico, existente à superfície da terra e que serve de meio natural para o crescimento das plantas” (SSSA, 1997). Atualmente sabe-se que o solo é muito mais do que isso, é um suporte de vida do qual todos dependemos, com várias funções como o controlo da qualidade da água, meio de suporte para a produção de biomassa, regulador ambiental, reserva de biodiversidade e funções de natureza socioeconómica. O solo é por isso um recurso multifuncional que não deve ser esquecido na defesa do meio ambiente (Sampaio, 2011).

2.4 Inoculantes utilizados

Para seleccionar os inoculantes a utilizar foi feita uma avaliação de compatibilidades e sinergias entre os microrganismos seleccionados nos projetos NOVINO e ECOSEED.

Na mesma mistura biodiversa foram utilizados três inoculantes diferentes:

Inoculante A

- FCUL para as gramíneas (Dactylis e Azevém) composto por estirpes de *Xanthomonas* sp., *Pseudomonas* sp. e *Stenotrophomonas rhizophila*;
- INIAV para as leguminosas (Trevos) composto por estirpes de *Rhizobium leguminosarum*;
- Fertiprado para a Serradela e Luzerna anual.

Inoculante B

- FCUL para o Dactylis composto por estirpes de *Xanthomonas* sp., *Pseudomonas* sp. e *Stenotrophomonas rhizophila*;
- INIAV para o azevém e leguminosas (trevo) composto por estirpes de *Pseudomonas* sp., *Paenibacillus* sp. e *Rhizobium* sp;
- Fertiprado para as Serradela e luzerna anual.

Inoculante C (Controlo)

- Inoculantes atualmente utilizados pela Fertiprado para todas as leguminosas presentes (as gramíneas não foram inoculadas).

2.4.1 Desenvolvimento de consórcios microbianos para leguminosas

O consórcio microbiano para os trevos anuais, constituindo maioritariamente por bactérias fixadoras de azoto autóctones, para além de ter uma elevada eficiência simbiótica, tem de ser testado em diversas condições como por exemplo em diferentes tipos de solos, incluindo solos com problemas de toxicidade em alumínio e manganês. Foi também avaliada a motilidade que está relacionada com a capacidade de competição da bactéria contra os rizóbios da população natural.

Outro desafio deste projeto é tentar escolher bactérias antagonistas para a *Phytophthora cinammomi* e para o *Phytophythium*.

Foram feitas contagens das bactérias fixadoras de azoto (rizóbios) do ensaio de campo em todos os tratamentos pelo INIAV, antes da sementeira e 5 meses após a sementeira.

2.4.2 Desenvolvimento de consórcios microbianos para gramíneas

O INIAV desenvolveu inoculantes para gramíneas, em particular para o azevém que é uma componente importante das misturas biodiversas. As gramíneas não conseguem manter relações de simbiose com o rizóbio como as leguminosas, mas existem outros microrganismos no solo que podem associar-se a estas plantas e beneficiá-las, atuando em processos importantes para a sua fisiologia e desenvolvimento, nomeadamente na raiz, designando-se por isso rizobactérias promotoras do crescimento de plantas.

Podem ser consideradas 3 categorias de atividades promotoras do crescimento de plantas (Cardoso et al. 1992):

- Aumento da disponibilidade de nutrientes – algumas bactérias do solo fixam azoto, mas não formam nódulos radiculares na planta hospedeira, sendo a eficiência menor do que nas leguminosas. Estas bactérias também podem solubilizar o fosfato que está imobilizado no solo, o que é muito importante porque em muitos solos este nutriente apesar de estar presente, não está disponível;
- Estimulação direta do crescimento das plantas – as bactérias podem produzir fitohormonas que estimulam o crescimento das plantas ou por interferência na biossíntese de fitohormonas na planta;
- Proteção contra agentes patogénicos por supressão ou antagonismo – através da competição direta pelo espaço ou por nutrientes, ou ainda por estimulação do sistema imunitário da planta induzindo a resistência a doenças e stress abióticos.

Neste projeto o objetivo é encontrar um conjunto de bactérias que reúnam o maior número possível destas atividades e que apresentem algumas características interessantes do ponto de vista de tolerância a situações adversas de pH, temperatura, etc. Foram analisadas várias bactérias em laboratório e selecionaram-se cinco provenientes de solo de montado (autóctones), todas compatíveis.

A FCUL desenvolveu um consórcio para a inoculação das gramíneas, mas neste caso para o *Dactylis glomerata*, com características muito semelhantes ao desenvolvido pelo INIAV para o *Lolium multiflorum* (azevém).

3. Material e métodos

3.1 - Localização da parcela

A parcela em estudo localiza-se na freguesia de Abela, no concelho de Santiago do Cacém, com o seu centroide na latitude 38° 2'10.17"N e longitude 8°33'39.66"W. Com uma área de aproximadamente 4,5 ha, esta pequena zona, inserida numa herdade dedicada à pecuária, tinha sido mobilizada há quatro anos com o objetivo da instalação de uma pastagem permanente; no entanto, a mesma encontrava-se já bastante degradada, estando uma grande parte ocupada por sargaços (*Cistus salviifolius*).

O projeto Ecoseed exigia que fosse considerado um solo marginal em sistema agro-silvo-pastoril, sendo esta parcela ideal, pois, apresenta na sua composição arbórea pinheiros e sobreiros. Neste campo eram também feitas gradagens frequentemente para controlar infestantes como a *Cistus ladanifer* (esteva), *Cistus monspeliensis* (sargaço) e *cistus crispus* (roselha), que prejudicam o desenvolvimento da pastagem pastoreada por ovinos.

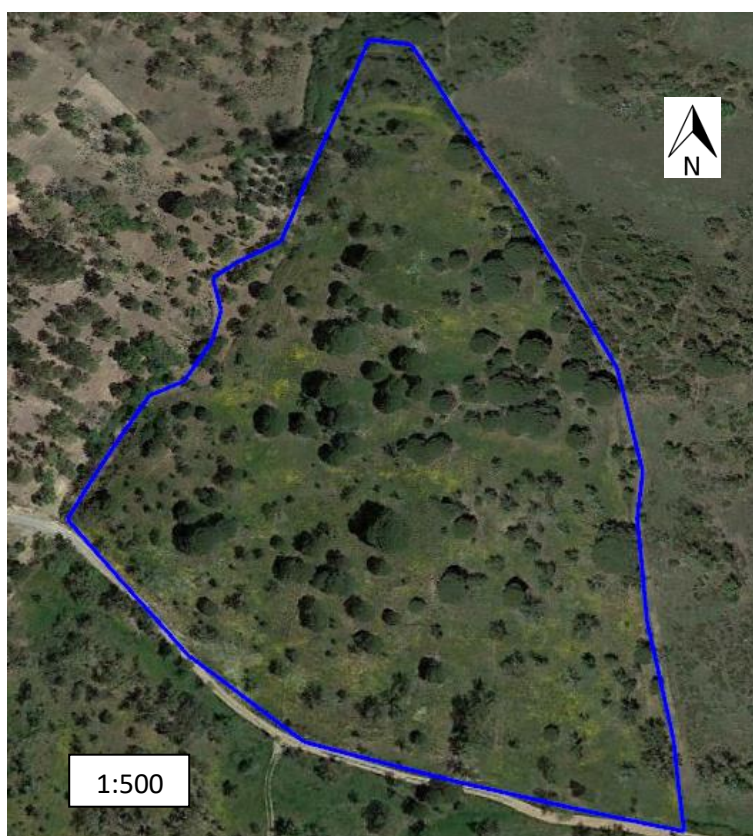


Figura 3.1 - Parcela em estudo à escala de 1:500.

3.2 - Caracterização Edafo-Climática

3.2.1 - Caracterização climática

Para a caracterização climática da parcela em questão foram utilizados os dados climáticos do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), referentes ao intervalo de tempo entre os anos de 1981 a 2010. A estação meteorológica de onde foram recolhidos os dados foi a de Beja.

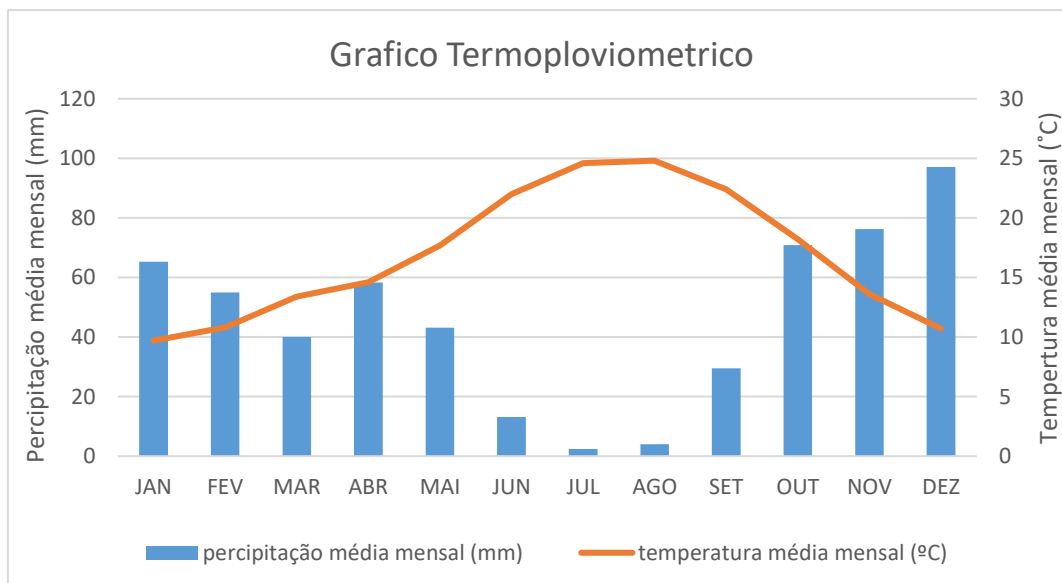


Figura 3.2 Gráfico Termopluviométrico com os dados referentes à Normal Climatológica de Beja (1981-2010) (Fonte:IPMA)

