

8 - 3 | 2020

Influência da aplicação de diferentes doses de azoto em cevada dística para malte

Influence of different nitrogen application rates for malting barley

Influencia de las diferentes aplicaciones de nitrógeno para la cebada maltera

Artur Amaral | João Oliveira

Electronic version

URL: <https://revistas.rcaap.pt/uiips/> ISSN: 2182-9608

Publisher

Revista UI_IPSantarém

Printed version

Date of publication: 31st October 2020 Number of pages: 5-19

ISSN: : 2182-9608

Electronic reference

Amaral, A. & Oliveira, J. (2020). *Influência da aplicação de diferentes doses de azoto em cevada dística para malte*. Revista da UI_IPSantarém. Edição Temática: Ciências Naturais e do Ambiente. 8(3), 5-19. <https://revistas.rcaap.pt/uiips/>

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE AZOTO EM CEVADA DÍSTICA PARA MALTE

Influence of different nitrogen application rates for malting barley

Influencia de las diferentes aplicaciones de nitrógeno para la cebada maltera

Artur Amaral

Escola Superior Agrária de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

Unidade de Investigação do Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

Centro de Investigação em Qualidade de Vida, Portugal

artur.amaral@esa.ipsantarém.pt | ORCID 0000-0002-0668-6731 | Ciência CV 661B-9E3E-6B50

João Oliveira

Escola Superior Agrária de Santarém, Instituto Politécnico de Santarém, Portugal

160330027@esa.ipsantarem.pt

RESUMO

O azoto influencia a produtividade e a proteína do grão de cevada dística para malte. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses de azoto na produtividade, proteína no grão e outros componentes do rendimento em cevada dística, cultivar “Pewter”. A experiência decorreu no Cartaxo, num delineamento experimental completamente casualizado, com quatro doses de azoto (N) [0 (N0), 100 (N100), 150 (N150) e 200 (N200) kg N ha⁻¹], aplicado na forma nitroamónica, e quatro repetições. Os tratamentos influenciaram significativamente o afilhamento e a produção de matéria seca. O número de espigas por planta e unidade de área aumentou com a adubação azotada e o peso seco das espigas decresceu em N200. A produtividade seguiu um modelo quadrático, alcançando-se o valor máximo para N150. Os tratamentos não influenciaram significativamente o peso de mil grãos e o peso específico. Os valores de SPAD (Soil and Plant Analysis Development) foram inconclusivos. O teor de proteína bruta no grão foi inferior ao normalmente exigido pela indústria.

Palavras-chave: Adubação azotada, componentes do rendimento, *Hordeum vulgare L.*, produtividade, SPAD.

ABSTRACT

Nitrogen (N) influences the grain yield and protein content of barley grown for malt. This work aims to determine the effect of N rate on grain yield and protein content and many other agronomic traits of Pewter barley cultivar. The field trial was carried out in Cartaxo, in a completely random design with 4 N rates [0 (N0), 100 (N100), 150 (N150) e 200 (N200) kg N ha⁻¹], applied as ammonium nitrate, and 4 replications. The treatments influenced tillering and total dry matter yield. The number of ears per plant and area increased with N rate. The dry weight of the ears decreased at

N200 treatment. Grain yield followed a quadratic model, reaching the maximum value at N150. The treatments did not significantly influence the weight of thousand grains and specific weight. The SPAD (Soil and Plant Analysis Development) values were inconclusive. The protein content in the grain was lower than required by industry.

Keywords: *Hordeum vulgare* L., nitrogen fertilization, SPAD, weight dry matter components, yield.

1 INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é um cereal de ciclo anual, mais produtivo que o trigo em condições edafo-climáticas adversas, graças à sua resistência à elevada condutividade elétrica do solo e menor exigência em água (Guerrero, 1999). O azoto (N) é um nutriente necessário para se alcançarem, consistentemente, elevados rendimentos em cereais (Shafi *et al.*, 2011). A sua utilização de forma adequada é também um aspeto importante para reduzir os riscos de contaminação ambiental (Scharf & Alley, 1988). Por outro lado, a fertilização azotada aumenta a percentagem de proteína nos grãos (Landriscini *et al.*, 2004; Lázzari, 2005; Patanita & López-Bellido, 2007). Os teores de proteína no grão aceites pela indústria malteira variam de 9% a 12%. Os teores elevados de proteína levam a um aumento de viscosidade e instabilidade do mosto, o que provoca problemas na laboração do malte e na estabilidade da cerveja (Moreno & Moreno, 2002). Por outro lado, teores de proteína demasiado baixos reduzem a atividade enzimática (Patanita & López-Bellido, 2007).

O N é necessário em grandes quantidades em cada fase do crescimento da planta, durante o qual a disponibilidade de N afeta a montagem do conteúdo da enzima “Rubisco”, e, portanto, a fotossíntese (Evans & Terashima, 1988; Evans, 1989). A cevada, tal como o trigo e outras culturas em que predomina o metabolismo fotossintético em C₃, absorve mais facilmente azoto na forma de NO₃⁻ do que NH₄⁺ (Bloom *et al.*, 1989; Kafkafi, 1990; Cramer and Lewis, 1993; Claussen and Lenz, 1995; Roosta and Schjoerring, 2007).

O medidor de clorofila SPAD (Soil and Plant Analysis Development) fornece um método simples, rápido e não-destrutivo para estimar a concentração de clorofila foliar (Afonso *et al.*, 2018). Como a concentração de clorofila está intimamente correlacionada com a concentração de azoto na folha (Evans, 1983), a medição da clorofila leva-nos a uma avaliação indireta da quantidade de N na folha (Patanita & López-Bellido, 2007).

Neste trabalho pretendeu-se avaliar o efeito de doses crescentes de azoto, designadamente 0 (N0), 100 (N100), 150 (N150) a 200 (N200) kg/ha, aplicado em cobertura, na forma de um fertilizante nítrico-amoniaco nos componentes do rendimento, produtividade e teor de proteína no grão. Pretendeu-se ainda estabelecer uma relação entre os valores do SPAD e as quantidades de azoto ao nível da folha.

2 O AZOTO NA CULTURA DA CEVADA

2.1. A importância do azoto no metabolismo da planta

A fotossíntese é um dos processos primários responsáveis pelo crescimento da planta (Brück & Guo, 2006). O efeito do N foliar na capacidade fotossintética e a resposta da fotossíntese à luz e à temperatura foi estudada por Evans (1989), o qual demonstrou que a taxa de fotossíntese é linearmente dependente do N foliar por unidade de área, em metabolismos do tipo C₃ e C₄. Os estudos de Ann Oaks (1994) mostram que o azoto está presente no processo metabólico da planta e que este está relacionado com os transportadores de eletrões e enzimas tal como é demonstrado também por Wang *et al.* (2012).

