

IX congresso ibérico de
AGROENGENHARIA
IX congresso ibérico de
AGROINGENIERÍA

livro de atas · libro de actas

organização · organización



Sociedad Española de Agroingeniería

IX Congresso Ibérico de Agroengenharia

IX Congreso Ibérico de Agroingeniería

Livro de Atas

Libro de Actas

Título: IX Congresso Ibérico de Agroengenharia: Livro de Atas = IX Congreso Ibérico de Agroingeniería: Libro de Actas

Editores: José Carlos Barbosa Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
António Castro Ribeiro Instituto Politécnico de Bragança, Portugal

Execução gráfica: Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança

Edição: 1ª edição, 2018

Instituto Politécnico de Bragança
Campus de Santa Apolónia 5300-253 Bragança, Portugal

ISBN 978-972-745-247-7

URI: <http://hdl.handle.net/10198/17982>

Por favor, use o seguinte formato para citação dos trabalhos apresentados nestas Atas:

Autor(s) (2018). Título. In: J. C. Barbosa, A. C. Ribeiro (Eds.) Atas do IX Congresso Ibérico de Agroengenharia. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, pp. xxx-xxx.

Please, use the following format for citation:

Author(s) (2018). Title. In: J. C. Barbosa, A. C. Ribeiro (Eds.) Atas do IX Congresso Ibérico de Agroengenharia. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, pp. xxx-xxx.

Comissão Organizadora / Comité Organizador

Presidente:

José Carlos Barbosa

Vice-presidente / Vicepresidente:

António Castro Ribeiro

Vogais / Vocales:

Arlindo Almeida

Maria José Miranda Arabolaza

Fátima Batista

José Luis García Fernández

João Verdial Andrade

Luis Leopoldo Silva

Carmen Rocamora Osorio

Álvaro César

Francisco Javier García Ramos

Organização / Organización

Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Bragança

Secção Especializada de Engenharia Rural - Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal

Sociedad Española de Agroingeniería

Patrocinadores e Apoios / Patrocinadores e Apoyos

EurAgEng - European Society for Agricultural Engineers

CIMO - Centro de Investigação de Montanha

Termolan - Isolamentos Termo-Acústicos, S.A. / Rocterm

Vórtice - Equipamentos Científicos, Lda.

Fundação Caixa CA - Crédito Agrícola

Câmara Municipal de Bragança

Comissão Científica / Comité Científico

Presidente: Vasco Fitas da Cruz – Universidade de Évora/ICAAM
Adélia de Sousa – Universidade de Évora/ICAAM
Alfredo Augusto de Carvalho Aires - UTAD / CITAB
Álvaro Ramírez Gómez – Universidad Politécnica de Madrid
Ana Cristina Santos – Universidade de Évora/ICAAM
Ana Isabel García García – Universidad Politécnica de Madrid
Ana Martí de Olives – Universidad Miguel Hernández
Andrés Martínez Rodríguez – Universidad de Valladolid
António Bento Dias – Universidade de Évora/ICAAM
Antonio Brasa Ramos – Universidad de Castilla – La Mancha
Antonio Castro Ribeiro – Instituto Politécnico de Bragança
Antonio Ruiz Canales – Universidad Miguel Hernández de Elche
Antonio Torregrosa Mira – Universidad Politécnica de Valencia
Arlindo Ferreira de Almeida – Instituto Politécnico de Bragança
Bernardo Martín Gorriz – Universidad Politécnica de Cartagena
Carmen Rocamora - Universidad Miguel Hernández
Coral Ortíz Sánchez – Universidad Politécnica de Valencia
Divanildo Outor Monteiro – UTAD
Elsa Cristina Dantas Ramalhosa ESA / IPB
Emilio Camacho Poyato – Universidad de Córdoba
Emilio Gil Moya – Universidad Politécnica de Cataluña
Enrique Ortí García – Universidad Politécnica de Valencia
Enrique Relea Gangas – Universidad de Valladolid
Esperanza Ayuga Téllez – Universidad Politécnica de Madrid
Eugenio García Marí – Universidad Politécnica de Valencia
Fátima Baptista – Universidade de Évora/ICAAM
Fernando Augusto dos Santos – UTAD
Francisco Ayuga Téllez – Universidad Politécnica de Madrid
Francisco Javier García Ramos – Universidad de Zaragoza
Francisco Lúcio dos Santos – Universidade de Évora/ICAAM
Francisco Rodríguez Díaz – Universidad de Almería
Francisco Rovira Más- Universidad Politécnica de Valencia
Henrique Manuel da Fonseca Trindade – UTAD/CITAB
Ignacio Díaz-Maroto – Universidad de Santiago de Compostela.
Jaime Pires – CIMO- Centro de Investigação da Montanha, IPB
João Manuel Serrano – Universidade de Évora/ICAAM
José Alberto Pereira – Instituto Politécnico de Bragança
José Antonio Flores Yepes – Universidad Miguel Hernández de Elche
José Blasco Ivars – Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias
José Carlos Barbosa – Instituto Politécnico de Bragança
José Luís Garcia - Universidad Politécnica de Madrid

José Luis Torres Escribano – Universidad Pública de Navarra
José Manuel Gonçalves – Instituto Politécnico de Coimbra
José Maria Tarjuelo Martín-Benito – Universidad de Castilla-La Mancha
José Rafael Marques da Silva – Universidade de Évora/ICAAM
Luis Leopoldo Silva – Universidade de Évora/ICAAM
Luis Manuel Navas Gracia – Universidad de Valladolid
Luis Val Manterola – Universidad Politécnica de Valencia
Manuel Joaquim da Costa Minhoto – Instituto Politécnico de Bragança
Manuel Moya Ignacio – Universidad de Extremadura
Manuel Pérez Ruiz – Universidade de Sevilla
Margarida Maria Arrobas Rodrigues – ESA-IPB/CIMO
Margarita Ruiz Altisent – Universidad Politécnica de Madrid
María Ángeles Grande Ortíz – Universidad Politécnica de Madrid
Mariano Suarez de Cepeda Martínez – Universidad de Castilla-La Mancha
Martín Barrasa Rioja – Universidad de Santiago de Compostela
Miguel Ángel Moreno Hidalgo – Universidad de Castilla-La Mancha
Miguel Angel Muñoz García – Universidad Politécnica de Madrid
Montano Pérez Teruel – Universidad Politécnica de Valencia
Morris Villarroel Robinson – Universidad Politécnica de Madrid
Pablo Melgarejo Moreno – Universidad Miguel Hernández
Pablo Zarco Tejada – IAS, Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Ricardo Suay Cortés – INRA, Sophia-Antipolis, Francia
Rosa Penélope Gutiérrez Colomer – Universidad Politécnica de Valencia
Rosario Castro Abengoza – Universidad de León
Salvador Calvet Sanz – Universidad Politécnica de Valencia
Victoriano Martínez Álvarez – Universidad Politécnica de Cartagena