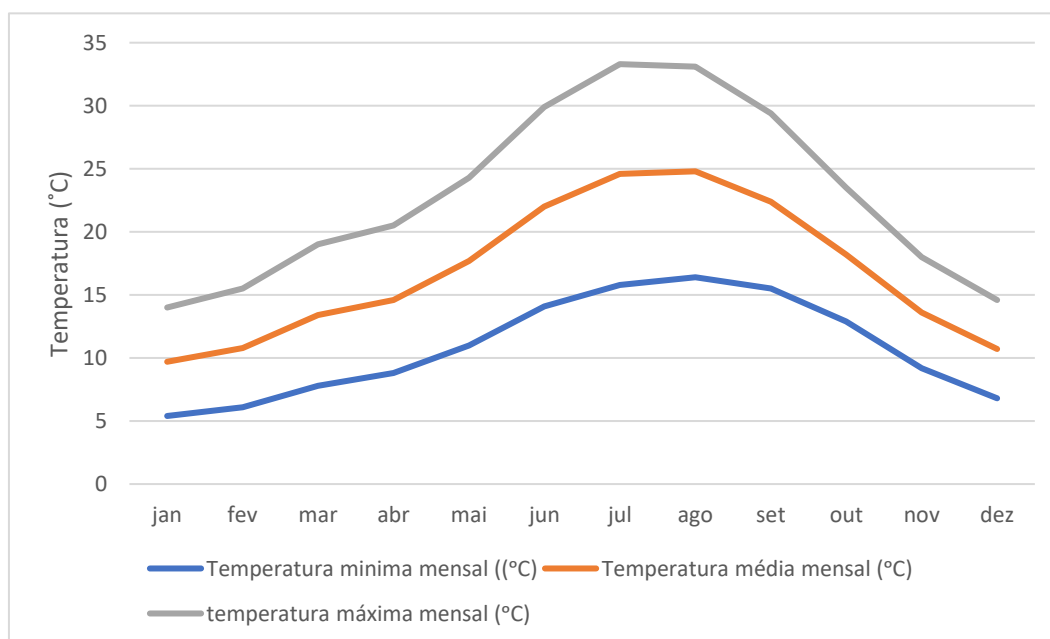


Figura 3.3 - temperaturas mínimas, médias e máximas da normal climatológica da estação de Beja (1981-2010) (Fonte:IPMA)

O encarregado da herdade onde foi realizado o ensaio recolheu, com a utilização de um pluviómetro, e registou a pluviometria no local exato do ensaio (figura 3.4).

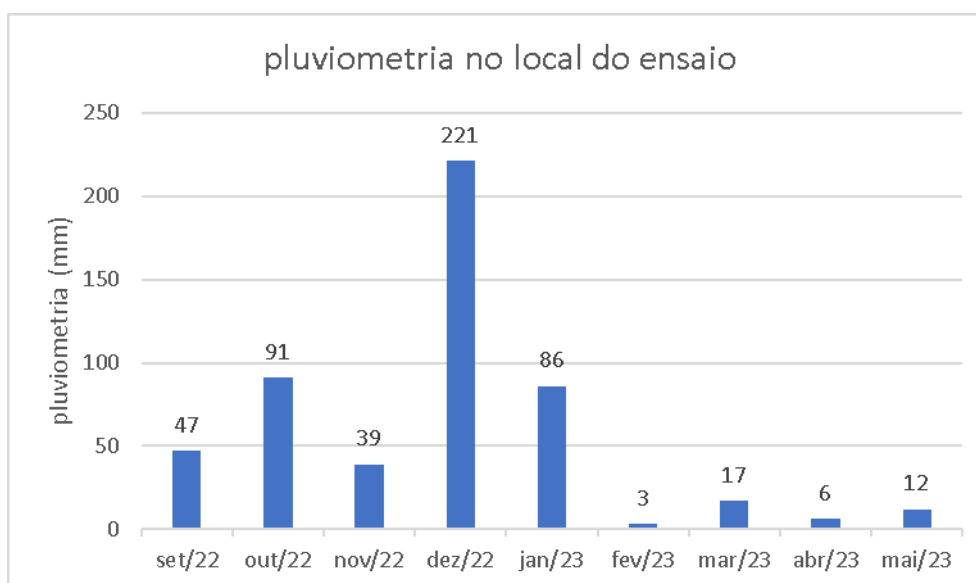


Figura 3.4. Pluviometria no local do ensaio

3.3 - Metodologia experimental

A metodologia implementada consistiu na utilização de três consórcios microbianos diferentes na mesma mistura biodiversa semeada com três níveis de fertilização fosfatada (sem fertilização/70% das necessidades em P/100% das necessidades em P), ou seja, a parcela foi dividida em 9 tratamentos diferentes (3 inoculantes x 3 fertilizações), como mostra o quadro 1.

Quadro 3.1 – Esquema com os 9 tratamentos em estudo

		Fertilização (superfosfato 18)		
		0 (0 kg/ha)	1 (165 kg/ha)	2 (230kg/ha)
Mistura	A	A0	A1	A2
	B	B0	B1	B2
	C	C0	C1	C2

3.3.1 Correção do solo, fertilização e sementeira

Foi realizada uma correção do pH do solo com 1500kg/ha de Tudimag (óxido de cálcio + óxido de magnésio), a quantidade de calcário a aplicar foi indicada pelo professor doutor Mário Carvalho com base nas análises de solo (quadro 3.2).

Quadro 3.2 - análises de solo

pH água	5,1
pH KCL	4,1
Reação do solo	Ácido
Teor de M.O(%)	2,66 (médio)
Fósforo (ppm)	13 (muito baixo)
Potássio (ppm)	446 (muito alto)

A densidade de sementeira foi de 25 kg/ha (17 kg de leguminosas e 8 de gramíneas). A mistura utilizada é composta por trevos, luzerna anual, serradela, azevém anual e *Dactylis glomerata*.

Em relação à fertilização foi aplicado apenas fósforo à sementeira utilizando o Superfosfato 18 (18% de P_2O_5) com 3 densidades de aplicação diferentes (0 kg/ha, 165 kg/ha e 230 kg/ha)

3.3.2 Cronograma

No quadro 3.3 estão expressas todas as operações realizadas na parcela em estudo, bem como a respetiva data de realização.

Quadro 3.3 - Calendário com as operações realizadas na parcela em estudo

Operação (alfaia utilizada)	Data
Recolha de amostras de solo, marcação do campo e das arvores com sintomas da presença de Phytophthora	outubro
Calagem (distribuidor pendular) (figura 3.6)	26 de novembro
Gradagem (grade de discos) (figura 3.5)	26 de novembro
Adubação à sementeira + sementeira (distribuidor pendular) (figura 3.7)	27 e 28 de novembro
Rolagem (rolo destorroador) (figura 3.8)	27 e 28 de novembro
Acompanhamento do ensaio	novembro a maio
3 Avaliações/cortes	1 de março/26 de abril/23 de maio



Figura 3.5 – Gradagem com grade de discos



Figura 3.6 – Calagem com distribuidor pendular



Figura 3.7 – Sementeira com distribuidor pendular



Figura 3.8 – Rolagem com rolo destorroador

3.4 - Amostragem de campo

3.4.1 - Amostras de solo

Foram recolhidas cinco amostras de solo por cada tratamento, a uma profundidade de 20 cm, distribuídas na parcela de modo a serem o mais representativas possível, para determinar as necessidades de fertilização e correção do solo, bem como para a contagem do número de bactérias. Cada amostra continha cerca de 1 kg de solo (figura 3.9)



Figura 3.9 - Recolha de amostras de solo

Foram também recolhidas amostras para deteção de *Phytophthora*, neste caso em cada árvore identificada na figura 3.10, recolhendo-se 4 sub-amostras da zona superficial do solo, até 15 cm de profundidade, a uma distância de 1 metro do tronco. A quantidade de cada amostra compósita foi de 1 kg. Este procedimento foi repetido 3 vezes ao longo do ensaio, sempre nas mesmas arvores, de forma a avaliar a evolução da doença.



Figura 3.10 - Parcela em estudo com representação dos 9 tratamentos e marcação das árvores com sintomas da presença de *Phytophthora*



Figura 3.11 - Procedimento para recolha de amostras de solo por baixo da copa das árvores identificadas com sintomas de *Phytophthora*

3.4.2 - Amostras da pastagem

Foram efetuadas 3 avaliações/cortes em cada um dos 9 tratamentos (figura 3.13). Este procedimento consistiu em cortar e recolher a matéria fresca efetuando um corte numa área de 1m² (fig.3.12), recolhendo 4 sub-amostras de forma aleatória em cada tratamento. Nas amostras foi analisada a produção de matéria seca por hectare (PMS) em kg/ha, e a percentagem de proteína bruta e fibra bruta. Pretendia-se analisar também estes parâmetros de todas as espécies presentes, no entanto devido à insuficiente presença da maioria das espécies, não foi possível fazer uma análise individual, pelo que se determinaram estes parâmetros apenas das leguminosas, das gramíneas e outras.



Figura 3.12 - Marcação da área para corte e recolha da amostra com o auxílio de uma estrutura em ferro.



Figura 3.13 - Recolha de amostra da pastagem

3.5 Inoculantes utilizados

Para além da eficiência dos inoculantes, é também importante considerar outros fatores como a viabilidade, durabilidade, facilidade de armazenamento e o custo implícito. Desenvolveram-se então novas formulações com inoculantes líquidos que são uma alternativa à turfa (utilizada atualmente para inocular as leguminosas nas misturas biodiversas da Fertiprado), que não é um recurso renovável sendo limitante com a sustentabilidade associada à política agrícola comum.

A formulação do inoculante deve criar um microambiente apropriado e uma proteção física prolongada que evite a morte dos microrganismos e que promova a sua viabilidade e eficácia. Na inoculação com inoculante líquido foi aplicada goma arábica, que permite a manutenção do número de células e da eficácia simbiótica, e carbonato de cálcio, que compensa o pH naturalmente ácido da goma arábica, funciona como revestimento externo e promove a dispersão das células, para além de ser benéfico para o solo. Neste trabalho os aditivos incorporados foram a goma arábica para as leguminosas (5%) e para o azevém (10%) e óleo de neem (0,1%) e citrato (0,01%) para *Dactylis glomerata*.

