



## CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**Diagnóstico de nitrogênio pelo índice de clorofila e nitrato na seiva para cebola em sistema de semeadura direta*****Nitrogen for diagnosis by chlorophyll index and nitrate in sap for onion in direct seeding system***Claudinei Kurtz<sup>1</sup>, Volnei Pauletti<sup>2</sup>, Francisco Olmar Gervini de Menezes Júnior<sup>3</sup>, Cristiano Mora<sup>4</sup>**RESUMO**

O objetivo do trabalho foi avaliar o estado de nitrogênio em tempo real com os medidores portáteis de clorofila e nitrato na seiva para dois cultivares de cebola. O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas com blocos completamente casualizados, com duas cultivares na parcela (Bola Precoce e Crioula) e cinco doses de N nas subparcelas (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro repetições. Foram avaliados a intensidade de cor verde das folhas (índice de clorofila) e o teor de nitrato na seiva na folha mais jovem totalmente expandida (FJTE) em intervalo aproximado de 20 dias em três épocas na safra 2012/13 (105, 132 e 153 dias após a semeadura - DAS) e cinco épocas na safra 2013/14 (85, 105, 125, 145 e 160 DAS). Houve relação entre teor foliar de N na FJTE e rendimento de bulbos com os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e índice de clorofila - IC para ambas as cultivares de cebola e safras. Tanto a determinação do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> quanto do IC nas folhas podem ser usados na determinação do estado de N e na definição da necessidade deste nutriente a ser aplicado em cobertura na cultura da cebola.

**Palavras-chave:** *Allium cepa* L; adubação nitrogenada; nutrição; diagnose nutricional.

**ABSTRACT**

*The aim of this paper is to evaluate the nitrogen status in real-time using portable meters of chlorophyll meters and nitrate in the sap for two onion cultivars. The experimental design was in split plots with completely randomized blocks, with two cultivars in the plot (Bola Precoce and Crioula) and five N rates in the subplots (0, 60, 120, 180, and 240 kg ha<sup>-1</sup>) and four replications. The green color intensity of the leaves (chlorophyll index) and the nitrate content in the youngest fully expanded leaf (YFEL) were taken at an approximate interval of 20 days in three seasons in the 2012/13 crop year (105, 132, and 153 days after sowing - DAS) and five seasons in the 2013/14 season (85, 105, 125, 145 and 160 DAS). The outcomes show a relationship between leaf N content in YFEL and bulb yield with NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in sap and chlorophyll index - CI for both onion cultivars and crops. Both the determination of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and CI in the leaves can be*

<sup>1</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, Curitiba/PR – Brasil. E-mail: [kurtz@epagri.sc.gov.br](mailto:kurtz@epagri.sc.gov.br)

<sup>2</sup> E-mail: [vpauletti@ufpr.br](mailto:vpauletti@ufpr.br)

<sup>3</sup> E-mail: [franciscomenezes@epagri.sc.gov.br](mailto:franciscomenezes@epagri.sc.gov.br)

<sup>4</sup> E-mail: [cristianomora@epagri.sc.gov.br](mailto:cristianomora@epagri.sc.gov.br)



used to determine the N state and to define the need for this nutrient to be applied in coverage in onion crops.

**Keywords:** *Allium cepa L.; Nitrogen fertilization; Nutrition; nutritional diagnosis.*

## 1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de nitrogênio (N) no solo para as plantas é influenciada por várias reações e geralmente não é afetada por efeitos residuais diretos das adubações anteriores. O fator agravante na determinação da disponibilidade de N é a limitação das análises de solo. A análise de N no solo fornece poucos subsídios para uma tomada de decisão sobre a necessidade ou não da adubação nitrogenada, uma vez que os valores podem mudar em poucos dias em função principalmente das condições edafoclimáticas que influenciam a lixiviação e a mineralização, entre outras reações. (ERNANI, 2016). A diagnose foliar, avaliação do estado nutricional das culturas por meio da análise de órgãos vegetais em períodos definidos, é uma alternativa importante devido aos órgãos responderem às variações no suprimento de nutrientes e proporcionarem maior correlação com a produção. (VIDIGAL, 2000). Entretanto, esta metodologia normalmente é onerosa, demorada e somente realizada por pessoas qualificadas o que dificulta sua empregabilidade. (FONTES, 2011).