Aplicación de la fotogrametría métrica para el cálculo del porcentaje de cubierta vegetal del cultivo de lechuga	1225
José Cordero Gracia, Cesáreo Bas Vivancos, Francisco Javier Mesas Carrascosa, Antonio Ruiz Canales	
Área Temática: Agricultura de Montanha / Agricultura de Montaña	1234
Aparición de la agricultura en las montañas orientales gallegas versus declive del área cubierta por bosques de frondosas caducifolias autóctonas	1235
Ignacio J. Díaz-Maroto, María Consuelo Díaz-Maroto	
Planificación y gestión de los bosques de frondosas caducifolias en la montaña oriental gallega (Ancares-O Courel)	1241
Ignacio J. Díaz-Maroto, María Consuelo Díaz-Maroto	
Obtenção de conservantes e bioativos a partir de matrizes naturais e sua aplicação em produtos alimentares	1247
Caleja, Cristina; Dias, Maria Inês; Pires, Tânia C.S.P.; Roriz, Custódio; Barros, Lillian; Oliveira, M. Beatriz P.P.; Barreiro, Maria Filomena; Ferreira, Isabel C.F.R	
Análise da utilização das ferramentas FlorNEXt® e FlorNEXt Pro® e do seu possível impacto na gestão florestal do Nordeste Trasmontano	1257
Marcelo Fagundes, Luis Nunes, João C. Azevedo, Fernando Perez-Rodríguez	
Short-term response of the canopy arthropod community to fire in a Portuguese olive grove	1266
David Barreales, Sónia A.P. Santos, Márcio Capelo, José A. Pereira, Jacinto Benhadi-Marín	
Eficácia no controlo da erosão de medidas de gestão do solo baseadas em coberturas herbáceas: simulações para a viticultura do Douro, Portugal	1271
Tomás de Figueiredo, Zulimar Hernández, Felícia Fonseca, Jean Poesen	
Produtividade e azoto recuperado de diversas proteaginosas cultivadas em sequeiro e regadio no Nordeste de Portugal	1279
Rosalino Viegas, Margarida Arrobas, M Ângelo Rodrigues	
Resposta do trigo a sementes tratadas com zinco e aplicação de zinco ao solo	1290
Margarida Arrobas, Sandra Afonso, José Norberto P. Coutinho, Fernando Lidon, Ana Sofia Almeida, Fernando Reboredo, Maria Fernanda Pessoa, Paula Scotti, José Semedo, Isabel Pais, M. Ângelo Rodrigues	

Produtividade e azoto recuperado por diversas leguminosas cultivadas em sequeiro e regadio no Nordeste de Portugal

Rosalino Viegas¹, Margarida Arrobas², M Ângelo Rodrigues^{2*}

¹Instituto Superior Politécnico do Cuanza Sul, Angola

²CIMO – Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. *Email: angelor@ipb.pt

Resumo

As proteaginosas são muito valorizadas pela produção de proteína vegetal, por serem culturas de reduzidas necessidades em fertilizantes e ainda por promoverem a fertilidade do solo. Em Bragança ensaiou-se o cultivo de leguminosas pratenses [trevo encarnado (*Trifolium incarnatum*) e trevo subterrâneo (*T. subterraneum*)] para serem usadas como sideração na cultura do milho (*Zea mays*) e várias proteaginosas em sequeiro e em regadio para produção de grão. Em sequeiro foram cultivados grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e feijão-frade (*Vigna unguiculata*). Em regadio cultivou-se feijão-frade, e duas variedades de feijão rasteiro (*Phaseolus vulgaris*), uma habitual no mercado nacional português (Maravilha-de-Piemonte) e outra habitual no mercado angolano (Amarelo), e soja (*Glycine max*) inoculada e não inoculada. A sideração com leguminosas aumentou significativamente a produção de matéria seca de milho e azoto (N) exportado em comparação com vegetação natural (testemunha). Grão-de-bico e feijão-frade cultivados em sequeiro produziram respetivamente 1506 e 955 kg ha⁻¹ de grão. Em regadio obtiveram 2733, 3164 e 3533, kg ha⁻¹ de grão, respetivamente em feijão-comum cv. Maravilha-de-Piemonte, cv. Amarelo e Feijão-frade. Na colheita, a quantidade de N contida no grão foi de 43,7 e 33,0 kg ha⁻¹ respetivamente em grão-de-bico e feijão-frade, permanecendo na palha 6.7 e 10.2 kg N ha⁻¹. Em regadio, na colheita, feijão-comum, cv. Maravilha-de-Piemonte, cv. Amarelo e feijão-frade continham no grão 105,6, 113,5 e 137,3 kg ha⁻¹ de N e na palha respetivamente 58.0, 91.2 e 110.8 kg N ha⁻¹. A soja inoculada produziu apenas ligeiramente mais grão e recuperou um pouco mais de N que a modalidade não inoculada. Os resultados mostraram a enorme capacidade das leguminosas em acumular N (proteína) no grão, que pode ser usado na alimentação humana, e na palha, podendo este ser usado pelos animais ou permanecer no solo e ser usado pelas culturas que se seguem na rotação.

Palavras-chave: grão-de-bico; feijão-frade, feijão-comum; *Cicer arietinum*; *Vigna unguiculata*; *Phaseolus vulgaris*.

Productivity and nitrogen recovery from several pulse crops grown in rainfed and irrigated conditions in Northeast Portugal

Abstract

Pulse crops are highly valued for the production of protein and because they are crops of reduced needs of nitrogen (N) fertilizers which still promote the fertility of the soil.