3.6 Contagens de Bactérias Fixadoras de Azoto (rizóbios) do ensaio de campo

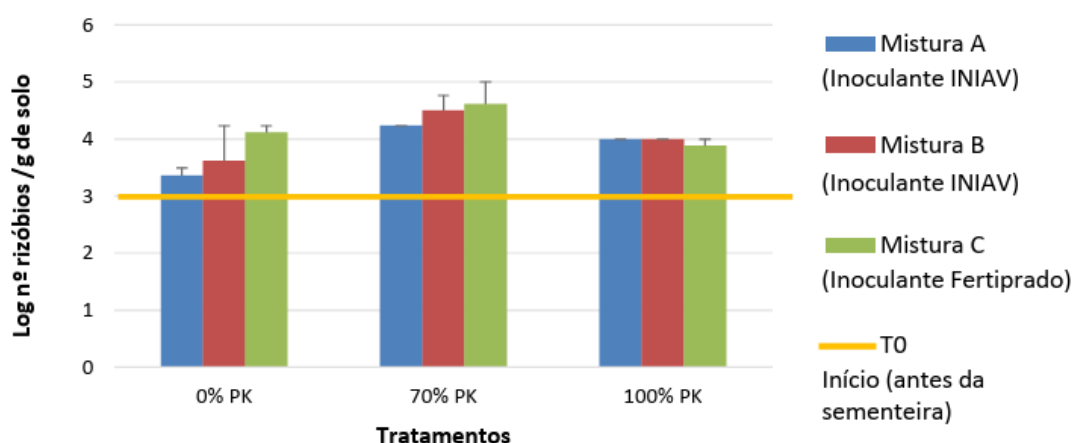


Figura 3.14 - Contagem de bactérias fixadoras de azoto do ensaio (Fonte: INIAV)

A população rizobiana natural contada antes da sementeira mostra que o solo não está tão degradado como o esperado. Segundo o INIAV

3.7 Eficácia da população rizobiana do ensaio de campo

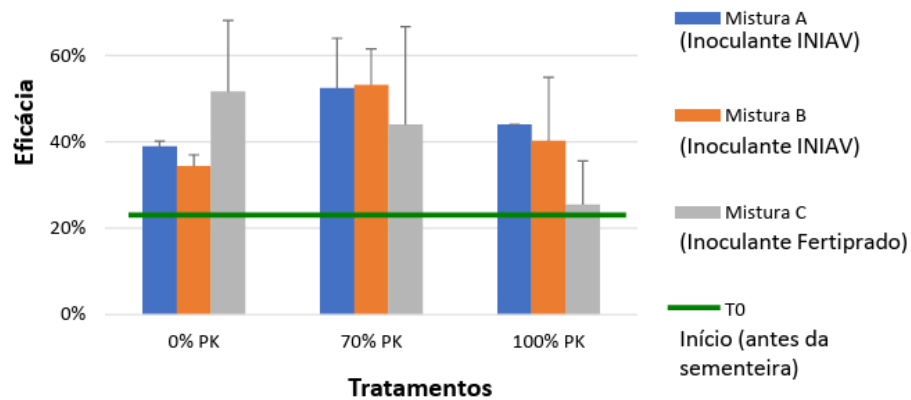


Figura 3.15 - Eficácia da população rizobiana do ensaio de campo (**Fonte:** INIAV)

Como se pode observar na figura 3.15 o inoculante teve um grande impacto no solo, aumentando a eficácia da população rizobiana, que era de apenas 23%, principalmente no tratamento em que se reduziu a fertilização em P para 70% das necessidades da cultura. Como demonstrado por De Castro e Silva et al. (2022), em solos altamente degradados, apenas através da aplicação de biofertilizantes contendo bactérias fixadoras de azoto, foi possível aumentar o estabelecimento das simbioses entre estas bactérias e as leguminosas.

4. Resultados e discussão

4.1 Avaliação da presença de *Phytophthora*

Apesar dos sobreiros identificados apresentarem sintomas da doença (desfoliação e morte da extremidade dos ramos), não foi detetada a presença de *Phytophthora* em nenhuma das amostras recolhidas.

4.2 Avaliação da produção de MS por hectare

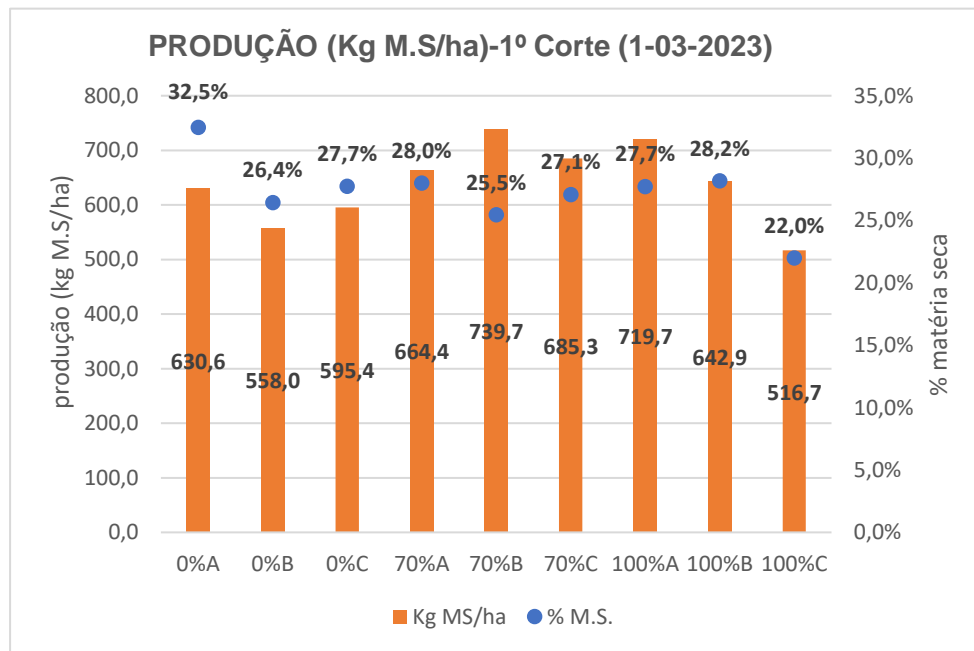


Figura 4.1. Gráfico da produção de MS por hectare no primeiro corte

É importante fazer vários cortes para se conseguir uma avaliação consistente da produção de matéria seca num prado permanente a uma escala real, mas num ano tão atípico o mais relevante é o primeiro corte porque praticamente não choveu a partir do mês de janeiro. Destaca-se ligeiramente a produção obtida no tratamento com 70% de fertilização e a mistura com o inoculante B (739,7 kg MS/ha).

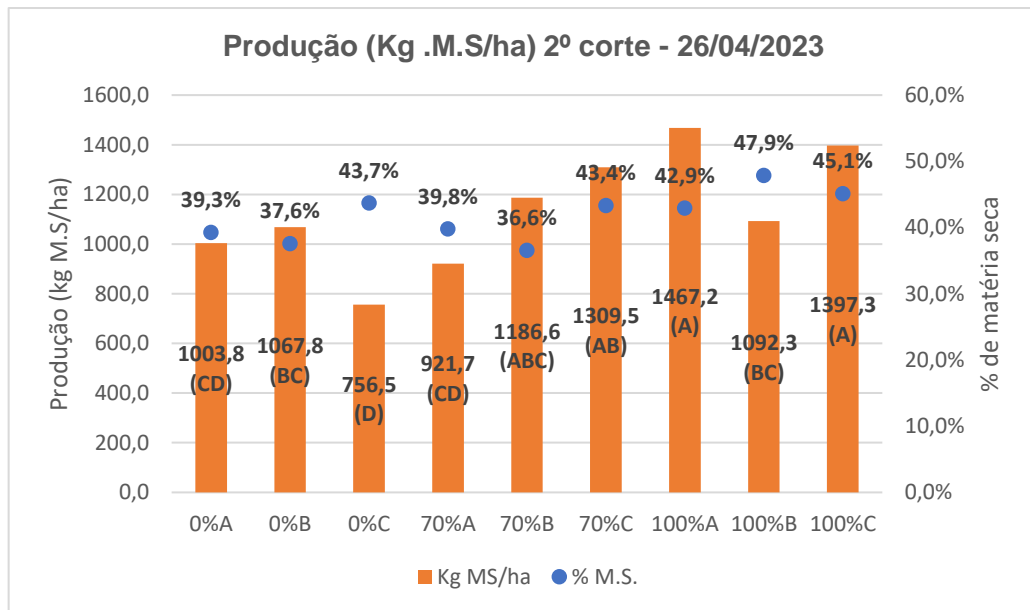


Figura 4.2 – Gráfico de produção de MS por hectare no segundo corte. () Valores seguidos da mesma letra não diferem significativamente para $p \leq 0,05$

Houve diferenças significativas do nível de fertilização 100% em relação aos níveis de fertilização 70 %e 0%. aparentemente o inóculo A e C mostram uma boa resposta à adubação fosfatada, provavelmente devido a variações das estirpes de bactérias inoculantes para gramíneas. Houve também diferenças significativas do nível de fertilização 0 para os níveis de 70 e 100% de fertilização com predominância do inóculo A e C.