2.2. O azoto no crescimento e desenvolvimento da planta

O N é considerado um dos fatores mais importantes que afetam a morfologia da cultura (Amanullah *et al.*, 2008a), a taxa de crescimento e o rendimento em grãos (Amanullah *et al.*, 2008b). Este nutriente é um dos constituintes de muitos constituintes fundamentais das células, como ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e pigmentos fotossintéticos (Shafi *et al.*, 2011; Lee & Rudge, 1985). A ocorrência de deficiências de N poderá limitar o rendimento da cultura através

da redução no número de grãos, no desenvolvimento da área foliar, na intercepção da radiação e/ou na eficiência do uso da radiação, o que limita o crescimento da cultura (Fischer, 1993; Abbate *et al.*, 1995). Abbate *et al.* (1995) observaram também efeitos diretos sobre a formação dos grãos. Nos casos de déficit hídrico, a síntese de proteína e o metabolismo dos aminoácidos são afetados, acabando por influenciar todo o metabolismo da planta e, conseqüentemente, o seu crescimento (Singh *et al.*, 1972). Kernich & Halloran (1996) e Shafi *et al.* (2011) observaram que diferentes níveis de N influenciam o período de pré-floração, floração e o espigamento. A aplicação de N teve pouco ou nenhum efeito no período de emergência, porém, aumentar a fertilização azotada para além de um certo limite pode provocar a acama e diminuir a produção de grãos bem como outros componentes relevantes da produtividade (Le Gouis *et al.*, 1999; Moselhy & Zahran, 2002, Shafi *et al.*, 2011).

2.3. Influência do azoto no teor de proteína do grão

O N é o elemento chave para conseguir produções elevadas e consistentes em cereais (Shafi *et al.*, 2011). Segundo Walker (1975) a proteína no grão tem uma relação parabólica com a quantidade de adubação azotada aplicada, ou seja, quanto maior for a adubação, maior será a quantidade de proteína no grão até ao ponto de viragem, que se situa nos 200 kg N/ha. Os grãos maiores foram obtidos nos tratamentos com menor fertilização azotada. É expectável que baixas fertilizações azotadas reduzam o número de espiguetas por espiga e o número de grãos por espiga e, assim, distribuam os fotoassimilados por menos órgãos de reserva (Dostálová *et al.*, 2015). Estudos sobre o efeito da fertilização azotada (Agbede, 1987) e do regime de água (Clarke *et al.*, 1990) em cereais demonstraram que estes dois fatores e a sua interação influenciam a concentração de N no grão, sendo este um bom indicador das características de qualidade requeridas pela indústria malteira, por exemplo, com influência da quantidade de extrato fermentável (Patanita & López-Bellido, 2007). Löffler & Busch (1982) encontraram e verificaram que existe uma correlação positiva entre a concentração de proteína e o peso do grão com a fertilização azotada.

2.4. Métodos para monitorização do teor de azoto na planta

2.4.1. Método Kjeldahl

O método Kjeldahl, foi criado em 1883 por Johan Kjeldahl. Este método, consiste em três fases para se alcançar a determinação de N ou proteína que são: a digestão, a destilação e a titulação. O método do formol é baseado numa titulação ácido-base, onde é feita a medição dos prótons libertados pela reação do formaldeído com os grupos amino das cadeias laterais das proteínas, após prévia neutralização com NaOH. O método Dumas foi desenvolvido em 1831 pelo químico francês Jean Baptiste Dumas, mais antigo do que o Kjeldahl, porém, é mais conveniente em muitos aspetos tais como: velocidade de análise, segurança, clareza de resultados, produtividade e custo por análise. O método Dumas utiliza o princípio da combustão: combustão, redução e separação e deteção; ou seja, todo o processo é realizado apenas num equipamento, sem que haja manipulação de reagentes perigosos em alta temperatura, nem resíduos.

2.4.2. Leituras SPAD

Existe uma relação entre o conteúdo de N e o de clorofila nas folhas. Deste modo, o N presente na colheita pode ser avaliado usando um medidor de clorofila (Rozas & Echeverría, 1998).

O medidor de clorofila Minolta SPAD-502 (Minolta, 1989) tem sido utilizado na estimativa dos teores de clorofila, caracterizando-se pela rapidez, simplicidade e, principalmente, por possibilitar uma avaliação não destrutiva do tecido foliar (Argenta *et al.*, 2001). O teor de clorofila nas folhas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética das plantas. A atividade fotossintética, o conteúdo de proteínas solúveis, de N, macronutrientes e micronutrientes existentes nas folhas são variáveis e podem ser correlacionadas com o conteúdo de clorofila no tecido foliar (Rajcan *et al.*, 1999). As clorofilas são pigmentos que refletem a cor verde e estão diretamente associados com o potencial da atividade fotossintética. A alta eficiência fotossintética pode levar ao incremento de produtividade agrícola, e essa relação está diretamente relacionada com o aproveitamento da radiação disponível por esses pigmentos. Alguns autores têm demonstrado a existência da

relação entre a tonalidade da cor verde e o teor de clorofila das folhas de cereais (Patanita & López-Bellido, 2007) surgindo como uma ferramenta para a avaliação do nível de N, já que o teor de clorofila correlaciona-se positivamente com o teor de N nos tecidos e, consequentemente, com o rendimento de várias culturas. Essa relação é atribuída, principalmente, ao fato de 50 a 70% do N total das folhas ser parte integrante de enzimas associadas aos cloroplastos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização do campo experimental

A parcela experimental foi instalada em pleno campo de cultivo, num terreno com 4,25 ha em Santana do Cartaxo (39°08'27.8"N 8°44'35.5"W), ocupando a área total de 250 m².

3.2 Caracterização do solo

O solo do campo experimental é um Aluviossolo, designado por Fluviossolo de acordo com a classificação da FAO (1982). Trata-se de um solo de evolução incipiente, não hidromórfico, constituído por depósitos estratificados que resultam da sua proximidade ao rio Tejo e à sua topografia de vale. Especificamente, o solo da parcela de ensaio apresenta textura franca-arenosa, 25% de argila, 40% de limo e 33% de areia, pH em H₂O de 8,1, 1,6 % de MO, 54,5 mg/kg de P₂O₅ de acordo com o método de Olsen, 124,8 mg/kg de K₂O, 0,69% de calcário total e 36,6 mg/kg de N-NO₃⁻.