In Bragança, NE Portugal, a trial with pasture legumes [red clover (*Trifolium incarnatum*) and subterranean clover (*T. subterraneum*)] was carried out with the aim of using them as green manure to maize (*Zea mays*). Several pulse crops were also grown in rainfed and irrigated conditions. Chickpea (*Cicer arietinum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) were grown in rainfed conditions. Under irrigation there were grown cowpea and two dwarf varieties of common bean (*Phaseolus vulgaris*), one commonly grown in Portugal (Maravilha-de-Piemonte) and the other commonly grown in Angola (Amarelo, yellow), and inoculated and non-inoculated soybean (*Glycine max*). Chickpea and cowpea grown in rainfed conditions respectively produced 1506 and 955 kg ha⁻¹ of grain. In irrigated fields there were obtained 2733, 3164 and 3533 kg ha⁻¹ of grain, respectively in common bean cv. Maravilha-de-Piemonte, cv. Amarelo and cowpea. At harvest, the amounts of N contained in the grain were 43.7 and 33.0 kg ha⁻¹ respectively in chickpea and cowpea rainfed grown. At harvest, remained in straw residues 6.7 and 10.2 kg N ha⁻¹, respectively in chickpea and cowpea. In irrigated plots, at the harvest, common bean, cv. Maravilha-de-Piemonte and cv. Amarelo, and cowpea contained in the grain 105.6, 113.5 and 137.3 kg N ha⁻¹, and in the straw respectively 58.0, 91.2 and 110.8 kg N ha⁻¹. Inoculated soybean produced

slightly more grain and recovered few more kilograms of N than that not inoculated. These results showed the great ability of legumes to accumulate N (protein) in the grain that can be used as human food, and in the straw which can be used by animals or remain in the soil and to be used by the crops that follow in the rotation.

Key-words: chickpeas; cowpea, common bean; *Cicer arietinum*; *Vigna unguiculata*; *Phaseolus vulgaris*.

1. Introdução

O azoto (N) é um dos elementos habitualmente mais abundantes nos tecidos vegetais e um dos que mais limita a produtividade das plantas em ecossistemas naturais e agrícolas. A elevada dinâmica do nutriente não permite que se acumule no solo em formas minerais utilizáveis pelas plantas. Assim, em culturas não leguminosas, o N tem de ser aplicado regularmente para se obterem produções elevadas (Havlin et al., 2014). O uso de quantidades excessivas de N em solos agrícolas, sobretudo na forma mineral, reduz a eficiência de uso do nutriente e aumenta as perdas para o meio ambiente, designadamente por lixiviação, volatilização de amoníaco e desnitrificação (Coyne, 2008; Francis et al, 2008).

Em regiões de agricultura marginal, como o interior norte de Portugal, e de uma maneira geral em vastas regiões do continente africano, o preço elevado dos fertilizantes industriais conjugado com o baixo rendimento das culturas, estimula a procura de soluções mais económicas e com menor impacte ambiental. As leguminosas podem aceder ao N atmosférico através do estabelecimento de uma relação simbiótica com bactérias fixadoras de N (Cooper e Scherer, 2012), permitindo-lhe desenvolver-se adequadamente mesmo em solos de baixa fertilidade (Ferreira et al., 2015). As leguminosas podem obter N em quantidade suficiente para o seu próprio crescimento e libertar parte para o sistema, podendo este N ser utilizado por outras culturas que se desenvolvam em consociação (Hardarson e Atkins, 2003; Pirhofer-Walzl et al., 2012) e sobretudo por outras que se sigam na rotação (Carranca et al., 2009b; Zotarelli et al., 2012; Monday et al., 2103) beneficiando estas do N resultante da mineralização dos seus tecidos. Árvores e arbustos podem também beneficiar de N libertado por cobertos vegetais de leguminosas de revestimento do solo (Snoeck et al., 2000; Rodrigues et al., 2015). Assim, as leguminosas apresentam-se como a base de sistemas de agricultura economicamente mais atrativos e sustentáveis, reduzindo a necessidade de fertilizantes azotados (Smil, 2001; Hardarson e Atkins, 2003). Para tirar o melhor partido desta simbiose as sementes das leguminosas são por vezes inoculadas com estirpes de rizóbios que asseguram maior especificidade com o hospedeiro podendo, potencialmente, aumentar a capacidade de fixar N (Russelle, 2008; Cooper e Scherer, 2012).

Assim, as leguminosas podem ser cultivadas como culturas principais da rotação, desenvolvendo-se com reduzida ou nula necessidade de fertilizante azotado, consorciar-se com espécies não leguminosas, beneficiando estas de N residual libertado na rizosfera, ou serem usadas como sideração ou adubo verde com o objetivo de serem incorporadas no solo e libertarem o N para as culturas que se seguem na rotação. Neste trabalho testou-se a capacidade de duas leguminosas pratenses usadas como sideração em fornecer N para a cultura do milho (*Zea mays* L.). Foram também cultivadas várias leguminosas de grão em sequeiro [grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) e feijão-frade (*Vigna unguiculata* L., Walp.)] e regadio [feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cvs. Maravilha-de-Piemonte e Amarelo, este proveniente de Angola] e soja (*Glycine max* L. Merrill). A soja foi cultivada com e sem inóculo específico. Avaliou-se a capacidade das leguminosas de produzir biomassa e recuperar N na biomassa aérea e, no caso da sideração, de transferir N para o milho cultivado a seguir.

2. Material e métodos

As experiências decorreram em Bragança, NE Portugal, entre setembro de 2015 e outubro de 2016. O clima da região é do tipo mediterrânico com alguma influência atlântica. As médias da precipitação

e temperatura anuais são respetivamente 778 mm e 12,7 °C. Os registos meteorológicos observados na estação da Qta de Sta Apolónia para o período em que decorreram os ensaios são apresentados na figura 1.

O solo onde os ensaios foram instalados está classificado como Cambissolo éutrico. Apresenta textura franca, pH ligeiramente ácido, baixa percentagem de matéria orgânica e teores de fósforo e potássio médios e altos, respetivamente.

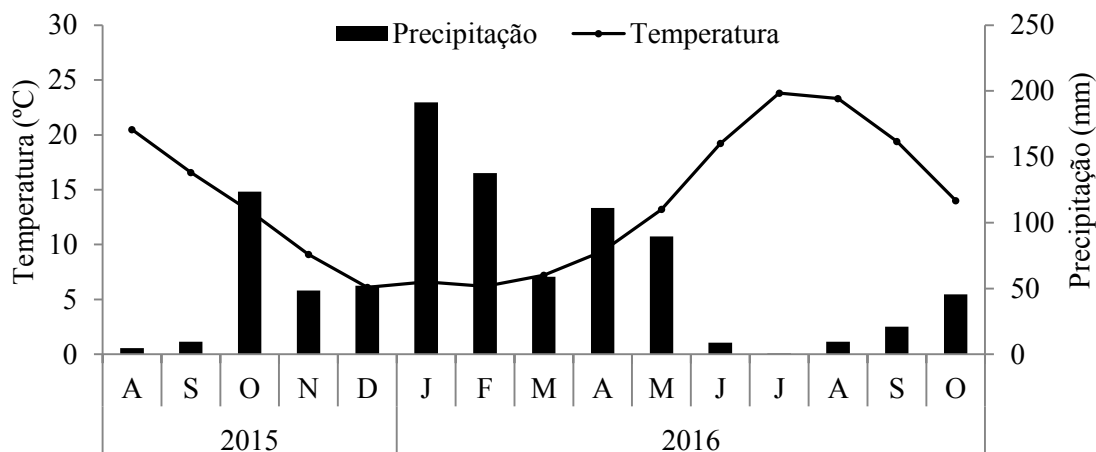


Figura 1. Registos da precipitação e temperatura do ar mensais na estação meteorológica da Quinta de Sta Apolónia durante o período de ensaio.