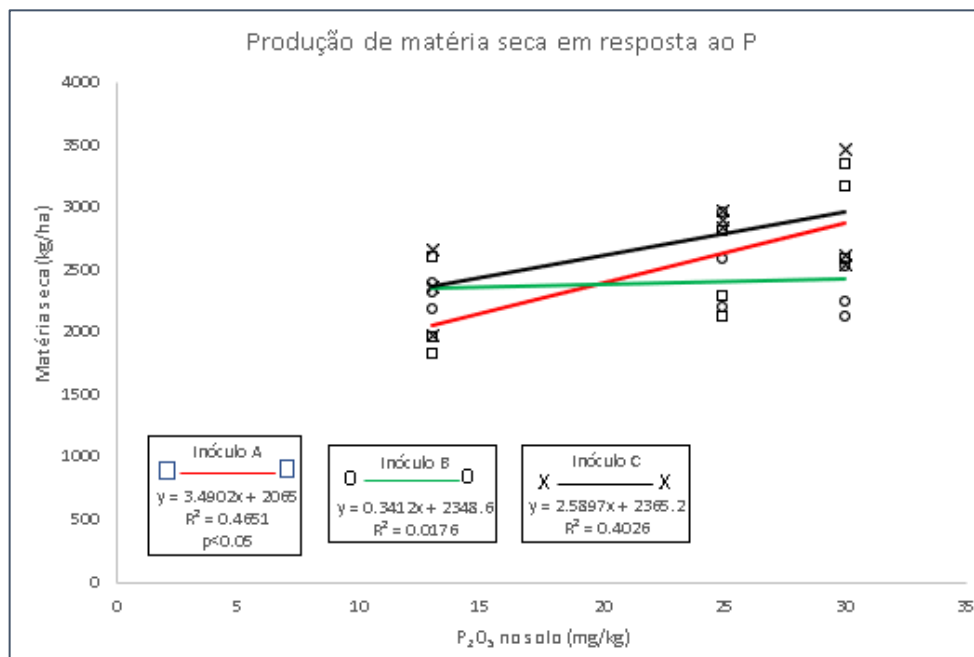


Figura 4.3 - Análise fatorial considerando um modelo de blocos completamente casualizados seguido de uma separação de médias pelo método de tukey da produção de matéria seca em resposta ao fósforo

Devido às alterações climáticas o segundo corte pareceu ser o mais apropriado para a realização de uma análise fatorial considerando um modelo de blocos completamente causalizados seguido de uma separação de médias pelo método de tukey (figura 4.3).

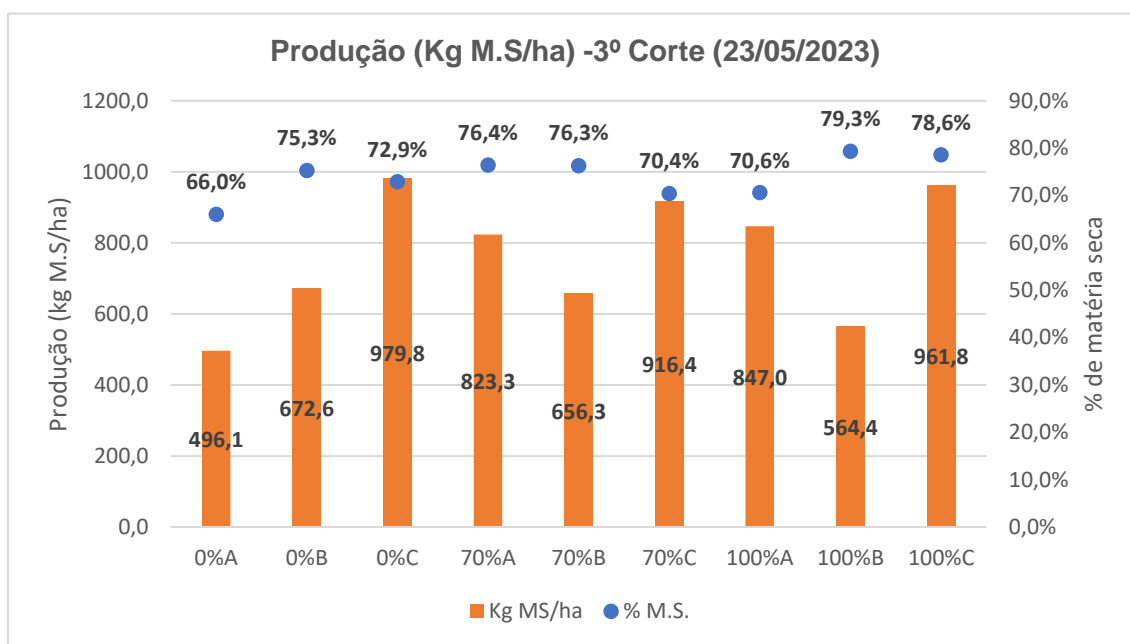


Figura 4.4 - Gráfico da produção de MS por hectare no terceiro corte

No segundo e terceiro corte (figura 4.3 e 4.4) não foi possível obter os resultados esperados com percentagens de MS muito elevadas. Pode destacar-se a produção praticamente constante da mistura com o inoculante C nos três níveis de fertilização destacados no terceiro corte.

4.3 Avaliação da produção de MS por hectare de cada componente (gramíneas, leguminosas e outros)

Foi avaliada a produção de MS por hectare de cada componente de forma a perceber qual a proporção de gramíneas, leguminosas e “outras” presentes na pastagem. “Outras” representa espécies presentes na pastagem que inicialmente não foram introduzidas (plantas naturais).