O diagnóstico do estado nutricional é uma ferramenta importante no manejo dos fertilizantes, com vistas a maximizar a produção e a qualidade dos produtos e reduzir riscos ambientais. Para obter um sistema de recomendação de adubação mais eficiente, uma das alternativas recentes em avaliação é o uso de métodos de diagnóstico em tempo real usando a planta como indicador, em consonância com a agricultura de precisão, permitindo uma avaliação rápida e em área maior do que a realmente possível com a determinação em laboratório. (FONTES, 2011). A utilização de medidores portáteis de íons específicos como para nitrato é vantajosa em relação ao método de análise convencional devido à rapidez e aos baixos custos. (FOLEGATTI *et al.*, 2005). A concentração de nitrato na seiva é influenciada pelos fatores responsáveis pela disponibilidade do íon no solo e pelas condições edafoclimáticas e culturais que a planta está submetida. Portanto, a concentração do nutriente na seiva indica a quantidade momentânea do nutriente em circulação na planta e o estado nutricional atual da planta, sendo o nitrato e o potássio os íons mais comumente determinados na seiva do pecíolo. (FONTES, 2011).

A análise de nitrato na seiva tem apresentado estreita relação com a concentração de N na folha determinada pelo método tradicional de micro Kjeldahl e com a produção da planta, e ainda com a quantidade de N aplicada durante o ciclo cultural. (ROSOLEM; MELLIS, 2010; FONTES, 2011; HAHN *et al.*, 2020). O teste de  $N-NO_3^-$  na seiva tem sido proposto como ferramenta auxiliar no manejo da fertilização nitrogenada em hortaliças. O medidor de  $N-NO_3^-$ , é um aparelho que mede a campo com rapidez e precisão a concentração momentânea de  $N-NO_3^-$  na seiva.

Assim, a deficiência de N pode ser detectada antes da ocorrência de perdas e ser corrigida de forma a assegurar um suprimento de N ótimo para o máximo crescimento e produtividade. (VIDIGAL; MOREIRA, 2009a). No entanto, o teor de  $N-NO_3^-$  na seiva pode ser usado como um critério no diagnóstico do estado de N na planta apenas em determinados momentos do ciclo da cultura, pois o nitrato tende a diminuir ao longo do ciclo (ERREBHI *et al.*, 1998) e pode variar de acordo com o tipo de solo entre outros fatores. Nesse sentido, Vidigal e Moreira (2009b) ao avaliar o  $N-NO_3^-$  no híbrido de cebola Superex no estado de Minas Gerais observaram que o valor crítico



de  $\text{N-NO}_3^-$  na seiva do pecíolo, obtido na folha mais jovem totalmente expandida coletada em uma única época, aos 114 dias da semeadura, foi de 2.130,34 e 1.011,79  $\text{mg L}^{-1}$  em solo arenoso e argiloso, respectivamente.

A intensidade do verde das folhas também tem sido utilizada com sucesso como critério indireto para avaliar o estado de nitrogênio na planta em tempo real, de maneira não destrutiva. Isso devido ao fato de diferentes doses de N proporcionarem diferentes concentrações de clorofila e tons de verde na folha que determinam a intensidade da radiação absorvida e refletida pelo dossel. (FONTES, 2011). Isso ocorre devido a 70 % do N contido nas folhas estar nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (MARENCO; LOPES, 2005), existindo uma correlação significativa entre a intensidade da cor verde com o teor de clorofila e com a concentração de N na folha. (FONTES, 2011; PÔRTO *et al.*, 2011; PÔRTO *et al.*, 2014; HAHN *et al.*, 2020).

Índices de clorofila obtidos em folhas de diversas espécies apresentaram correlação positiva com a suficiência de N, podendo este ser considerado um índice apropriado para avaliar o estado de N das culturas. (FONTES, 2011; PÔRTO *et al.*, 2011; PÔRTO *et al.*, 2014; HAHN *et al.*, 2020). Estes medidores portáteis têm demonstrado correlação positiva com o teor de N e o rendimento e tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado de N em batata (GIL *et al.*, 2002; BUSATO, 2007; SILVA *et al.*, 2009; COELHO *et al.*, 2010), cebola (MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2015), beterraba (SEXTON; CARROL, 2002), pimentão (MADEIRA *et al.*, 2003), tomate (ARAÚJO, 2004; FERREIRA *et al.*, 2006; GÜLER; BÜYÜK, 2007), pepino (PÔRTO *et al.*, 2014), algodão (ROSOLEM; MELLIS, 2010 e alho (HAHN *et al.*, 2020), dentre outras culturas.