Os ensaios dividem-se em dois grupos: i) cultivo de leguminosas pratenses de ciclo outono/inverno para sideração; e ii) cultivo de leguminosas de grão de ciclo primavera/verão. Este segundo grupo divide-se ainda em dois subgrupos: i) cultivo de leguminosa de grão em sequeiro; e ii) cultivo de leguminosa de grão em regadio.

O ensaio de leguminosas para sideração foi instalado em setembro de 2015. Foram usadas leguminosas anuais de outono/inverno, designadamente trevo encarnado (*Trifolium incarnatum*, cv Contea) e trevo subterrâneo (*Trifolium subterraneum*, cv Losa). A sementeira foi feita no dia 25 de setembro. As plantas foram cortadas após a floração usando uma quadrícula de 0.25 m² de área. Uma subamostra correspondente à área de um vaso foi pesada em fresco e misturada com terra do talhão respetivo. A mistura foi colocada num vaso de 3 L. A restante amostra foi pesada em fresco, seca em estufa de ventilação forçada regulada a 70 °C, pesada de novo, moída e analisada para a composição elementar. Estes vasos foram semeados com milho no dia 1 de junho, servindo o milho como indicador de disponibilidade de N no solo. A colheita do milho foi feita no dia 21 de julho de 2016. As plantas de milho foram secas em estufa, pesadas, moídas e analisadas para a composição elementar.

Os ensaios de sequeiro com feijão-frade e grão-de-bico foram instalados em 4 de maio de 2016. Cada espécie ocupou uma área de 21,6 m², sendo o espaçamento na linha de 20 cm entre plantas e 50 cm na entrelinha, o que resulta numa população produtiva de 10 plantas por m². De cada espécie foram constituídas três repetições. Durante a estação de crescimento foram feitos cortes aleatórios em cada espécie e em cada uma das três repetições em função do desenvolvimento fenológico das plantas. Cada corte foi feito em uma linha aleatória, em 1 m linear, recolhendo-se a biomassa para pesagem em seco e posteriormente avaliar a percentagem de N e outros nutrientes extraídos do solo pela planta, durante a fase de desenvolvimento da cultura. Como práticas culturais efetuou-se monda manual de infestantes, desbaste e tratamento para afídios com deltametrina. Ambas as culturas foram colhidas dia 25 de agosto de 2016.

Nos ensaios de regadio a sementeira foi efetuada no dia 25 de maio de 2016. Instalaram-se ensaios com a cultura de soja em duas modalidades (com inóculo e sem inóculo), feijão-frade e duas variedades de feijão-comum (cvs. Maravilha-de Piemonte, e Amarelo proveniente de Angola). Estes ensaios ocuparam uma área de 21,6 m² por cultura. Foram feitos 5 cortes aleatórios em cada uma das culturas e nas três repetições em função do desenvolvimento fenológico das plantas. Cada corte foi feito em 1 m linear recolhendo-se a biomassa para pesagem em seco e posteriormente se avaliar a quantidade de N e outros nutrientes na planta. Como práticas culturais efetuaram-se as operações referidas para os ensaios de sequeiro.

Efetuuou-se análise de variância sempre que se pretendeu comparar o efeito de diferentes tratamentos. Quando as médias apresentaram diferenças significativas foram separadas pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$). Às médias dos registos foi também associado o desvio padrão nas representações gráficas.

2. Resultados

2.1. Leguminosas pratenses como sideração

A produção de biomassa aérea não diferiu significativamente entre trevos semeados, mas foi significativamente mais elevada em trevo encarnado em comparação com vegetação natural (Figura 2). O N contido na biomassa aérea foi similar entre os dois tipos de trevos semeados e significativamente superior entre estes tratamentos e a vegetação natural, sobretudo em virtude da maior concentração de N nos tecidos.

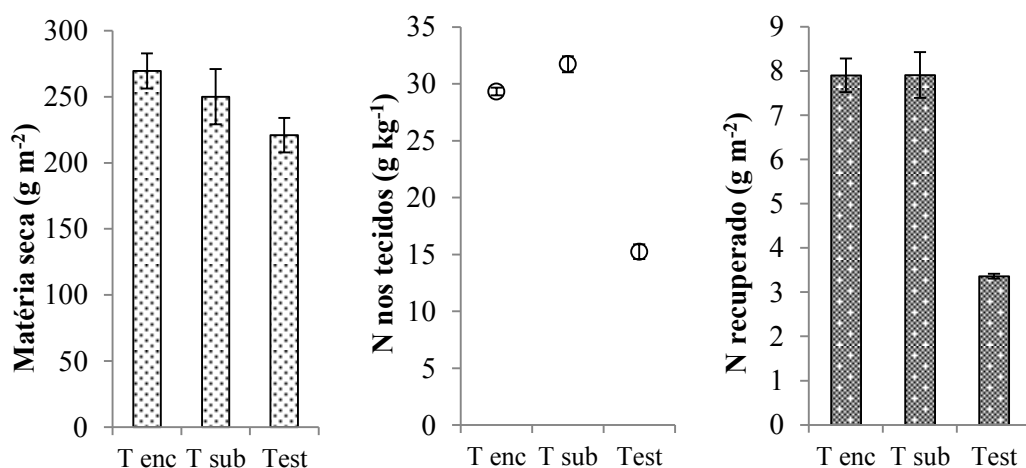


Figura 2. Produção de matéria seca, concentração de N e N recuperado na biomassa aérea em trevo encarnado (T enc), trevo subterrâneo (T sub) e vegetação natural (Test). As barras de erro representam o desvio padrão da média.