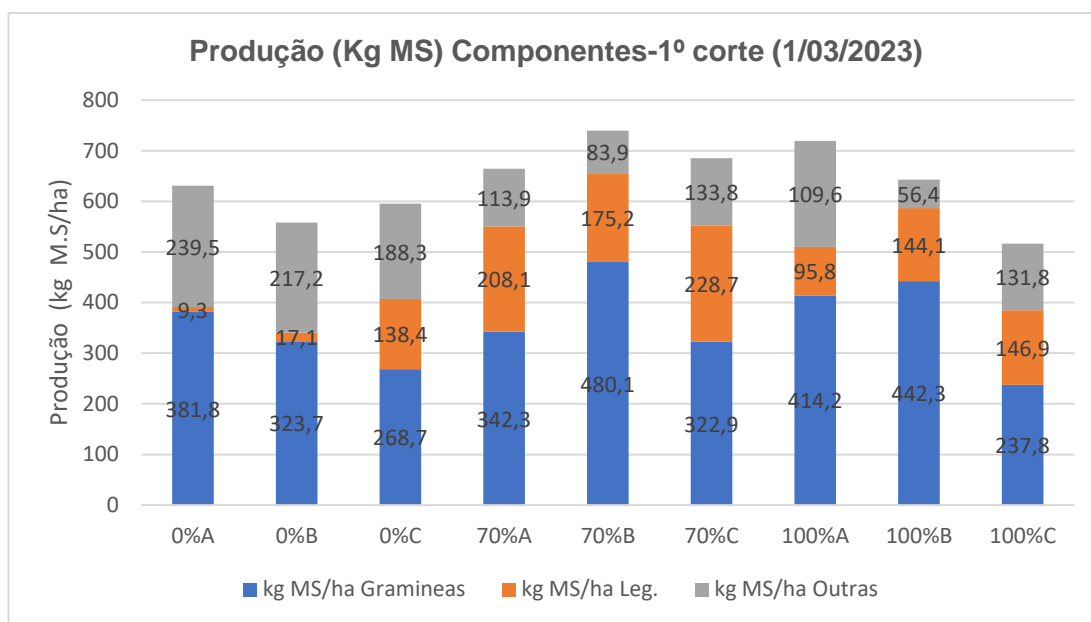


Figura 4.5 - Produção de MS por hectare de cada componente no primeiro corte

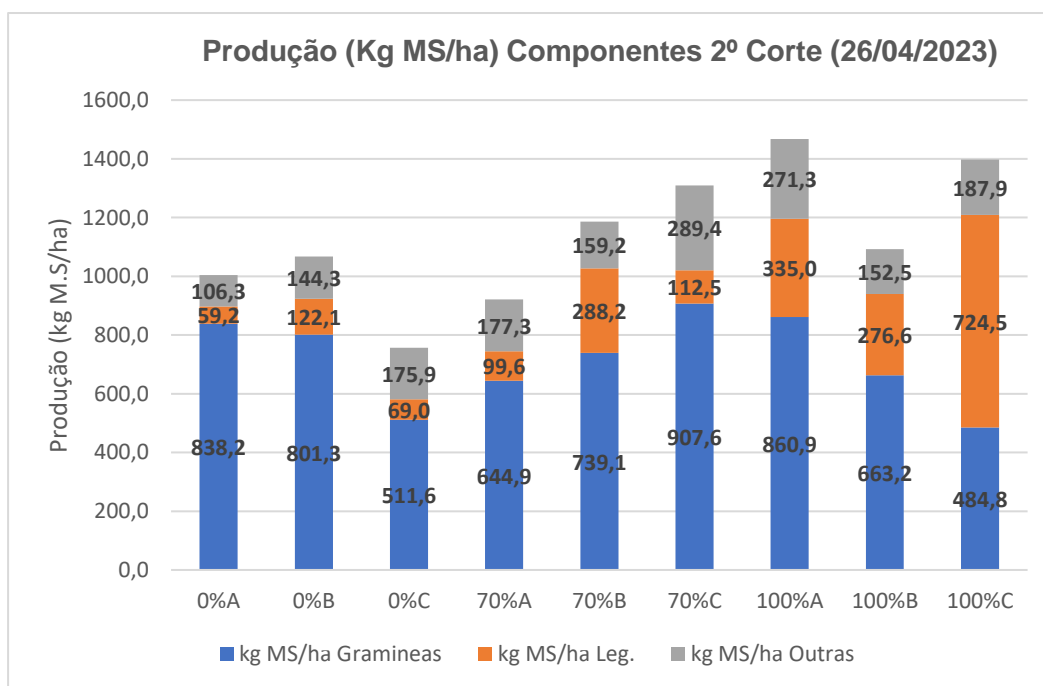


Figura 4.6 - Produção de MS por hectare de cada componente no segundo corte

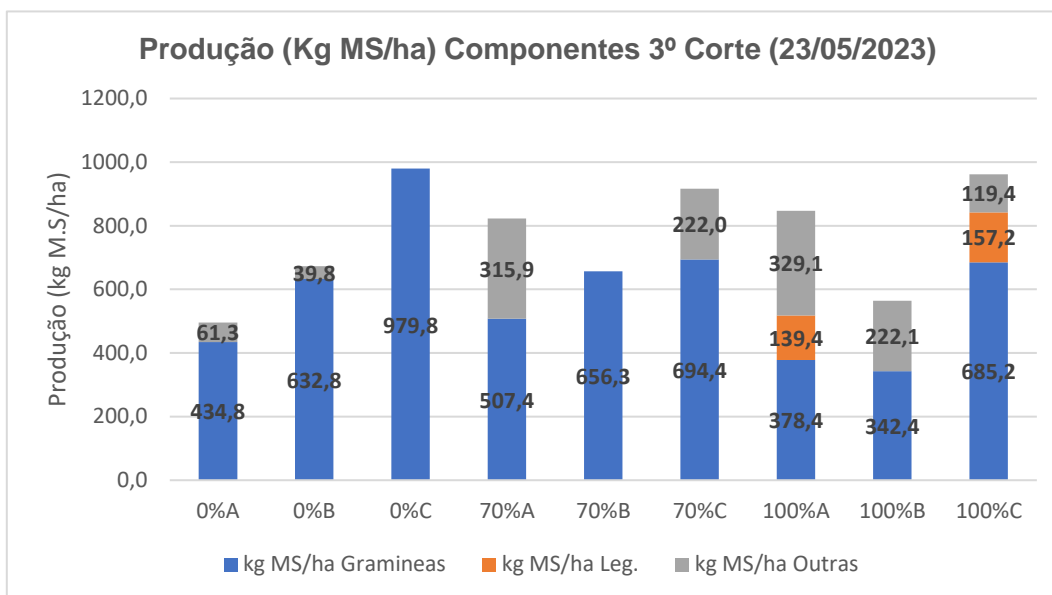


Figura 4.7 - Produção de MS por hectare de cada componente no terceiro corte

Normalmente é no corte em plena primavera que se verifica uma maior produção das leguminosas, contrariamente às gramíneas que se desenvolvem mais no inverno (Crespo, 1975). No entanto, o que se verifica é que as leguminosas estão mais presentes no primeiro e segundo corte (figura 4.5 e 4.6) e praticamente não estão presentes no ultimo corte (figura 4.7), uma vez que à data da realização do mesmo a maioria dos trevos e da serradela já tinham produzido semente e secaram não sendo representativos na amostragem, por exemplo o *Trifolium subterraneum*, que por enrolamento dos caules após a formação da semente enterra-a no solo (Crespo, 1967) ficando praticamente impercetível a sua presença no prado no terceiro corte.

Com a introdução de novos inoculantes nas gramíneas a Fertiprado poderá ter necessidade de futuramente vir ajustar a formulação da mistura comercializada de maneira a equilibrar a proporção de leguminosas e gramíneas. Como o objetivo da Fertiprado é comercializar uma mistura rica em leguminosas, o interesse é que haja uma maior proporção de leguminosas para salvaguardar inclusivamente o fator proteína que cada vez é mais importante e escasso nas explorações agropecuárias. Para determinar novas formulações é obviamente necessário realizar mais estudos.

4.4 Produção acumulada de MS por hectare dos 3 cortes

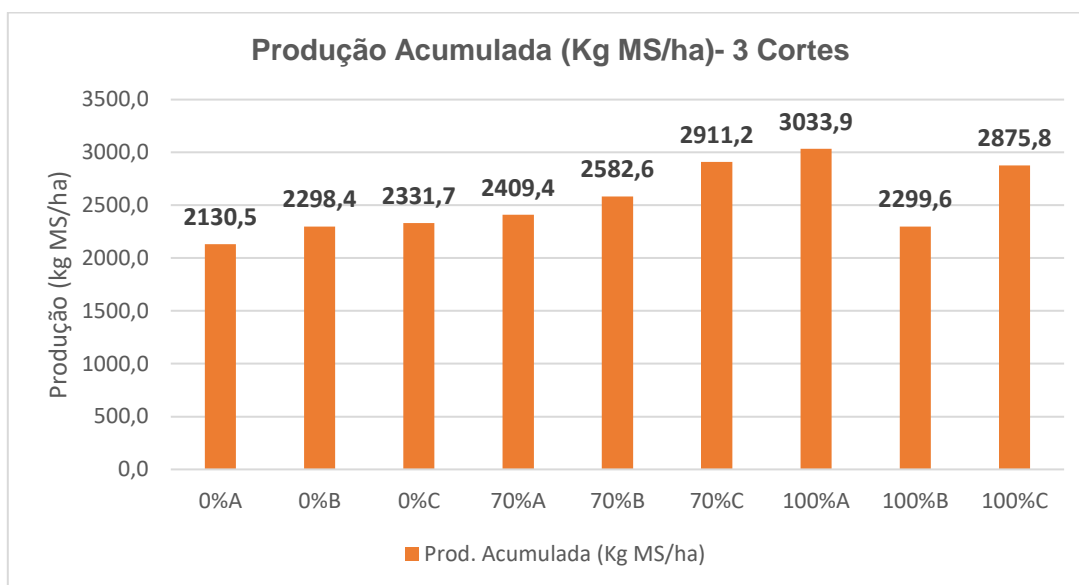


Figura 4.8 - Produção acumulada de MS por hectare

Como se está a estudar a produtividade de um prado permanente é conveniente saber a produção acumulada anual. Destaca-se ligeiramente a produção obtida de 3033,9 kg MS/ha com o inoculante A e com 100% de fertilização (figura 4.8). A média da produção foi de cerca de 2500 kg de MS por hectare, o que é bastante aceitável nas condições de um ano de seca extrema. Não nos podemos esquecer que no ano de instalação da pastagem, é crucial a produção de sementes para o estabelecimento das espécies instaladas (Pardo & Garcia, 1991).

Outros estudos mostraram que as produções de matéria seca em pastagens semeadas e fertilizadas são consideravelmente mais elevadas. Por exemplo, Carneiro e Barradas (2008) alcançaram uma produtividade entre 6000 a 8000 kg/ha de matéria seca, a qual está dentro da faixa indicada pela Fertiprado para prados permanentes de sequeiro, de 4 a 10 ton/ha de matéria seca.

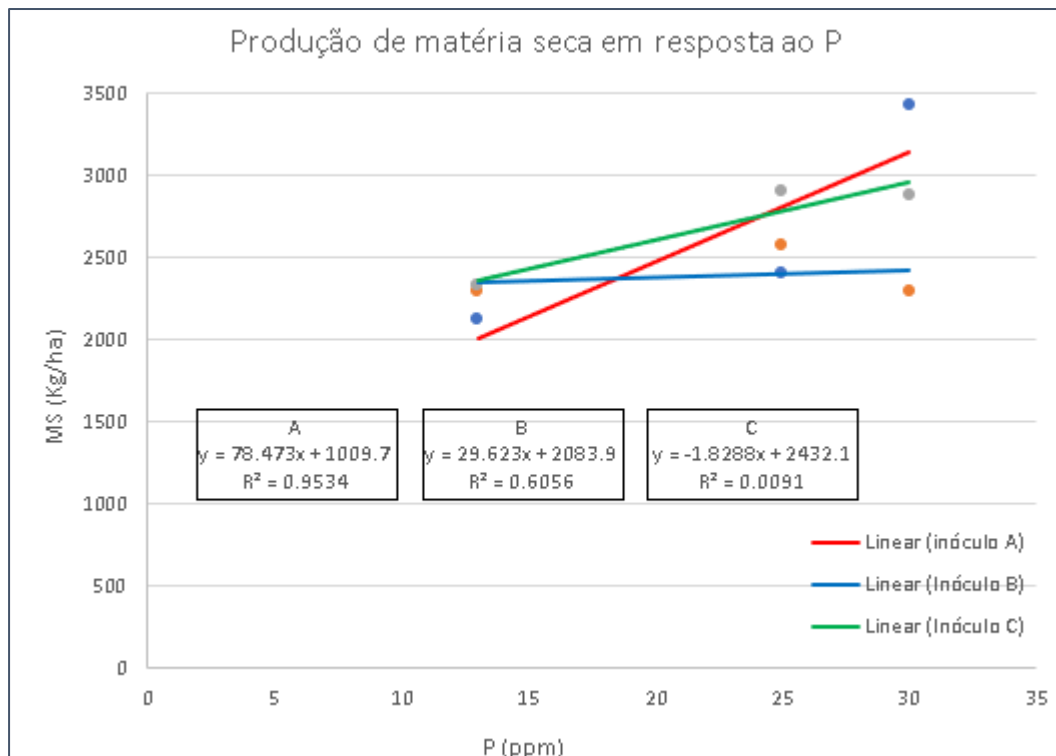


Figura 4.9 - Equações de regressão para a produção de matéria seca para a resposta ao fósforo em relação aos inoculantes

Também na produtividade total dos 3 cortes, efetuadas equações de regressão para a resposta ao fosforo em relação aos inoculantes, se denota uma relação diretamente proporcional e significativa entre a adubação fosfatada e a resposta manifestada pelo inoculo A, provavelmente devido à diferente composição dos inoculantes. (figura 4.9)

4.5 Produção acumulada de MS de cada componente nos 3 cortes

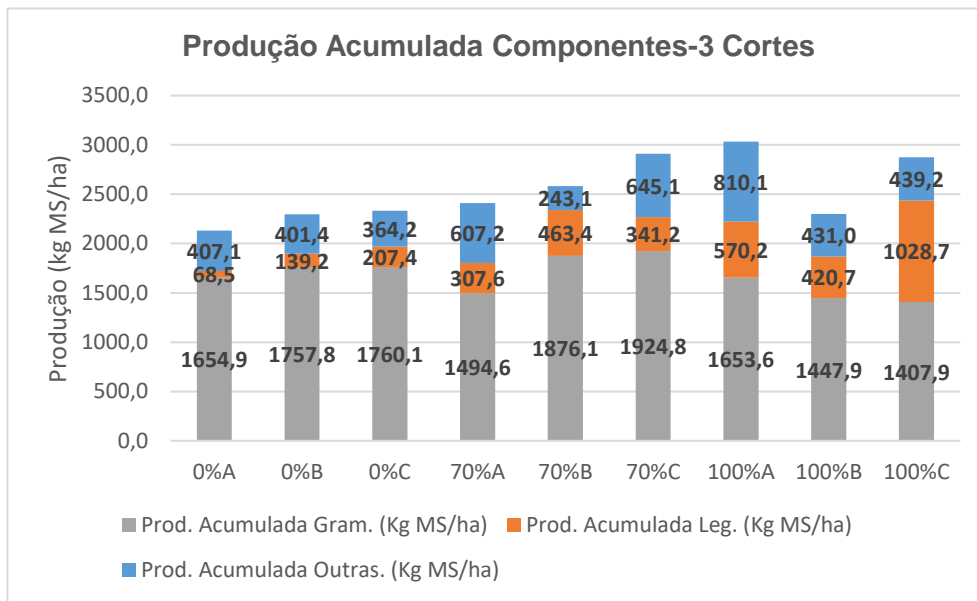


Figura 4.10 - Produção acumulada dos componentes nos 3 cortes

A nível da produção acumulada dos componentes, como se pode ver na figura 4.10, houve um claro domínio das gramíneas em todos os tratamentos. Resultados muito diferentes dos obtidos por Coelho (2016) que verificou um claro predomínio das leguminosas, em pastagens ricas em trevo, onde estas ultrapassaram os 60% da matéria seca.