Vidigal & Moreira (2009a) ao avaliar a intensidade de cor verde para o híbrido de cebola Superex no estado de Minas Gerais observaram que os valores críticos alcançados para o IC obtido no meio da folha mais jovem totalmente expandida coletada aos 114 dias após a semeadura foram de 63,9 em solo arenoso e 69,7 num solo argiloso.

Tais testes são rápidos, podem ser feitos no campo e permitem o sensoriamento em tempo real do estado nutricional de nitrogênio na planta (FONTES; ARAÚJO, 2007) e podem tornar-se uma alternativa viável para o sistema de produção de cebola. Entretanto, trabalhos acerca do emprego do IC e nitrato na seiva para diagnóstico do estado de N na cultura da cebola em condições de campo são escassos na literatura. Assim, o estabelecimento de um sistema de diagnose do estado do nitrogênio em tempo real para cebola poderá contribuir para otimizar a fertilização nitrogenada para os principais cultivares de cebola do Sul do Brasil.

O objetivo do trabalho foi avaliar o estado de nitrogênio por meio de técnicas de diagnose em tempo real com medidores portáteis de clorofila e de nitrato na seiva e verificar a possibilidade de recomendação de N em cobertura com base nestes métodos para duas cultivares de cebola em sistema de semeadura direta.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos de campo, nas safras 2012/13 e 2013/14 na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) no município de Ituporanga, na região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. A área experimental está situada a 475 m de altitude, 27° 22' S de latitude e 49° 35' W de longitude, sobre um



Cambissolo Húmico Distrófico de textura média (EMBRAPA, 2006) com relevo suave ondulado. O clima local é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen.

Nas duas safras os experimentos foram conduzidos na mesma área experimental, e após o cultivo no verão de milho. Por ocasião da implantação dos experimentos, foram coletadas amostras de solo para determinação da composição química na camada de 0-20 cm. As análises apresentaram os seguintes valores para as safras 2012/13 e 2013/14, respectivamente: pH-H<sub>2</sub>O: 6,0 e 5,6; M.O. (g kg<sup>-1</sup>): 33 e 32; P (mg dm<sup>-3</sup>): 32 e 45; K (cmolc dm<sup>-3</sup>): 0,28 e 0,49; Ca (cmolc dm<sup>-3</sup>): 7,8 e 7,4; Mg (cmolc dm<sup>-3</sup>): 3,3 e 3,1; Al (cmolc dm<sup>-3</sup>): 0,0 e 0,0; H + Al (cmolc dm<sup>-3</sup>): 4,3 e 5,5; CTC (cmolc dm<sup>-3</sup>): 15,7 e 16,5; argila (g dm<sup>-3</sup>): 35 e 36; V (%): 68,3 e 66,7.

Os valores de temperaturas (°C), insolação (horas brilho solar) e pluviométricas (mm) ocorrida na Estação Experimental de Ituporanga durante a condução dos experimentos, de junho a novembro nas safras de 2012 e 2013 estão na tabela 1.

**Tabela 1** – Temperaturas médias mínimas e máximas mensais (°C), insolação (horas brilho solar) e precipitação (mm) durante a condução dos experimentos nas safras 2012/13 e 2013/14.

Mês	Temp. Média Mínima		Temp. Média Máxima		--Insolação--		Precipitação (mm)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Junho	9,27	10,38	18,49	19,30	32,9	75,4	157	212
Julho	7,79	7,56	17,92	18,76	88,0	112,1	173	99
Agosto	11,92	7,99	22,92	20,37	149,5	97,0	18	195
Setembro	11,77	11,61	23,39	22,07	148,8	115,1	70	332
Outubro	14,34	13,88	24,59	24,27	100,7	172,2	207	98
Novembro <sup>1</sup>	15,30	15,16	27,50	26,02	139,1	123,4	80	49
<b>Média</b>	<b>11,73</b>	<b>11,09</b>	<b>22,47</b>	<b>21,80</b>	<b>659,0<sup>2</sup></b>	<b>695,2<sup>2</sup></b>	<b>705<sup>2</sup></b>	<b>985<sup>2</sup></b>

<sup>1</sup> Valores referentes ao período de 1 a 25/11. <sup>2</sup> Valores correspondem a somatória do período.