A produção de matéria seca de milho não diferiu significativamente entre vasos tratados com a sideração dos diferentes trevos mas foi bastante mais elevada entre os trevos e a testemunha (Figura 3). A concentração de N nos tecidos de milho não foi significativamente diferente entre os três tratamentos o que fez com que o N exportado na biomassa aérea mantivesse o padrão registado para a produção de matéria seca.

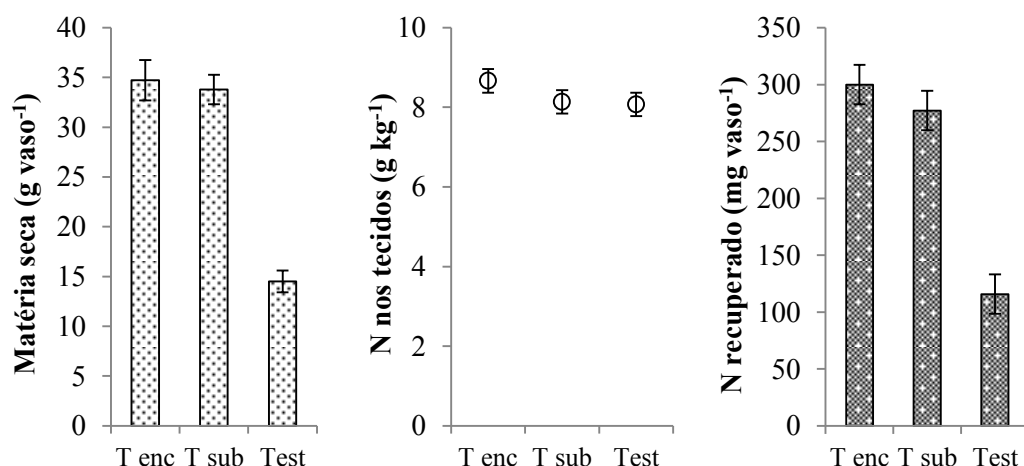


Figura 3. Produção de matéria seca, concentração de N e N recuperado na biomassa aérea em milho cultivado sobre a sideração de trevo encarnado (T enc), trevo subterrâneo (T sub) e vegetação natural (Test). As barras de erro representam o desvio padrão da média.

2.2. Leguminosas de grão

A produção total de matéria seca (palha + grão) das plantas cultivadas em sequeiro seguiu uma função sigmoide, com crescimento inicial lento (fase *lag*), seguido de crescimento exponencial e linear rápidos, com redução da taxa de crescimento nas fases pós-floração (Figura 4). Na parte final do ciclo pode ocorrer redução da biomassa aérea por senescência das folhas. Este padrão de crescimento típico de plantas anuais que se reproduzem exclusivamente por sementes foi igualmente observado para o N recuperado na parte aérea. A concentração de N na palha decresceu ao longo da estação de crescimento. O grão-de-bico apresentou maior produção total de biomassa e de grão mas menor concentração de N nos tecidos que feijão-frade. Do balanço dos parâmetros anteriores, grão-de-bico exportou mais N no grão que feijão-frade mas com menor diferença que a registada na produção total de matéria seca e no grão.

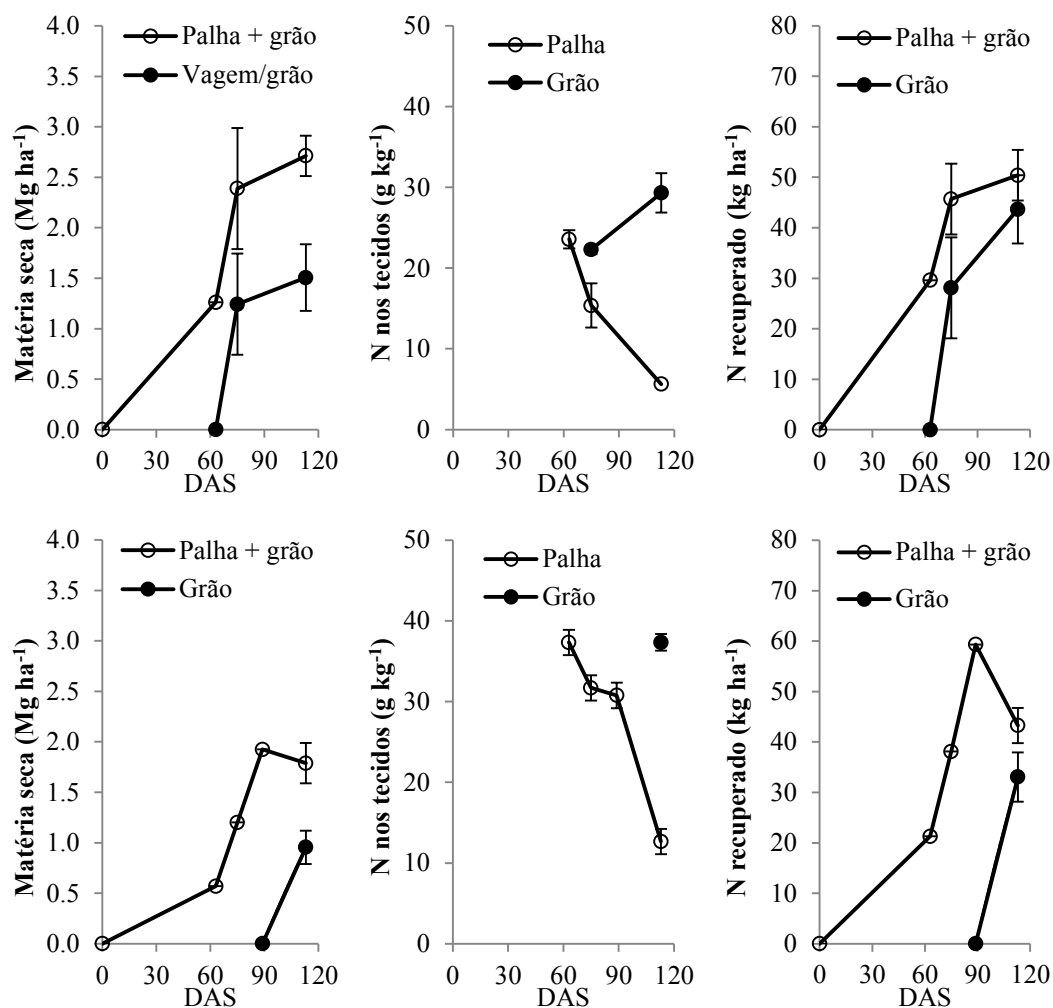


Figura 4. Produção de matéria seca (esquerda), concentração de N nos tecidos (centro) e N exportado na biomassa (direita) ao longo da estação de crescimento (DAS, dias após sementeira) em grão-de-bico (em cima) e feijão-frade (em baixo) cultivados em sequeiro. As barras de erro representam o desvio padrão da média.