3.3 Caracterização do clima e condições meteorológicas do ciclo cultural

No ano de 2019 as temperaturas médias dos meses de janeiro, fevereiro e março aproximaram-se, de um modo geral, dos valores normais (Figura 1). No mês de abril, período onde ocorreu o espigamento, as temperaturas registaram valores inferiores, comparativamente aos valores normais, por esse facto registou-se um abrandamento do desenvolvimento.

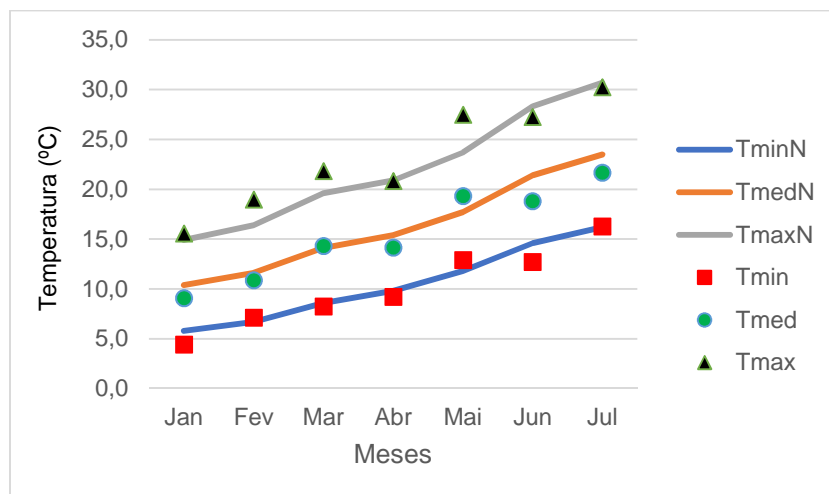


Figura 1 – Evolução comparativa dos valores de temperaturas médias mensais máximas (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) de janeiro a julho (2019) e valores normais no mesmo período para Santarém.

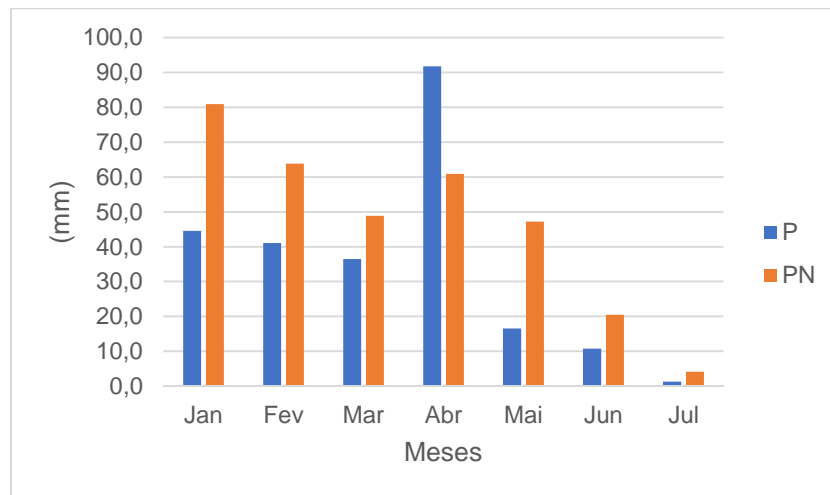


Figura 1 – Evolução comparativa dos valores de precipitações mensais acumuladas de janeiro a julho (2019) e valores normais (PN) no mesmo período

Simultaneamente, o mês de abril registou valores de precipitação muito acima dos valores normais, cerca de 30 mm (Figura 2). Estas condições foram favoráveis ao desenvolvimento de doenças fúngicas, nomeadamente da helmintosporiose (*Helminthosporium sp.*). O mês de maio registou valores médios de temperaturas máximas, médias e mínimas superiores aos valores normais. Os valores médios de temperaturas máximas superiores a 25°C são indutores de stress térmico, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Contudo, estas condições, foram atenuadas pela elevada capacidade de retenção de água dos solos de aluvião e pela precipitação ocorrida no mês anterior o que permitiu que as plantas se tenham desenvolvido sem a ocorrência de carência hídrica acentuada durante o período de enchimento do grão.

3.4 Delineamento experimental, observações e registos

O desenho experimental obedeceu a um dispositivo em parcelas totalmente casualizadas, com 4 tratamentos e 4 repetições por tratamento. No total foram marcados 16 talhões experimentais (4 tratamentos x 4 repetições). A área do talhão experimental foi de 6 m² (4 m x 1,5 m). Os talhões foram espaçados 0,5 m entre si. A cada um dos talhões foi atribuído aleatoriamente um tratamento e repetição.

Os tratamentos realizados consistiram na aplicação de azoto em cobertura, nas doses de 0 (N0), 100 (N100), 150 (N150) e 200 (N200) kg/ha. Foi utilizado um adubo nítrico-amoniaco, o adubo “Nitrolusal 27”. O adubo foi pesado previamente em balança de precisão, colocado em sacos individuais, sendo distribuído manualmente a lanço, de forma homogênea em cada parcela experimental. Não foi realizada qualquer adubação de fundo.

A recolha de amostras de plantas foi realizada de 14 em 14 dias, sendo as amostras colocadas em sacos de plástico separados por repetição e tratamento. Depois da separação e contagem do número de plantas, cortaram-se as raízes. As espigas e as folhas bandeira foram separadas das plantas a partir dos dias 24/04 e 8/05, respetivamente. Foram, ainda, contados os caules, identificada a fase fenológica e determinado o seu peso verde. De seguida, as plantas foram colocadas em caixas de alumínio e colocadas em estufa ventilada, até peso constante, à temperatura de 65 °C. Posteriormente, foi determinado o peso seco, utilizando uma balança de precisão. Nas fases do afilhamento, encanamento e espigamento foram realizadas leituras com o SPAD (10 leituras por tratamento), em cada repetição, sempre na página superior da folha completamente expandida. As folhas onde se efetuaram as leituras foram reservadas para se quantificar o teor de N. Nas amostras finais de grão e palha foram efetuadas determinações dos nutrientes N, P e K. Com os teores de N foram determinados os teores de proteína bruta do grão e da palha, multiplicando o seu valor pela constante 6,25.

3.5 Tecnologia cultural

O solo da parcela de cultivo foi preparado através de duas gradagens, sendo posteriormente efetuada uma escarificação com um escarificador pesado (“chisel”). Após a distribuição da adubação de fundo (200kg/ha do adubo 18-46-0) a cama de sementeira foi preparada com o auxílio de uma grade rápida da marca “Lemken”.