Os tratamentos com 100% da fertilização em P foram os que apresentaram uma maior quantidade de leguminosas, conforme seria de esperar, pois o fósforo, quando aplicado na quantidade adequada, favorece a fixação de azoto e o aumento da produção de biomassa aérea e radicular (De Castro e Silva et al., 2022). Destaca-se, no entanto, o tratamento C (tratamento controlo) com 100% de fertilização, que registou a maior quantidade de leguminosas.

4.6 Média do efeito do tratamento na produção ao longo dos cortes

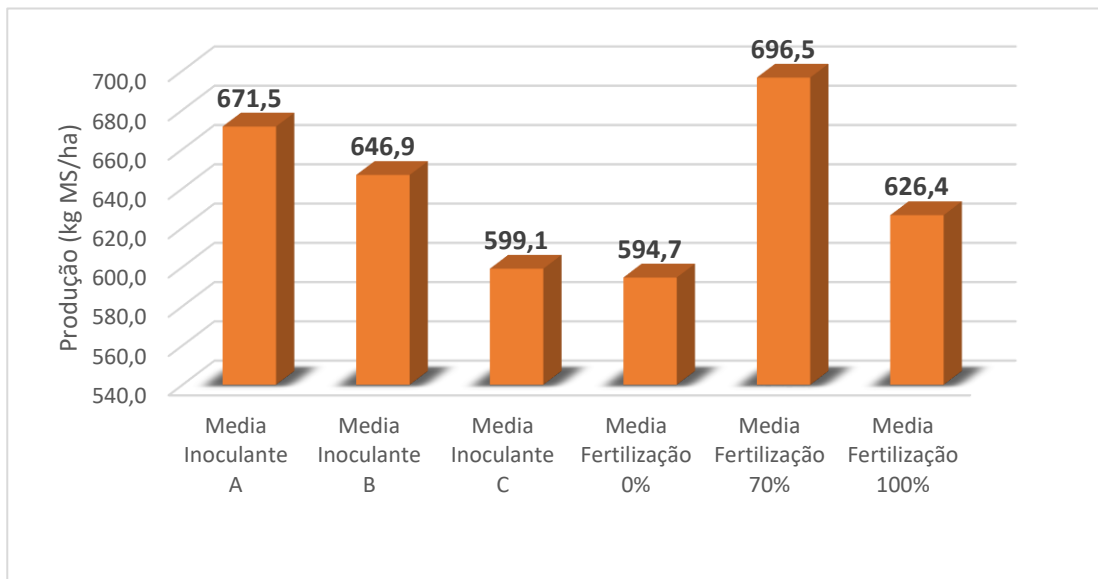


Figura 4.11 - Média do efeito do tratamento na produção no primeiro corte

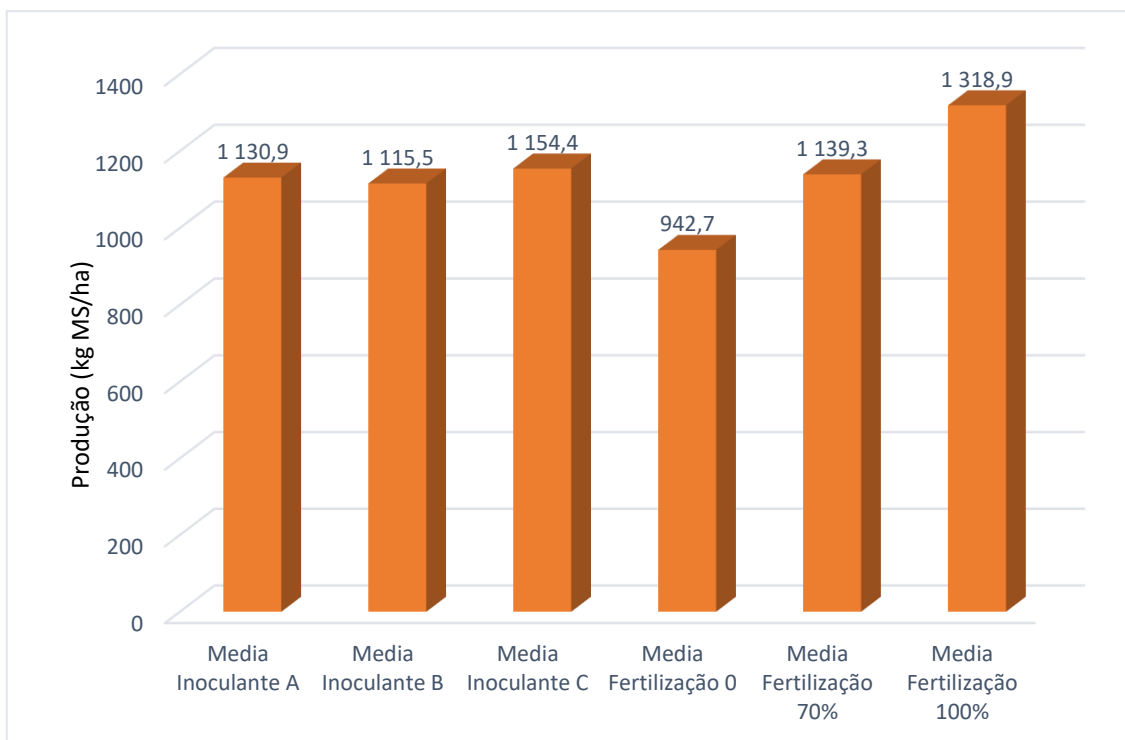


Figura 4.12 - Média do efeito do tratamento na produção no segundo corte

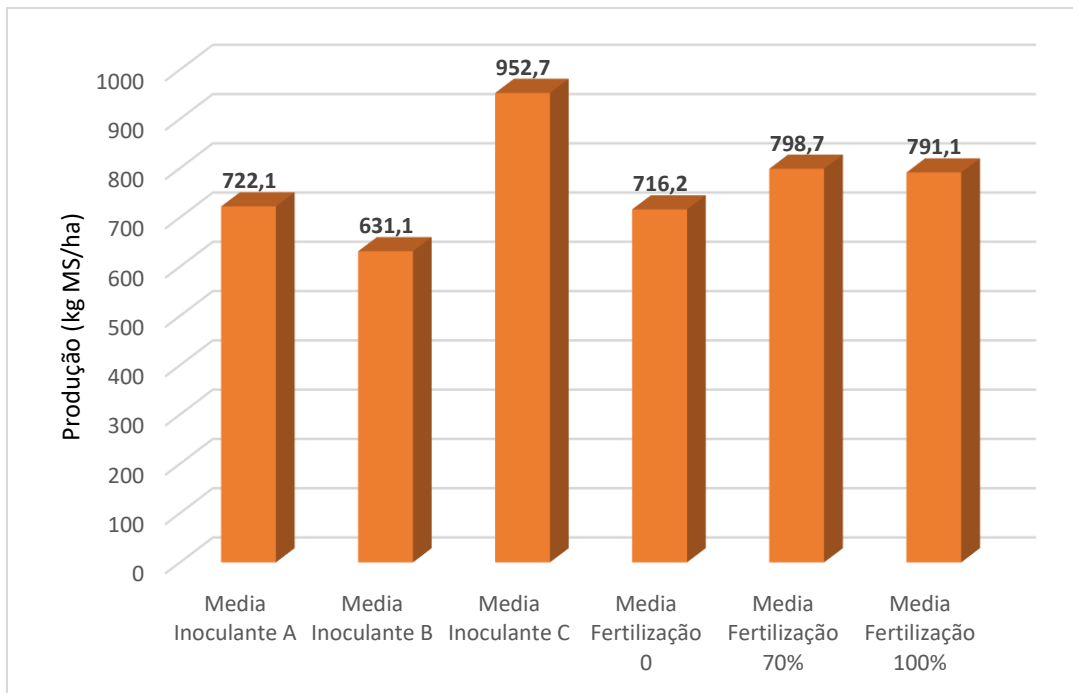


Figura 4.13 - Média do efeito do tratamento na produção no terceiro corte

O fósforo (P) é um nutriente essencial para o crescimento das espécies pratenses e forrageiras e para a bactéria rizobiana, que o utiliza como fonte de energia durante o processo simbiótico de captura de azoto (Boucho, 2016)

É necessário verificar o efeito do tratamento na produção de forma a perceber até que ponto se pode reduzir a fertilização em fósforo com a utilização de cada um dos inoculantes. No primeiro corte (figura 4.11) destaca-se o inoculante A com uma produção de 671,5 kg MS/ha e a fertilização com 70% das necessidades de fósforo da cultura com uma produção de 696,5 kg MS/ha. No segundo corte (figura 4.12) todos os valores foram muito similares não permitindo retirar conclusões. No terceiro corte a utilização do inoculante C permitiu obter a maior produção (952,7 kg MS/ha), não se verificando diferenças em relação à fertilização (figura 4.13).