As espécies cultivadas em regadio seguiram o padrão geral de crescimento, concentração de N e N recuperado nos tecidos que foi observado para as espécies cultivadas em sequeiro (Figura 5). O feijão-comum, cv. Maravilha-de-Piemonte, originou produção de matéria seca total e de grão mais baixa que a cv. Amarelo e feijão-frade. A tendência manteve-se para o N contido no grão.

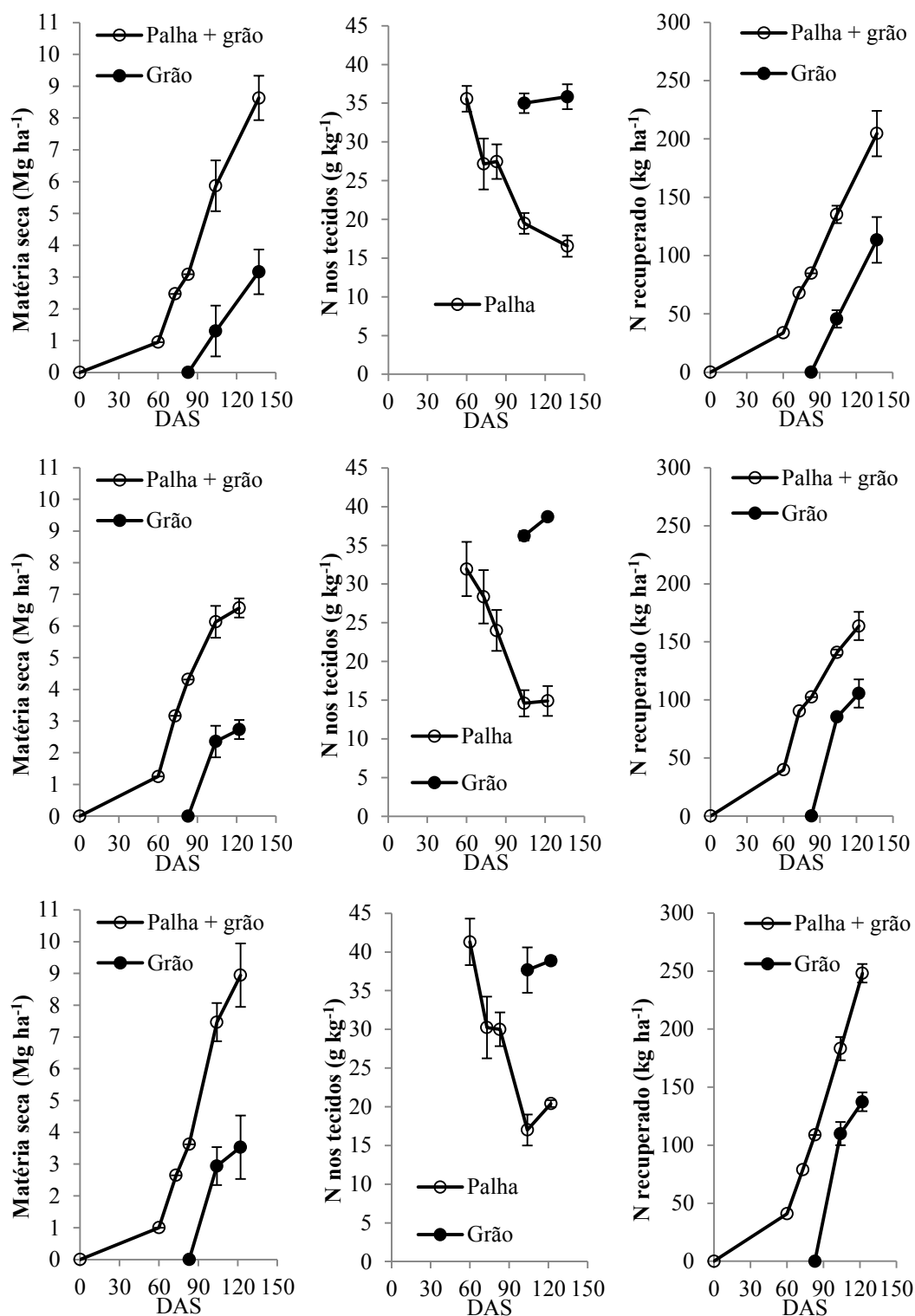


Figura 5. Produção de matéria seca (esquerda), concentração de N nos tecidos (centro) e N exportado na biomassa aérea (direita) ao longo da estação de crescimento (DAS, dias após sementeira) em feijão-comum, cv. Amarelo (em cima), feijão-comum, cv. Maravilha-de-Piemonte (centro) e feijão-frade (em baixo) cultivados em regadio. As barras de erro representam o desvio padrão da média.

A inoculação da soja induziu apenas um ligeiro aumento de produção de matéria seca total e de N exportado no grão e na totalidade da planta (Figura 6). Não foi visível qualquer efeito significativo da inoculação na concentração de N nos tecidos.