Fonte: Epagri/Ciram.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, em parcela subdividida, sendo nas parcelas as cultivares e nas subparcelas as doses de N, com quatro repetições. As doses de N foram constituídas de 0, 60, 120, 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>, com adição de 20 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura e o restante da dose dividido em quatro partes iguais em cobertura, aos 45, 85, 115 e 145 dias após semeadura (DAS). A fonte de N utilizada foi o nitrato de amônio. As cultivares foram a Epagri 352 - Bola Precoce (Bola Precoce) de ciclo precoce e Epagri 362 - Crioula Alto Vale (Crioula) de ciclo médio.

Avaliaram-se a intensidade de cor verde da folha (índice de clorofila - IC) e o teor de nitrato na seiva da folha mais jovem totalmente expandida (FJTE) em intervalo aproximado de 20 dias em três épocas na safra 2012/13, aos 105 (13/set), 132 (10/out) e 153 (31/out) dias após a semeadura (DAS) e em cinco épocas na safra 2013/14, aos 85 (21/ago – plantas com 4 folhas), 105 (11/set), 145 (21/out) e 160 (05/nov). Para avaliar o teor de N no tecido foliar (g kg<sup>-1</sup>): analisou-se a folha índice (folha mais nova totalmente expandida no meio do ciclo) coletadas no início da bulbificação em 10/out/2012 e 30/set/2013. Para análise de nutrientes no tecido foliar



foram coletadas folhas de oito plantas por parcela (11,2 m<sup>2</sup> com aproximadamente 448 plantas) e acondicionadas em pacotes de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65° C até atingirem massa constante. Em seguida foram trituradas em partículas com diâmetro inferior a 1 mm em moinho Willey. Para determinação do teor de nutrientes, as amostras foram submetidas à digestão nitro-perclórica para as análises de P, K, Ca, Mg e à digestão sulfúrica para a análise de N. (TEDESCO *et al.*, 1995). Os teores de N, foram determinados pelo método de arraste de vapores em aparelho semi-micro Kjeldahl. Os teores de P foram determinados por colorimetria; o teor de K por fotometria de chama e os teores de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica.

A intensidade de cor verde determinada pelo teor de clorofila (IC) foi realizada indiretamente pelo uso de clorofilômetro portátil modelo CFL 1030 ClorofiLOG da marca Falker. Para realização desta leitura foram usadas oito plantas por parcela (11,2 m<sup>2</sup> com aproximadamente 448 plantas) de forma aleatória em cada época avaliada. Foi realizada uma leitura na parte intermediária da FJTE. As avaliações foram realizadas sempre em dias ensolarados, entre 8:30 e 11:00 horas.

O teor de nitrato na seiva foi obtido pela leitura do medidor portátil da marca Horiba, modelo B-743. Estas leituras também foram realizadas em oito plantas por parcela em cada época avaliada. Para esta avaliação as folhas foram coletadas na parte da manhã entre 8:30 e 11:00 horas. Após a coleta, as folhas foram levadas ao laboratório e acondicionadas em geladeira (5° C) até a realização da leitura geralmente no mesmo dia da coleta ou eventualmente no dia seguinte.

Para extração da seiva ou extrato foliar, as folhas foram lavadas em água destilada, secas com papel toalha e separados os quatro cm imediatamente acima da bainha foliar. Estas partes das folhas foram cortadas com tesoura transversalmente em fragmentos de aproximadamente três mm de largura. Após o corte estas partes foram acondicionadas em espremedor de alho e pressionadas para obter o extrato de aproximadamente 2 a 3 gotas que foram depositadas no sensor do aparelho para obtenção da leitura. (VIDIGAL; MOREIRA, 2009a). O aparelho foi calibrado com a solução padrão de 2.000 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> antes da realização das leituras e recalibrado a cada 20 amostras lidas.

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett para verificar a homogeneidade. O efeito dos fatores principais e da interação entre eles foi avaliado estatisticamente por meio da análise de variância (ANOVA); o efeito das doses de N foi avaliado por meio de análise de regressão, sendo selecionada aquela equação com significância ( $p \leq 0,05$ ) e maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ). O nível crítico (NC) foi estimado associando-se os valores das variáveis nitrato na seiva, IC e teor de N no tecido foliar com o rendimento de bulbos e estimados pela equação de regressão na produção máxima dos bulbos. (FONTES, 2001). A obtenção dos níveis críticos foi usada para determinar o estado de N na planta e avaliar o potencial de uso na recomendação da adubação nitrogenada. Os teores de N no tecido foliar, produtividade, índices gerados pelos equipamentos portáteis (clorofilômetro e medidor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) também foram correlacionados entre si (correlação de Pearson) para verificar a relação entre eles e avaliar o potencial de uso como ferramentas para o diagnóstico do estado de N em cebola.