A sementeira foi realizada no dia 10/01, através de um semeador pneumático em linhas, tendo-se distribuído cerca de 182 kg/ha de semente. A variedade utilizada foi a Pewter. Esta variedade apresenta as seguintes características: resistência a doenças; estatura mais baixa que a variedade padrão Scarlett, adaptando-se melhor a solos férteis e/ou condições de regadio.

A monda química foi aplicada através de um pulverizador de pressão de jato projetado. Foi aplicado o herbicida “Trigonil” na dose de 2,5 L/ha. Este herbicida tem como substâncias ativas clortolurão (400 g/L) e diflufenicão (25g/L), com ação sobre as infestantes de folha larga e estreita. Foram realizados dois tratamentos contra a helmintosporiose, (200 g/L ou 18% p/p de azoxistrobina e 125 g/L ou 11,3% p/p de difeconazol), o primeiro logo a seguir ao espigamento (23/04) e o segundo na fase de enchimento do grão (7/05). No primeiro tratamento aplicou-se ainda um inseticida contra afídeos (100 g/L de lambda-cialotrina).

A colheita da parcela foi realizada no dia 18 de junho com uma ceifeira-debulhadora equipada com frente para colheita de cereais. A produtividade média do campo obtida foi de 6 t/ha, (comunicação pessoal do agricultor).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Evolução do desenvolvimento

Verificou-se que as plantas adubadas com N apresentaram uma maior estatura, relativamente à testemunha (N0). Essa diferença foi bastante visível na fase GS35, do encanamento (Figura 3). Em média, as fases de desenvolvimento da cevada decorreram nos períodos usuais para a região, expressas em (DAS – dias após sementeira (Tabela 1). Contudo, nas plantas N0 verificou-se uma antecipação da fase de espigamento e em todas as fases posteriores. Esta observação está de acordo com os estudos feitos por Evans (1989) confirmando que a deficiência de N leva a uma antecipação do ciclo cultural.



Figura 3 – Aspeto geral da parcela de ensaio no dia 27/03 (76 dias após sementeira) na fase do encanamento.

Na altura do enchimento do grão, verificou-se que as plantas do tratamento N200 tinham tendência para “acamarem”. Este comportamento é explicado pelo efeito do N que, ao estimular excessivamente o crescimento vegetativo, influencia a estatura da planta e torna as paredes celulares dos caules menos resistentes, fazendo com que a estrutura da planta não consiga suportar o peso da espiga ou dos impactos mecânicos como o vento.

O ciclo cultural apresentou, em média, um somatório de temperaturas (ST) de cerca de 2100 °C.dia, sendo necessários, cerca de 540 °C.dia para se iniciar o afilhamento, 850 °C.dia para o encanamento, 1 100 °C.dia para o espigamento e 1 300 °C.dia para a floração.

Tabela 1

Evolução das fases de desenvolvimento de acordo com a escala de “Zadoks” e do somatório de temperaturas (ST), para um valor de temperatura base de 0 °C.

DAS	Data	Escala de Zadoks	Fase de Desenvolvimento	ST (°C.dia)
0	10/01	GS 00	Início da germinação	0
31	10/02	GS 13	Início do desenvolvimento (3 folhas verdadeiras)	314
48	27/02	GS 14,22	Afilhamento	537
62	13/03	GS 15,23	Afilhamento	720
70	21/03	GS 16,24, 30	Afilhamento/Início encanamento	828
76	27/03	GS 16,24,35	Encanamento	930
83	03/04	GS 36	Encanamento	1 031
90	10/04	GS 50	Espigamento	1 113
97	17/04	GS 58	Espigamento	1 215
104	24/04	GS 65	Ântese (Floração)	1 317
111	01/05	GS 71	Formação do grão	1 429
118	08/05	GS 75	Grão leitoso	1 554
125	15/05	GS 83	Grão Pastoso	1 701
132	22/05	GS 87	Grão Pastoso	1 814
139	29/05	GS 90	Maturação Cerosa	1 958
146	05/06	GS 93	Plena Maturação	2 115
152	11/06	GS 93	Plena Maturação (Colheita)	2 214

4.2 População emergida, grau de afilhamento e número de espigas

O número médio de plantas emergidas por m² variou entre 230 (N0 e N150) e 260 (N100 e N200). Esse valor pode considerar-se adequado atendendo às características da espécie (maior capacidade de afilhamento), variedade e fertilidade do solo e condições ambientais da região.

Aos 146 dias após emergência (DAS) foram quantificados o número de caules em cada uma das parcelas (repetições e tratamentos) tendo o seu número sido extrapolado para 1 m². A análise dos resultados permite-nos afirmar que o N influenciou o número de caules por plantas (Figura 4) e, deste modo, o grau de afilhamento (Figura 5).

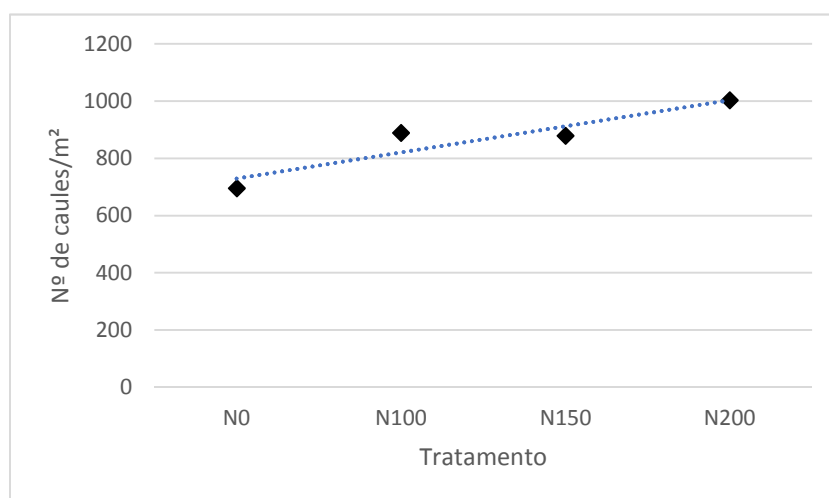


Figura 4 – Efeito dos tratamentos no número médio de caules observado aos 146 dias após sementeira.

O N estimulou o afilhamento o que vai ao encontro ao que foi demonstrado por Amanullah *et al.* (2008a; 2008b) e por Amaral (2012; 2009) na variedade “Scarlet”, para a mesma região e tipo de solo.