4.7 Média do efeito do tratamento na produção acumulada (kg MS/ha)

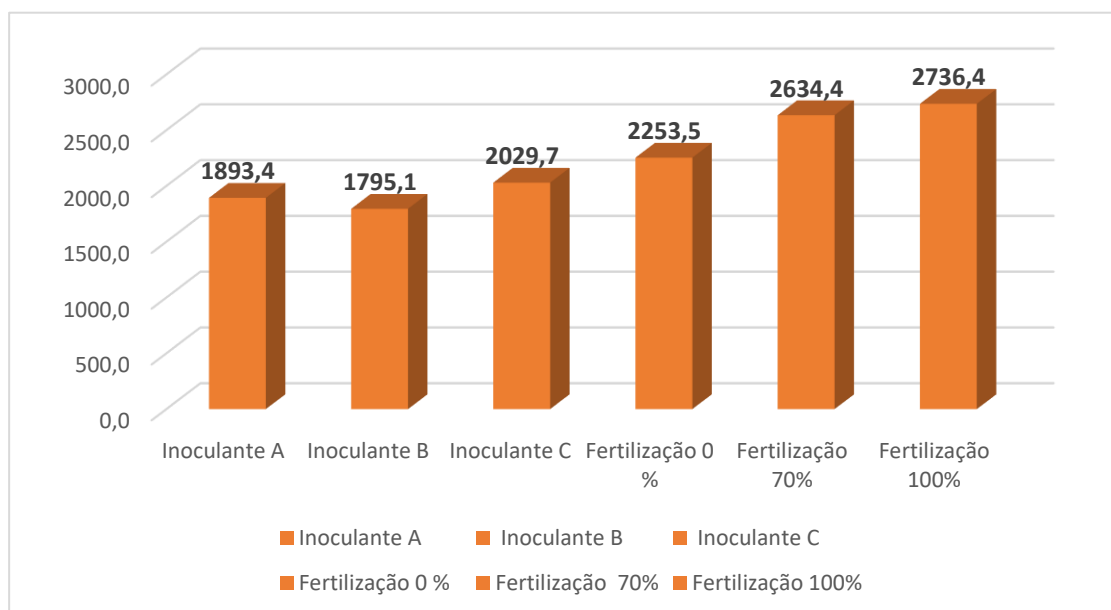


Figura 4.14 - Média do efeito do tratamento na produção acumulada

Em relação ao efeito do tratamento na produção acumulada percebe-se que com a utilização do inoculante C a produção foi ligeiramente superior. Com a fertilização 0 a produção acumulada foi visivelmente mais baixa (2253,5 kg MS/ha) quando comparada com os tratamentos em que houve a aplicação de fósforo, o que demonstra a importância da fertilização fosfatada para o estabelecimento das pastagens ricas em leguminosas (Carvalho, 2018). Praticamente não há diferença entre a produção obtida com 70% e 100% da fertilização em fósforo (2634,4 e 2736,4 kg Ms/ha).

4.8 Avaliação da qualidade (proteína bruta e fibra bruta) nos 3 cortes

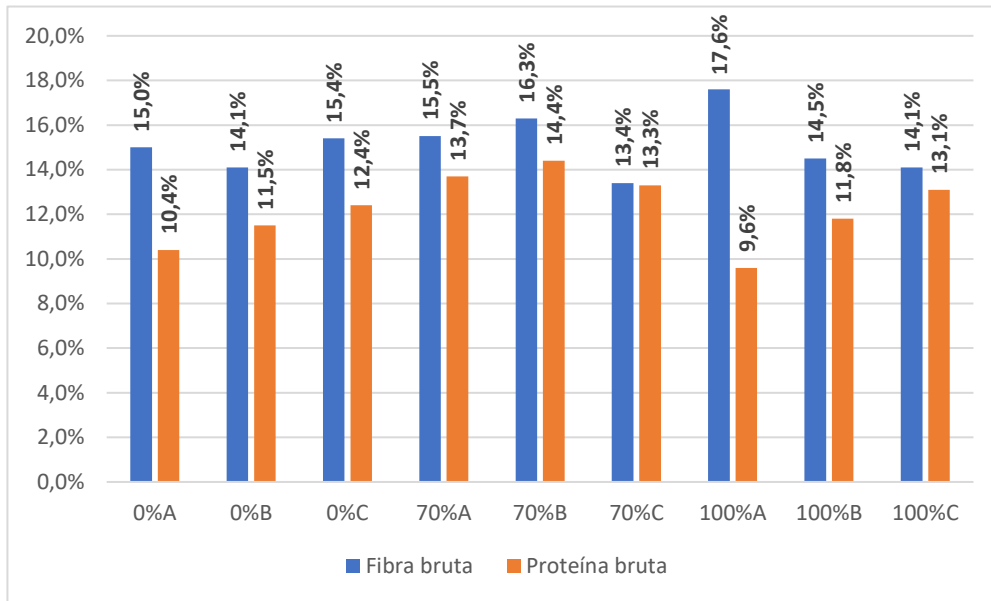


Figura 4.15 - Avaliação da qualidade no primeiro corte

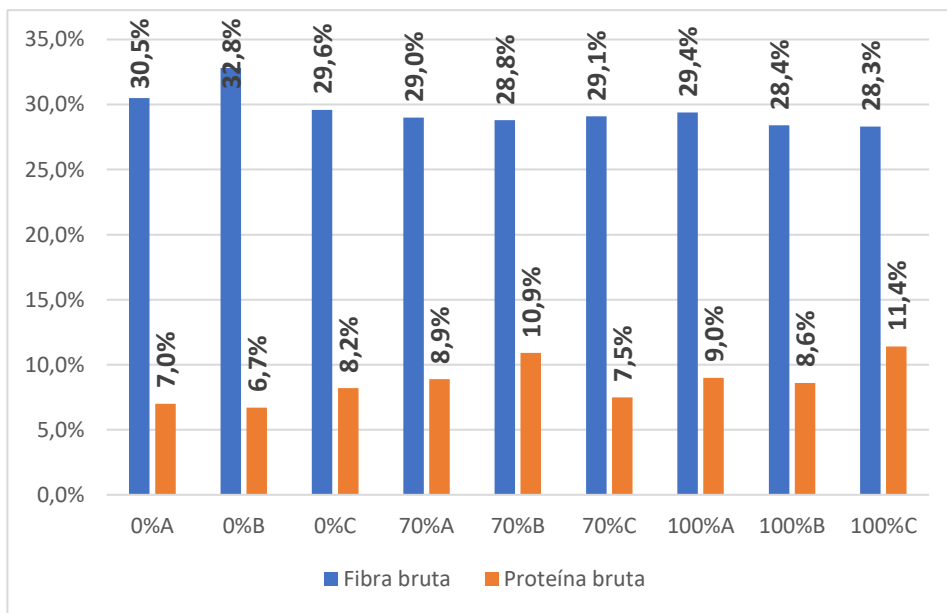


Figura 4.16 - Avaliação da qualidade no segundo corte

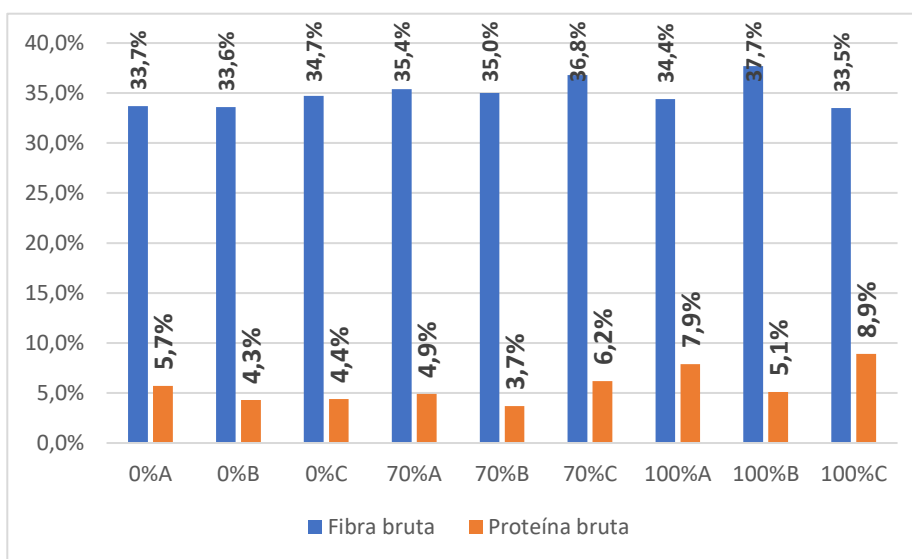


Figura 4.17 - Avaliação da qualidade no terceiro corte

Os dados relativos à qualidade da pastagem, nomeadamente a fibra bruta e a proteína bruta, demonstram novamente o facto do ano agrícola em que foi realizado este ensaio ter sido bastante incomum, dado que os teores de proteína bruta baixam e os de fibra bruta sobem muito a partir do segundo corte (figura 4.16 e 4.17), o que é explicado pela elevada percentagem de MS que as plantas apresentavam e pela baixa quantidade de leguminosas. Seria de facto de esperar que ao longo do tempo ocorresse um aumento da FB e redução da PB resultante da dinâmica fisiológica natural das plantas, uma vez que à medida que estas crescem aumenta a produção de compostos orgânicos, o que leva a uma maior necessidade das plantas em termos de tecidos de suporte e de paredes celulares (celulose, hemicelulose e lignina), aumentando a proporção de caules em relação às folhas (Belo, 2019).

Os valores de PB e FB são razoáveis no primeiro corte, apesar do teor de PB médio da pastagem ter ficado sempre abaixo dos 15%, valor considerado mínimo para que não seja necessária a suplementação dos animais na fase nutricional mais exigente (Whiteman, 1980), o que realça a reduzida presença de leguminosas na composição da pastagem.

Conclusão

As conclusões que podem ser retiradas são ainda muito preliminares, sendo essencial repetir este ensaio, pois o ano em que foi realizado foi muito atípico com temperaturas e pluviometria muito mal distribuídas.