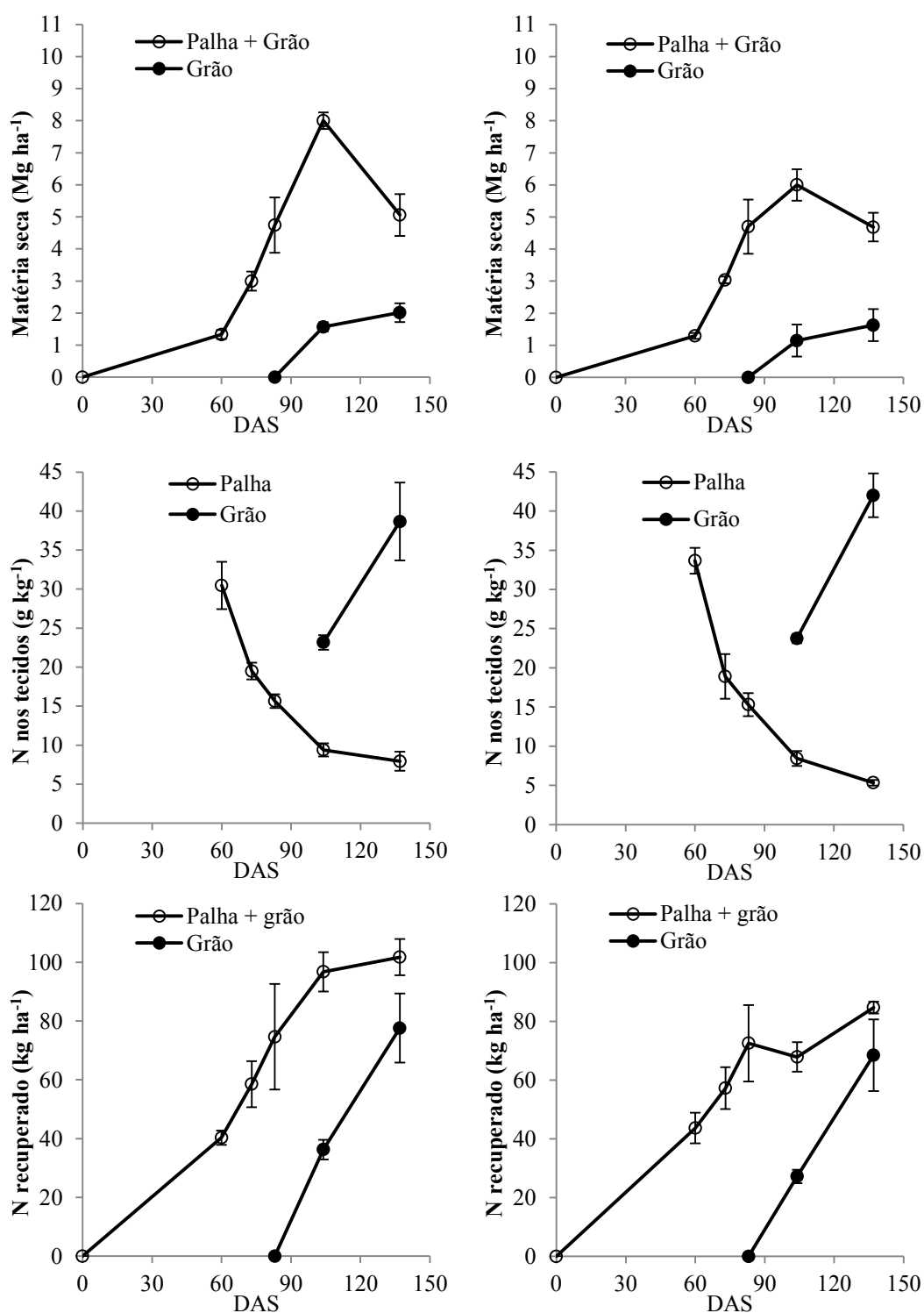


Figura 6. Produção de matéria seca (em cima), concentração de N nos tecidos (centro) e N exportado na biomassa aérea (em baixo) ao longo da estação de crescimento (DAS, dias após sementeira) em soja inoculada (esquerda) e não inoculada (direita) cultivada em regadio. As barras de erro representam o desvio padrão da média.

3. Discussão

Adubação verde teve um efeito positivo marcado na produção de biomassa e N exportado pelo milho. Os resíduos das leguminosas são muito ricos em N. Quando incorporados no solo são atacados pelos microrganismos heterotróficos originando mineralização líquida de N (Raun e Schepers, 2008; Havlin et al., 2014). Em diversos outros estudos têm sido verificados incrementos de produtividade e/ou recuperação de N em culturas que se seguem a leguminosas na rotação (Carranca et al., 2009b; Zotarelli et al., 2012; Monday et al., 2013).

As leguminosas cultivadas para grão em sequeiro e regadio apresentaram uma curva de produção de matéria seca e N exportado sigmoide, com uma fase inicial de crescimento lento (fase *lag*), a que se segue uma fase exponencial, depois linear e por fim uma fase de desaceleração e paragem de crescimento (Pessaraki, 2001). Nas fases avançadas de crescimento do grão, pode ocorrer perda de biomassa e N total na planta devido à senescência e perda de folhas e volatilização de N a partir da canópia (Rodrigues, 2000). Desde as primeiras amostragens verificou-se redução da concentração de N na rama. Numa fase inicial esta diminuição deve-se a fenómenos de diluição associados à expansão vegetativa das plantas. Na fase reprodutiva contribui também para a redução da concentração de N na rama a translocação dos fotoassimilados para o grão, passando estes a ser o destino (*sink*) prioritário para os produtos da fotossíntese.

Em sequeiro, no grão-de-bico, foi possível ultrapassar 1500 kg grão ha⁻¹ e recuperar na parte aérea mais de 40 kg N ha⁻¹. Em regadio, no caso do feijão-frade, obtiveram-se mais de 3500 kg de grão ha⁻¹ e foram recuperados 248 kg N ha⁻¹ na planta. Tendo em conta que estas culturas não receberam fertilizante azotado, os valores parecem consideráveis. Na bibliografia da especialidade podem ser encontrados valores de recuperação de N em leguminosas ainda mais elevados que estes embora os valores mais usuais sejam inferiores aos registados neste trabalho nas culturas de regadio (Russelle, 2008; Cooper e Scherer, 2012). Deve notar-se também que os valores que se apresentam não representam N fixado a partir da atmosfera porque as plantas também absorvem N a partir do solo. Por outro lado, também não foi contabilizado o N contido no sistema radicular. De uma maneira geral, as leguminosas contêm nos seus tecidos 20 a 25 kg N por tonelada de matéria seca (Peoples et al., 2001; Carlsson e Huss-Danell, 2003; Chen et al., 2004; Goh e Bruce, 2005). Também neste estudo foram obtidos valores desta ordem de grandeza nas culturas de regadio e ligeiramente mais elevados nas culturas de sequeiro.

A soja inoculada produziu um pouco mais e recuperou um pouco mais de N que a soja não inoculada, embora o resultado da inoculação possa ser considerado modesto. A necessidade de inocular as sementes deve-se ao facto dos rizóbios nativos poderem não ser das estirpes mais adequadas a uma dada leguminosa. A especificidade entre o rizóbio e o hospedeiro é determinante na capacidade de fixação (Russelle, 2008; Cooper e Scherer, 2012). A necessidade de inocular é sobretudo importante para espécies exóticas que não são habitualmente cultivadas numa dada região em que não é espectável que existam nos solos as estirpes específicas dos rizóbios. A soja estaria nesta situação porque não é uma cultura habitual na região. Contudo, o efeito da inoculação foi modesto como se referiu. Também Carranca et al. (2009a) registaram pouco êxito quando inocularam tremoceiro-branco em comparação com o cultivo sem inoculação, embora neste caso o resultado fosse mais expetável devido ao facto dos tremoceiros serem habitualmente cultivados em Portugal.