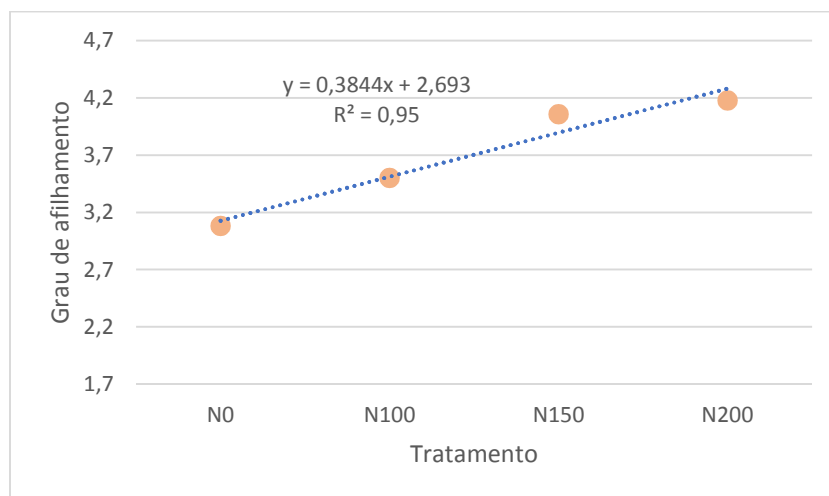


Figura 5 – Efeito dos tratamentos no grau de afilhamento e respetiva linha de tendência

Na sequência da avaliação do efeito do N no aumento dos caules foi avaliado também o seu efeito no número de espigas por unidade de área (Figura 6). Mostrou-se que o N também influencia o número de espigas, tal como foi referido por Fischer (1993) e Abbate *et al.* (1995). Contudo, apesar das diferenças serem significativas para N0, não o foram entre os restantes tratamentos. O aumento exagerado do número de espigas pode afetar o seu peso seco unitário, devido à maior competição por fotoassimilados (Dostálová *et al.*, 2015).

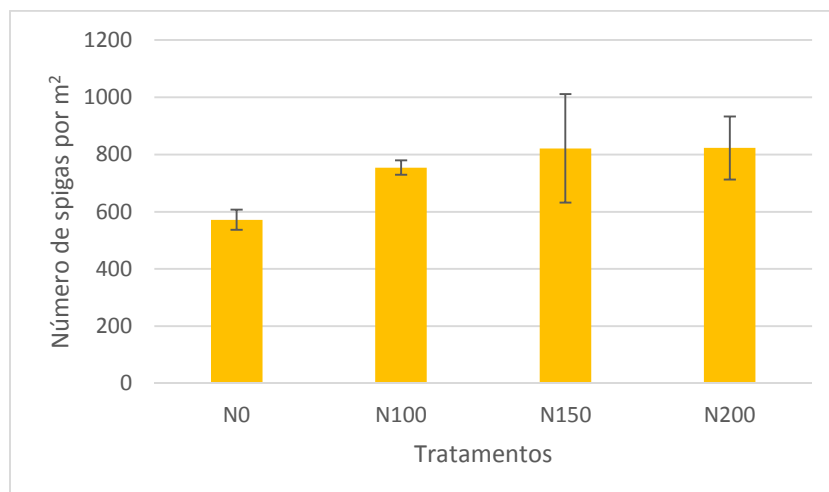


Figura 6 – Influência dos tratamentos no número médio de espigas. As barras verticais representam o intervalo de confiança para uma probabilidade de 95%.

4.3 Efeito dos tratamentos na matéria seca da palha e do grão

O N estimula a produção de biomassa, influenciando a repartição dos assimilados, alterando, deste modo, o rácio peso da palha/ peso do grão. A quantificação do rácio palha/grão é apresentado na Figura 7, verificando-se que esse valor foi significativamente mais elevado em N150 e N200, relativamente a N100 e N0. Na Tabela 2 apresentam-se o efeito do N nos valores

do peso seco da palha, grão e peso seco total da planta. Observa-se que o efeito do N é mais significativo no incremento da biomassa da palha, do no aumento da biomassa do grão (Figura 8).

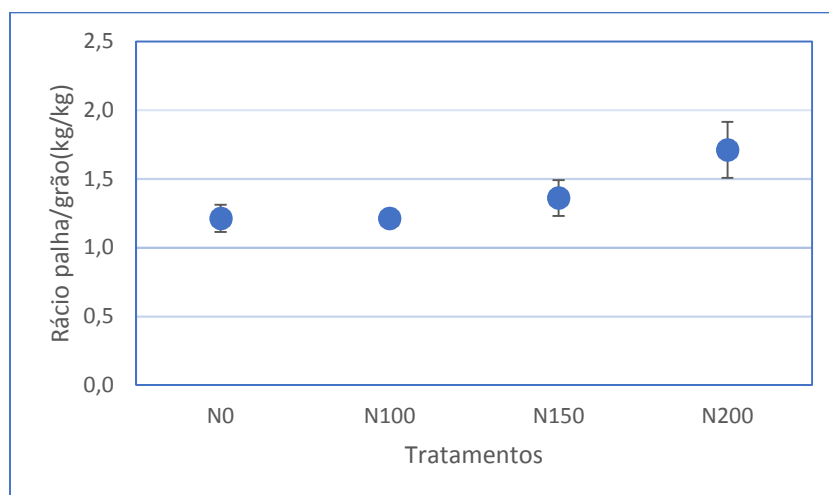


Figura 7 – Rácio palha/grão de cada tratamento. As barras verticais representam o intervalo de confiança para uma probabilidade de 95%.

Tabela 2

Valores de peso seco (PS) da palha, do grão e total da planta de cada tratamento

Tratamento	PS Palha (kg/ha)	PS Grão (kg/ha)	PS Total da Planta (kg/ha)
N0	5 517	4 666	10 183
N100	7 465	6 222	13 687
N150	9 282	6 897	16 179
N200	10 837	6 393	17 230
Teste F	S	S	S
Valor p	p <0,001	p <0,05	p <0,01

Notas: S – Significativo; NS – Não significativo (***) valor p<0,001; ** valor p<0,01; * valor p<0,05)

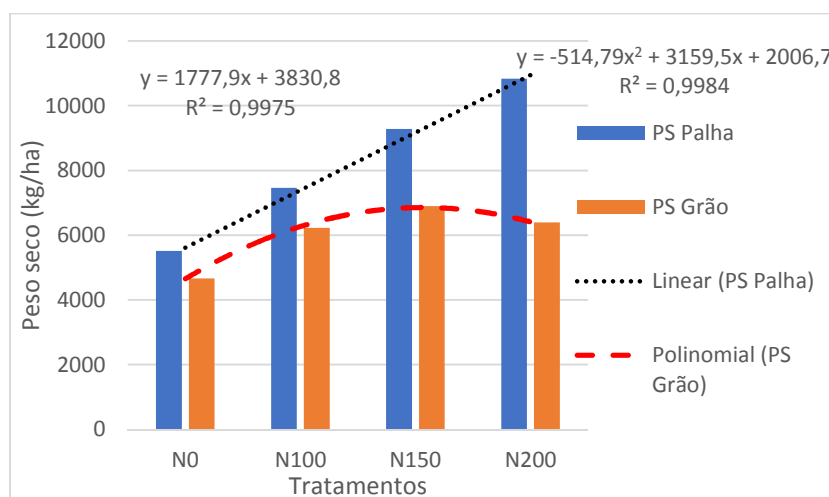


Figura 8 – Efeito dos tratamentos nos valores de peso seco da palha e do grão com as respectivas linhas de tendências.