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa ASSISTAT 7.7 Beta e SigmaPlot 11.0. Os gráficos foram gerados no programa SigmaPlot 11.0.



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste de Bartlett verificou-se homogeneidade ( $p \leq 0,05$ ) para todos os dados analisados. Em geral, observaram-se respostas lineares para as doses de nitrogênio, não sendo verificadas diferenças significativas em relação aos cultivares. O rendimento de bulbos em ambas as safras aumentou com os incrementos nas doses de N no solo e com o aumento dos teores de N no tecido foliar e as doses de máxima eficiência técnica para os cultivares de cebola Bola Precoce e Crioula no sistema de semeadura direta variou de 157 a 192 kg ha<sup>-1</sup> de N nas duas safras estudadas.

#### 3.1.1. NITRATO NA SEIVA

Para o teor de nitrato na seiva, foram observadas variações entre as safras, cultivares e períodos de avaliação. No entanto, independente disto, houve o aumento dos teores de nitrato com o incremento das doses de N adicionadas ao solo (Figuras 1 e 2).

Na safra 2012/13 aos 105 DAS, houve interação entre os fatores, sendo observadas diferenças significativas entre os cultivares (cv.) apenas na dose de 180 kg ha<sup>-1</sup>, onde o cv. Bola Precoce apresentou maior teor NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva (Figura 1A). Nesta época para o fator doses de N, houve o aumento linear dos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> com o incremento das doses de N. Os incrementos no teor de nitrato da dose zero (testemunha) para a dose máxima 240 kg N ha<sup>-1</sup>, foram de aproximadamente 50% (de 1.297 mg L<sup>-1</sup> para 1.950 mg L<sup>-1</sup>) e 100% (1.132 mg L<sup>-1</sup> para 2.285 mg L<sup>-1</sup>) para os cultivares Crioula e Bola Precoce, respectivamente. Portanto, mais expressivos para o cultivar Bola Precoce. Aos 132 DAS, não houve diferenças entre os cultivares, onde verificou-se aumentos de forma quadrática dos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva com o acréscimo das doses de N (Figura 2B). Nesse caso, o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva passou de 412 mg L<sup>-1</sup> na testemunha para um máximo de 1.668 mg L<sup>-1</sup> na dose estimada de 223,7 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que representou um acréscimo de 400%. Por sua vez, aos 153 DAS, o cv. Crioula apresentou teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva significativamente superior em relação ao cv. Bola Precoce (Figura 1C). Isto ocorreu, provavelmente, em função da diferença de ciclo e estágio fenológico entre os cultivares. Assim, para um cultivar como o Crioula, cujo estímulo fotoperiódico à bulbificação ocorre mais tardiamente, a máxima demanda de nitrogênio ocorre num período posterior ao cultivar Bola Precoce.