4. Conclusões

As leguminosas usadas neste estudo mostraram elevada capacidade em fixar N atmosférico, tendo-se registado conteúdos em N nos tecidos próximos de 250 kg N ha⁻¹ (feijão-frade). Devido ao elevado conteúdo em N nos tecidos, as leguminosas usadas como sideração sofrem um processo de mineralização muito rápido (ocorre mineralização líquida no curto prazo), tendo o milho cultivado de seguida beneficiado do N anteriormente fixado pelas leguminosas.

Nas culturas de sequeiro (grão-de-bico) ultrapassaram-se 1500 kg ha⁻¹ de grão muito rico em proteína e nas de regadio (feijão-frade) ultrapassaram-se 3500 kg ha⁻¹ de grão. Admitindo que estas culturas não foram fertilizadas com adubos azotados, não restam dúvidas que as leguminosas são espécies determinantes para se obter proteína a baixo custo e com menor impacte ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT, Portugal) e ao FEDER, programa PT2020, pelo suporte financeiro ao CIMO (UID/AGR/00690/2013).

Referências

- Carlsson, G., Huss-Danell, K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253:353–72. doi:10.1023/A:1024847017371.
- Carranca, C., Torres, M. O., Baeta, J. 2009a). White lupine as a beneficial crop in southern Europe I: Potential for N mineralization in lupine amended soil and yield and N₂ fixation by white lupine. *European Journal of Agronomy* 31:183–89. doi:10.1016/j.eja.2009.05.009.
- Carranca, C., Torres, M. O. and Baeta, J. 2009b). White lupine as a beneficial crop in Southern Europe. II. Nitrogen recovery in a legume–oat rotation and a continuous oat–oat. *European Journal of Agronomy* 31: 190–194.
- Chen, W., Mccaughy, W. P., Granta, C. A. 2004. Pasture type and fertilization effects on N₂ fixation, N budgets, and external energy inputs in western Canada. *Soil Biology and Biochemistry* 36:1205–12. doi:10.1016/j.soilbio.2004.04.003.
- Cooper, J., Scherer, H. 2012. Nitrogen fixation. In: *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, 3th ed, P. Marschner (Ed.), 389–408. San Diego, CA: Academic Press.
- Coyne, M.S. 2008. Biological denitrification. In: Schepers, J.S., Raun, W.R. (Eds.), *Nitrogen in Agricultural Systems*. Agronomy Monograph n°49. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, pp. 201–253
- Ferreira, I.Q., Rodrigues, M.A., Claro, A.M., Arrobas, M. 2015. Management of nitrogen-rich legume cover crops as a mulching in traditional olive orchards. *Communications in Soil Science Plant Analysis* 46:1881-1894. (<http://dx.doi.org/10.1080/00103624.2015.1059847>).
- Francis, D. D., Vigil, M. F., Mosier, A. R. 2008. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification. In: Schepers, J.S., Raun, W.R. (Eds.), *Nitrogen in Agricultural Systems*. Agronomy Monograph n°49. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, pp. 255–279.
- Goh, K. M., Bruce, G. E. 2005. Comparison of biomass production and biological nitrogen fixation of multispecies pastures (mixed herb leys) with perennial ryegrass white clover pasture with and without irrigation in Canterbury, New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 110:230–40. doi:10.1016/j.agee.2005.04.005.
- Hardarson, G., Atkins, C. 2003. Optimising biological N₂ fixation by legumes in farming systems. *Plant and Soil* 252:41–54. doi:10.1023/A:1024103818971.
- Havlin, J.L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. 2014. *Soil Fertility and Fertilizers, an Introduction to Nutrient Management*. 8th edition, Pearson, Boston, USA.
- Monday, T.A., Foshee, W.G., Blythe, E.K., Dozier, W.A., Wells, L.W., Sibley, J.L., Brown, J.E. 2013. Nitrogen requirements for sweetpotato following a crimson clover cover crop. *International Journal of Vegetable Science* 19:78–82.
- Peoples, M.B., Bowman, A.M., Gault, R.R., Herridge, D.F., Mccallum, M.H., McCormick, K.M., Norton, R.M., Rochester, I.J., Scammell, G.J., Schwenke, G.D. 2001. Factors regulating the contributions of fixed nitrogen by pasture and crop legumes to different farming systems of eastern Australia. *Plant and Soil* 228:29–41. doi:10.1023/A:1004799703040.
- Pessarakli, M. 2001. Handbook of plant and crop physiology. Pessarakli, M. (Ed.) 2nd. ed. Marcel Dekker, Inc., New York.

- Pirhofer-Walzl, K., Rasmussen, J., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Sørensen, K., Rasmussen, J. 2012. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighboring plants in a multi-species grassland. *Plant Soil* 350:71–84.
- Raun, W.R., Schepers, J.S. 2008. Nitrogen management for improved use efficiency. . In: Schepers, J.S., Raun, W.R. (Eds.), *Nitrogen in Agricultural Systems*. Agronomy Monograph nº49. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, pp. 675-693
- Rodrigues, 2000. Gestão do azoto na cultura da batata: estabelecimento de indicadores do estado nutritivo das plantas e da disponibilidade de azoto no solo. Dissertação de doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Rodrigues, M.A., Dimande, P., Pereira, E., Ferreira, I.Q., Freitas, S., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., Arrobas, M. 2015. Early-maturing annual legumes: an option for cover cropping in rainfed olive orchards. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 103:153–166. (DOI: 10.1007/s10705-015-9730-5).
- Russelle, M. P. 2008. Biological dinitrogen fixation in agriculture. In: Schepers, J.S., Raun, W.R., editors. *Nitrogen in Agricultural Systems*. Madison, WI: ASA-CSSA-SSSA. Agronomy Monograph. 49:281-359.
- Smil, V. 2001. *Enriching the earth*. Haber, F. and Bosch, C.(Eds). Cambridge, MA: MIT Press.
- Snoeck, D., Zapata, F., Domenach, A.M. 2000. Isotopic evidence of the transfer of nitrogen fixed by legumes to coffee trees. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 4(2):95–100.
- Zotarelli, L., Zatorre, P., Boddey, M., Urquiaga, S., Jantalia, P., Franchin, C., Alves, R. 2012. Influence of no-tillage and frequency of a green manure legume in crop rotations for balancing N outputs and preserving soil organic C stocks. *Field Crop Research* 132:185–195.