4.4 Efeito na produtividade do grão

Na Figura 9 apresenta-se o efeito dos tratamentos na produtividade em grão, ajustada para um teor de humidade de 10%.

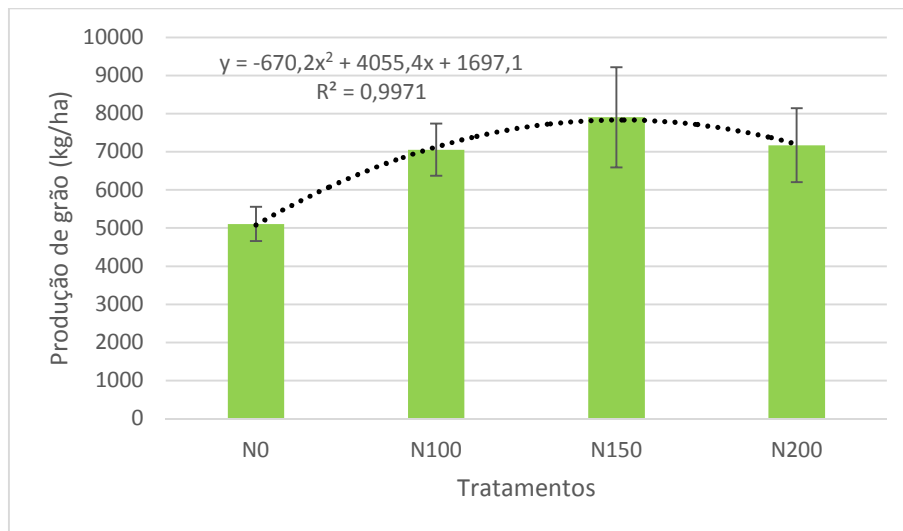


Figura 9 – Efeito dos tratamentos nos valores da produtividade em grão, ajustada a 10% de humidade. As barras verticais representam o intervalo de confiança para uma probabilidade de 95%.

Pela sua observação podemos constatar que o modelo que melhor se ajusta aos valores observados é uma função quadrática ($R^2=0,997$) verificando-se que os valores mais elevados de produção em grãos são obtidos com 150 kg N/ha. A produção em grão a partir da aplicação desse quantitativo começa a ser menor. Este resultado foi verificado por outros autores para a região do Vale do Tejo (Amaral, 2009; Amaral, 2012). Este tipo de modelo indica-nos que, tomando em consideração os fatores económicos e ambientais, a dose de N mais adequada para as condições de cultivo nesta região estará compreendida entre os 100 e os 150 kg/ha. Verificou-se que a produção de grão obtida no ensaio foi semelhante ao registado por Patanita & López-Bellido (2007). Moreno *et al.* (2002) também obtiveram comportamentos semelhantes tendo-se verificado decréscimo de produção perto de 150 kg N/ha.

Verificou-se que, embora de um modo não significativo, o aumento da dose de N se traduziu na redução do número de grãos por espiga (Figura 10). Este facto é devido ao maior número de espigas por unidade de área e por planta, ocorrendo desta forma uma maior competição pelos fotoassimilados nos tratamentos com maiores quantitativos de N.

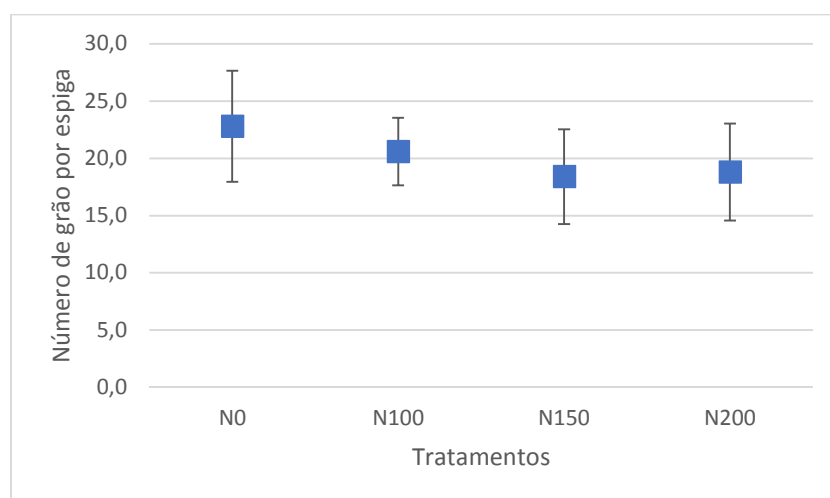


Figura 10 – Efeito dos tratamentos no número médio de grãos por espiga. As barras verticais representam o intervalo de confiança para um valor de 95% de probabilidade.

4.5 Efeito do azoto no peso de mil grão, peso específico e teor de proteína

Na Tabela 3 são apresentados os valores do peso de mil grãos (PMG), peso específico (PE), teor de N e proteína bruta (PB) do grão. Os valores de N e, conseqüentemente, do teor de PB, foram determinadas em amostras compósitas obtidas do conjunto das 4 repetições, para cada um dos tratamentos. Relativamente ao PMG os valores obtidos permitem verificar que esse parâmetro não foi afetado significativamente pelas doses de N aplicadas.

Tabela 3

Efeito dos tratamentos no peso de mil grãos (PMG), peso específico, teor de N no grão e estimativa da proteína bruta.

Tratamento	PMG (g)	Peso específico (kg/hl)	N (%)	Proteína bruta (%)
N0	50,8	65,0	1,22	7,6
N100	48,9	67,7	1,22	7,6
N150	50,2	66,3	1,37	8,6
N200	48,4	65,9	1,59	9,9
Teste F	Não significativo	Não significativo	nd	nd
Valor p	p = 0,215206	p = 0,154274		

Quanto ao PE não se observam diferenças significativas entre os tratamentos, embora as análises dos valores médios indiquem que os valores mais elevados foram observados nos tratamentos N100 e N150. Amaral (2009) observou também uma diminuição do PE para os maiores valores de N aplicados. O N ao promover o aumento do número de grãos por unidade de área, ocasiona uma maior competição entre estes pelos fotoassimilados o que leva a uma diminuição da sua massa por unidade de volume.