Com a utilização dos novos inoculantes nas gramíneas, poderá haver a necessidade de proceder a ajustes na fórmula com o objetivo de manter uma maior percentagem de leguminosas nas misturas biodiversas comercializadas pela Fertiprado, garantindo a melhoria económica e ambiental contínua do produto.

No segundo e no terceiro corte, a percentagem de matéria seca já era muito elevada e o valor da proteína bruta já estava bastante abaixo do esperado devido ao facto da maioria das leguminosas terem terminado o ciclo precocemente e entrarem de uma forma residual nas amostragens.

Os consórcios microbianos utilizados mostraram um impacto bastante positivo em todo o ecossistema, aumentando a produção de biomassa e a atividade biológica do solo.

A introdução de azoto é dispensável, prejudicando mesmo a funcionalidade da inoculação. Pelo contrário, a não aplicação de fósforo nas leguminosas iria levar a que estas desaparecessem ao longo dos anos, e, portanto, a redução em 30% da fertilização em fósforo é já uma boa meta. É muito importante continuar a estudar estes consórcios microbianos porque ainda há uma grande margem para melhorar a microbiologia do solo.

Este é assim um trabalho muito importante que tem de chegar aos agricultores que serão os principais beneficiários desta tecnologia. O ensaio de campo foi implantando com algumas deficiências, como a sua instalação tardia (28 de novembro) pelo que a cultura não aproveitou os meses de outubro e novembro, que são muito importantes para o seu desenvolvimento, sobretudo das leguminosas que precisam de temperaturas superiores a 12°C para a sua instalação e para nodularem. A pastagem foi instalada num mês em que se registou uma precipitação de 221 mm, seguindo-se uma seca tremenda, fatores este que afetaram muito o desenvolvimento deste ensaio. De qualquer modo, as produções obtidas foram surpreendentes tendo em conta as condições descritas.

Este tipo de estudos é muito demorado porque os resultados precisam de ser confirmados antes que o produto seja lançado no mercado, e é este trabalho que a Fertiprado, o INIAV e a FCUL têm vindo a fazer nos últimos 8 anos (4 no Novinoc e 4 no Ecoseed). Em breve serão feitos ensaios de campo em mais locais para comprovar

os resultados e ajustar os produtos. O objetivo primordial do setor I+D da Fertiprado é a melhoria contínua do produto para satisfazer as necessidades do mercado.

De destacar o facto deste projeto representar uma parceria entre uma universidade, um instituto de investigação e uma empresa, o que resulta numa investigação que tem uma aplicação prática, mas que só terá efetivamente um resultado prático se os agricultores aproveitarem estes estudos para tornar a sua atividade mais eficiente e conseqüentemente mais rentável.

Bibliografia

- Barradas, A. (2001). Caracterização do germoplasma de espécies leguminosas pratenses (dissertação de mestrado, Escola superior agrária de Castelo Branco), 9-18.
- Barradas, A. (2009). Efeito de la mejora de pastos naturales em cuatro tipo de suelos mediterrâneos (Dissertação de Doutoramento, Universidade da Extremadura).
- Belo, C. C. (2019). Pastagens e Pastoreio – Valor Nutritivo e Alimentar. AGROTEC - Prados, Pastagens e Forragens, 27–29.
- Boucho, A. C. M. (2016). *Contributo do fósforo para a eficiência simbiótica de leguminosas pratenses* (Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa (Portugal)).
- Cardoso, E. J. B. N., Tsai, S. M., & Neves, M. C. P. (1992). *Microbiologia do solo* (pp. 33-39). Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Carmona Belo, C., Pereira, M. S., Felício, N., Madalena, J. & Domingos, T., 2008. Sistemas de produção animal extensivos. A pastorícia e os produtos de qualidade. Alentejo e serra da Estrela. In A Silvopastorícia na Prevenção dos Fogos Rurais. M. Belo Moreira e I. Seita Coelho (eds.), pp. 177-196. ISA Press, Lisboa.
- Carvalho, M. (2018) O papel da pastagem na recuperação do solo no montado. Pastagens e Forragens, vol. 35/38: 1-21. <http://hdl.handle.net/10174/23845>
- Cavaco, M., & Calouro, F. (2006). Produção integrada das culturas–pastagens e forragens. *Direção Geral de Proteção das Culturas, Oeiras*.
- Coelho, I., Farinha, N., Carneiro, J. P., Póvoa, O., & Fragoso de Almeida, J. P. (2016). *Avaliação preliminar da produção de pastagens na herdade do freixo* (Dissertação de mestrado, Instituto Politécnico de Portalegre). <http://hdl.handle.net/10400.26/17884>
- Crespo, D. G., (2011). Em tempos de crise qual o papel das pastagens e forragens no desenvolvimento da agricultura. Agrotec: Revista técnico-científica agrícola, 1: 30-32.
- Crespo, D. G. (1975). Pastagens semeadas temporárias e permanentes de sequeiro. *INIA, Oeiras* 3: 14-20.
- Crespo, D. (1967). O trevo subterrâneo e o desenvolvimento agropecuario em Portugal. *Melloramento*, 21, 467-468.

- De Castro Silva, M., Machado, H., & Videira, I. (2022). Os microrganismos do solo no montado: uma estratégia para adaptação às alterações climáticas. *Revista de Ciências Agrárias*, 45(4), 645-648. <https://doi.org/10.19084/rca.28748>
- Fernández-Núñez, E., & Castro, M. (2016). Management of agroforestry systems: ecological, social and economic approaches (Instituto Politécnico de Bragança). <http://hdl.handle.net/10198/13444>
- Figueiredo, M. D. V. B., Seldin, L., de Araujo, F. F., & Mariano, R. D. L. R. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. In: Maheshwari, D. (eds) *Plant growth and health promoting bacteria*. Microbiology Monographs, vol 18, pp. 21-43, Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13612-2_2.
- Freixial, R., & Barros, J. (2012a). Pastagens. Universidade de Évora, Departamento de Fitotecnia. Évora. <http://hdl.handle.net/10174/5107>
- Freixial, R., & Barros, J. (2012). Forragens. Universidade de Évora, Departamento de Fitotecnia. Évora. <http://hdl.handle.net/10174/5106>
- Hungria, M. (2011). Inoculação com *Azospirillum* brasilense: inovação em rendimento a baixo custo. Circular Técnica Embrapa Soja. Londrina. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/879471/inoculacao-com-azospirillum-brasilense-inovacao-em-rendimento-a-baixo-custo>
- INE, I. P. (Instituto Nacional de Estatística), (2011). Recenseamento Agrícola 2009. Análise dos Principais Resultados. Edição 2011. Instituto Nacional de Estatística I. P., Lisboa, Portugal. pp. 185. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=119564579&PUBLICACOESmodo=2
- IPMA, I. P. (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I. P.) (2023). Boletim Climático Portugal Continental maio 2023. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I. P., Lisboa, Portugal. <https://www.ipma.pt/pt/index.html>
- Mariano, R. D. L. R., da Silveira, E. B., de Assis, S. M. P., Gomes, A. M. A., Nascimento, A. R. P., & Donato, V. M. T. S. (2004). Importância de bactérias promotoras de crescimento e de biocontrole de doenças de plantas para uma agricultura sustentável. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 1, 89-111.

- Monjardino, M., Loi, A., Thomas, D. T., Revell, C. K., Flohr, B. M., Llewellyn, R. S., & Norman, H. C. (2022). Improved legume pastures increase economic value, resilience and sustainability of crop-livestock systems. *Agricultural Systems*, 203, 103519. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103519>
- Moreira, N. (2002). *Agronomia das forragens e pastagens*. Vila Real, Portugal: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Olea, L., Paredes, J., & Verdasco, P. (2011). Características productivas de los pastos de la dehesa del SO de la Península Ibérica. *Pastos*, 147-172.
- Pardo, E. D., & Garcia, C. R. (1991). *Praderas y forrajes: producción y aprovechamiento*. Mundi-Prensa.
- Sampaio, E. (2011). O solo e suas funções. <http://hdl.handle.net/10174/4413>
- Serrano, J., Peça, J., Silva, J. M. D. & Shahidian, S. (2014). Avaliação de tecnologias para aplicação diferenciada de fertilizantes: novos conceitos de gestão em pastagens permanentes. *Revista de Ciências Agrárias*, 37(3): 253-269. <http://hdl.handle.net/10174/12432>
- Serrano, J. M. et al. (2007). Variabilidade em pastagens permanentes: contribuição para um projecto de Agricultura de Precisão. *Rev. de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 30, n. 1, p. 267- 275 <https://doi.org/10.19084/rca.15407>
- Sfredo, G. J., & Lantmann, A. F. (2007). Enxofre nutriente necessário para maiores rendimentos da soja. Embrapa Soja. Circular Técnica 53, Londrina PR. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35336/1/2007-Circular-Tecnica.n.53.Enxofre-21x28-OK.pdf>
- Simões, N., Carneiro, J. P., & Carita, T. (2016). Vantagem da melhoria das pastagens para a intensificação da produção pecuária de ruminantes. *Vida Rural*, 32-34.
- Smith, C., Hill, A. K., & Torrente-Murciano, L. (2020). Current and future role of Haber–Bosch ammonia in a carbon-free energy landscape. *Energy & Environmental Science*, 13(2), 331-344. <https://doi.org/10.1039/C9EE02873K>
- SSSA, 1997. Glossary of Soil Science Terms 1996. Soil Sci. Soc. Am. Madison.
- Umesha, S., Singh, P. K., & Singh, R. P. (2018). Microbial biotechnology and sustainable agriculture. In *Biotechnology for sustainable agriculture* (pp. 185-205). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4>

Vargas, M. A. T., & Suhet, A.R. (1980). Efeitos da inoculação e deficiência hídrica no desenvolvimento da soja em um solo de cerrado. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 4, 17-21.

Yang, X., & Hong, C. X. (2016). Diversity and populations of *Phytophthora*, *Phytophthium* and *Pythium* species recovered from sediments in an agricultural run-off sedimentation reservoir. *Plant Pathology*, 65(7), 1118-1125.
<https://doi.org/10.1111/ppa.12488>

Whiteman, P. C. (1980). *Tropical pasture science*. New York: Oxford University Press. p. 392.