Os valores de proteína bruta observados, com exceção de N200, situam-se abaixo dos valores mínimos exigidos pela indústria malteira (9 a 12%). Os valores de N no grão encontram-se dentro dos valores obtidos por Walker (1975), porém, encontram-se muito aquém dos valores de proteína obtidos por Amaral (2009/10), Patanita & López-Bellido (2007) e Shafi *et al.* (2011). Shafi *et al.* (2011) apresentam valores de 1,6% de N no grão com uma adubação de 100 kg/ha, enquanto que neste ensaio apenas se obteve 1,2%. Podemos especular sobre algumas razões para esse facto, como a variedade, a redução da área foliar na fase da translocação dos assimilados para o grão após a fase do emborrachamento devido à helmintosporiose, ou à menor disponibilidade de N na fase final do ciclo, especialmente na fase do emborrachamento.

4.6 Monitorização dos valores de SPAD

Em relação aos valores médios obtidos através do SPAD (Figura 11), podemos verificar que os valores são inconstantes e que a coerência dos mesmos é baixa, embora se possa constatar que, de um modo geral, os tratamentos com maiores quantidades de N apresentam teores de SPAD superiores à testemunha. Coloca-se a hipótese de a incidência da helmintosporiose poder ter afetado o processo da fotossíntese alterando, deste modo, a correlação destes valores com os teores de azoto e proteína no grão nos diferentes tratamentos. No entanto, verificou-se que os valores de clorofila na testemunha, com exceção dos valores aos 90 DAS, se situaram sempre abaixo dos valores com aplicação de N, observando-se os valores mais elevados em N150 e N200 aos 62 e 118 DAS.

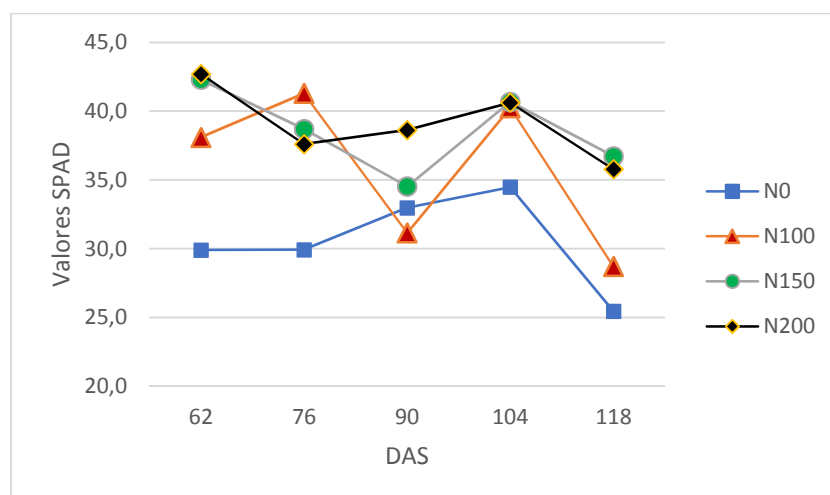


Figura 11 – Valores médios de SPAD da última folha completamente expandida, observados aos 62, 76, 90, 104 e 118 dias após sementeira.

5 CONCLUSÃO

O N é um dos nutrientes com maior impacto na produtividade e qualidade do grão da cevada para a indústria cervejeira. Por esse facto, e pela necessidade de aumentar a eficiência na sua aplicação, reduzindo os impactos ambientais e económicos nos sistemas de produção do Vale do Tejo, são necessárias novas tecnologias, especialmente na modelação dos fatores que afetam essa eficiência ou ao nível dos sistemas de monitorização do índice de N na planta. Este trabalho procurou avaliar um conjunto de dados que possam contribuir para a validação de modelos de gestão da aplicação do N. modo a alcançar o aumento dessa eficiência.

Os resultados obtidos permitem-nos afirmar que o integral térmico da variedade Pewter para as condições do Vale do Tejo e para um solo de aluvião foi superior a 2000 °C.dia. O aumento da quantidade de N estimulou o grau de afilhamento da cultura e o número de espigas. O desenvolvimento vegetativo e o crescimento foram afetados pelo azoto, observando-se um maior rácio palha/grão, nas modalidades mais fertilizadas. Os tratamentos não afetaram estatisticamente o PMG e o PE. A produtividade de grão, convertido a 10% de humidade, foi mais elevada em N150, registando-se um decréscimo com 200 kg/ha de azoto. Os teores de proteína bruta do grão situaram-se abaixo do esperado.

Será necessário o prosseguimento deste estudo visando, especialmente, a validação do método SPAD, como instrumento de monitorização expedito do teor de N das folhas.

6 REFERÊNCIAS

- Afonso, S., Arrobas, M., Ferreira, I.Q., Rodrigues, M.A. 2018. Assessing the potential use of two portable chlorophyll meters in diagnosing the nutritional status of plants. *Journal of Plant Nutrition* 41(2): 261-271. <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2017.1385798>
- Abbate, P.E., Andrade, F.H. & Culot, J.P., (1994). *Determinación del rendimiento en trigo*. INTA EEA, Balcarce. Boletín Técnico nº 13.
- Abbate, P.E., Andrade, F.H. & Culot, J.P., (1995). *The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat*. *Journal of Agric. Sci. Cambridge*, 124: 351- 360.
- Agbede, O.O. (1987). *Response of barley seedling to nitrogen and phosphorus rates on soils with various fertility levels*. *Soil Sci.*, 143:192-197.
- Amanullah, R.A. Khattak and S.K. Khalil. (2008a). *Effects of plant density and N on phenology and yield of cereal*. *Plant. Nut. J.*, 32: 246-260.

- Amanullah, H. Rahman, Z. Shah and P. Shah. (2008b). *Effects of plant density and N on growth dynamics and light interception of cereal*. Arch. Agron. Soil Sci., 54: 401-411.
- Amaral, A. G. G., (2009). *Fertilização em cevada dística para malte, na região do Vale do Tejo*. Vida Rural. Dossier Técnico: 30-32.
- Amaral, A. G. G., Ribeiro, N. A. C. G., Hipólito, R. A. M., (2009). *Avaliação da resposta da cevada dística para malte a diferentes doses de azoto, na Região do Bairro de Santarém*. Vida Rural. 34-36.
- Amaral, A. G. G., (2012). *A cevada dística para malte no "campo" do Ribatejo – Avaliação varietal*. Vida Rural. Dossier Técnico: 38-40
- Amaral, A. G. G., (2012). *Ensaio de variedades de cevada dística para malte no Bairro de Santarém, em sistema de sementeira direta*. Vida Rural. Dossier Técnico: 26-28.
- Argenta, G., Silva, P.R.F, Bortolini, C.G., Forsthofer, E.L., Strieder, M.L. (2001). *Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho*. R. Bras. Fisiol. Veg., 13(2): 158-167.
- Bloom, A.J., Caldwell, R.M., Finazzo, J., Warner, R.L., Weissbart, J., (1989). *Oxygen and carbon dioxide fluxes from barley shoots depend on nitrate assimilation*. Plant Physiol., 91(1):352-356.
- Brück, H., Guo, S.W., (2006). *Influence of N form on growth photosynthesis of Phaseolus vulgaris L. plants*. J. Plant Nutr. Soil Sci., 169(6):849-856.
- Clarke, J.M., Campbell, C.A., Cutforth, H.W., DePauw, R.M. & Winkleman, G.E., (1990). *Nitrogen and phosphorus uptake, translocation, and utilization efficiency of wheat in relation to environment and cultivar yield and protein levels*. Can. J. Plant Sci., 69: 1153-1147.
- Cramer, M.D., Lewis, O.A.M., (1993). *The influence of NO₃⁻ and NH₄⁺ nutrition on the carbon and nitrogen partitioning characteristics of wheat (Triticum aestivum L.) and maize (Zea mays L.) plants*. Plant Soil 154, 289–300 (1993). <https://doi.org/10.1007/BF00012534>
- Dostálová, Y., Hrivna, L., Kotková, B., Buresová, I., Janecková, M., Sottníková, V., (2015). *Effect of nitrogen and sulphur fertilization on the quality of barley protein*. Plant soil environ. 61(9): 399-404.
- Evans, J.R., Terashima, I., (1988). *Photosynthetic characteristics of spinach leaves grown with different nitrogen treatments*. Plant Cell Physiol., 29(1):157-165.
- Evans, J.R., (1989). *Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants*. Oecologia, 78(1):9-19.
- Fischer, R.A. (1993). *Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer: Physiology of grain yield response*. Field Crops Res., 33: 57-80.
- Garcia, A. G. (1999). *Cultivos herbáceos extensivos*. Editorial Mundi-Prensa. Espanha. 779p. ISBN: 9788471147974.
- Kernich, G.C. and G.M. Halloran. (1996). *Nitrogen fertilizer effects on the duration of the pre-anthesis period and spikelet number per spike in barley*. J. Agron., 177: 289-293.
- Landriscini, MR; LG Suñer; A Lázari & A Rausch. (2004). *Respuesta de la cebada cervecera a la aplicación de N*. INPOFOS. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 22:15-18.
- Lázari, A; MR Landriscini; M Cantamutto; AM Migliarina; R Rosell et al., (2001). *Absorción de nitrógeno por cebada cervecera en dos suelos del sur bonaerense*, Argentina. Ciencia del Suelo 19:101-108.
- Lázari, M. A., Landriscini, M. R., Echague, M. E., (2005). *Patrones de absorción de nitrógeno nativo y del fertilizante en cebada cervecera con fertilizaciones cercanas a la siembra*. Ci. Suelo. 23(1): 69-77.
- Lee, R. B., Rudge, K. A., (1985). *Effects of Nitrogen Deficiency on the absorption of Nitrate and Ammonium by Barley Plants*. Annals of Botany. 57: 471-486.

- Le Gouis, J., O. Delebarre, D. Beghin, E. Heumez and P. Pluchard. (1999). *Nitrogen uptake and utilization efficiency of two-row and six-row winter barley cultivars grown at two N levels*. Eur. J. Agron., 10: 73-79.
- Loffler, C. M. and Busch, R. H. (1982). *Selection for grain protein, grain yield, and nitrogen partitioning efficiency in hard red spring wheat*. Crop Sci. 22: 591-595.
- Minolta, Co, (1989). *Manual for chlorophyll meter SPAD 502*. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments divisions. 22p.
- Moreno, A. & Moreno, M. (2002). El abonado nitrogenado de la cebada en Castilla- La Mancha. Revista Agropecuaria, 71(840):453-455.
- Moselhy, E.I. and M.A. Zahran. (2002). *Effect of bio and mineral nitrogen fertilization on barley crop grown on a sandy soil*. Egypt. J. Agric. Res., 3: 921-936.
- Oaks, A., (1994). *Efficiency of Nitrogen Utiliation in C3 and C4 Cereals*. Plant Physiol. 106: 407-414.
- Patanita, M., López Bellido, R., López Bellido, L. & Gonçalves, C. (2005). *Chlorophyll meter to predict nitrogen topdressing requirement and grain protein contents for malting barley*. Proceedings of the 30th European Brewery Convention Congress, 14 a 19 Maio 2005. Prague, Czech Republic.
- Patanita, M., López-Bellido L., (2007). *Effect nitrogen rate on yield and quality of malting barley under irrigated Mediterranean conditions*. Revista de ciências agrárias. 30(1):121-134.
- Roosta, H.R., Schjoerring, J.K., (2007). *Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber (Cucumis sativus L., cv. Styx) plants*. J. Plant Nutr., 30(11):1933-1951.
- Rozas, S. H., Echeverría, H. E., (1998). *Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estádios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano*. Ver. Fac. Agron., La Plata 103 (1): 37-44.
- Scharf, P. C. and M.M. Alley. (1988). *Nitrogen loss pathway and nitrogen loss inhibitors: A review*. J. Fert., 5: 109-125.
- Shafi, M., Bakht, J., Jalal, F., Khan, A. M., Khattak, G. S., (2011). *Effect of nitrogen application on yield and yield componentes of barley (Hordeum vulgare L.)*. Pak. J. Bot., 43(3): 1471-1475.
- Walker, D.R., (1975). *Effects of nitrogen on the protein content of barley*. Can. J. Plant Sci. 55:873-879.
- Wang, C., Guo, L., Li, Y., Wang, Z., (2012). *Systematic Comparison of C and C Plants Based on Metabolic Network Analysis*. BMC Systems Biology 6: S9.
- Watanabe S, Hatanaka Y, Inada K, (1980). *Development of a digital chlorophyll meter: I: Structure and performance*. Japan J. Crop Sci, 49:89-90.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. & Konzak, C.F., (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res., 14:415- 421.
- Zotarelli, L., Cardoso. E. G., Piccinin, J. L., Urquiaga, S., Boddey, R. M., Torres, E., Alves, B. J. R., (2003). *Calibration of a Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for evaluation of the nitrogen nutrition of maize*. Pesq. Agropec. Bras., Brasília. 38(9): 1117-1122.