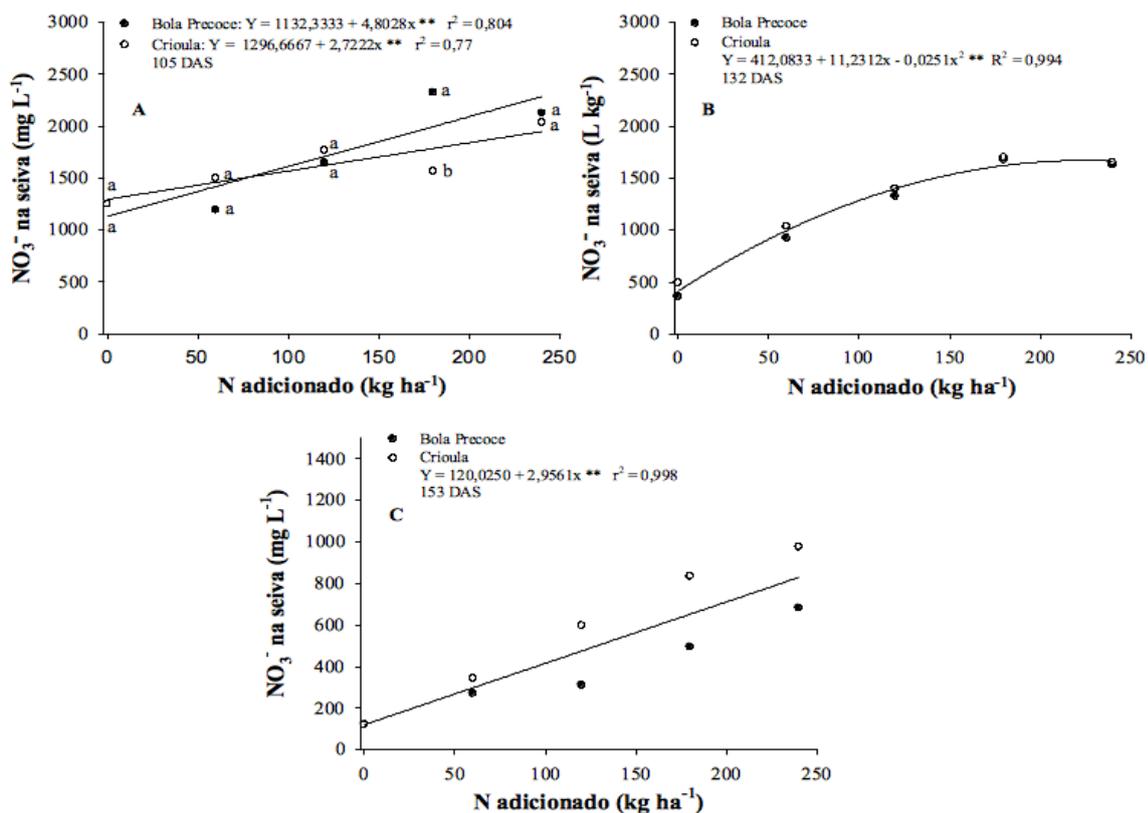
Aos 153 DAS, observou-se um incremento expressivo e de forma linear nos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva com o aumento dos níveis de N para os dois cultivares. Os teores médios passaram de 120 mg L<sup>-1</sup> na testemunha sem aplicação de N, para 830 mg L<sup>-1</sup> na dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. Assim, para as três épocas avaliadas observou-se um aumento dos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> com o incremento das doses de N adicionadas ao solo. Na safra 2013/14, os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva também tiveram incremento em função do acréscimo das doses de N e não houve diferenças entre os cultivares, exceto na quinta época avaliada, quando houve interação entre os fatores (Figura 2).

Na primeira (85 DAS), na quarta (145 DAS) e na quinta época (160 DAS) (cv. Crioula), houve comportamento quadrático dos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, enquanto que na segunda (105 DAS) e terceira época (125 DAS), observou-se incrementos de forma linear nos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva com o acréscimo da quantidade de N adicionada. Na quinta época, quando se observou interação dos fatores, houve diferença significativa entre os cultivares somente na dose máxima avaliada de 240 kg ha<sup>-1</sup>, quando os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva foram maiores para o cv. Crioula (Figura 2A). Nesta época, para o fator doses de N, o teor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na cultivar Bola Precoce não foi afetada pelos



aumentos das doses de N, enquanto que no cv. Crioula houve crescimento de forma quadrática. Estes valores menores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva para o cv. Bola Precoce como também observado na safra 2012/13 na última época avaliada, provavelmente se devem a diferença entre ciclos, onde o cv. Bola Precoce, por ser mais precoce, já se encontrava em fase inicial maturação, fase em que os teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva são mais baixos. Westerveld *et al.* (2004) também observaram que os teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva de folhas de cebola geralmente decresceram com o aumento da idade das plantas. Segundo Bredmeier e Mudstock (2000), a quantidade de N absorvida aumenta progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atinge o máximo durante os estádios reprodutivos e decresce na fase final do ciclo. Segundo estes autores durante a fase reprodutiva, diminui a taxa de redução de nitrato; em paralelo, em função da remobilização do N foliar para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, aumenta a exportação de aminoácidos das folhas, enriquecendo, com esses compostos, o floema que entra nas raízes.

**Figura 1** – Nitrato na seiva de folhas de cebola dos cultivares Bola Precoce e Crioula em função de doses de N (0; 60; 120; 180 e 240  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e épocas de avaliações (105; 132 e 153 DAS), 2012/13. \*, \*\*: respectivamente, significativo a 5 e 1% de probabilidade pela análise de regressão.

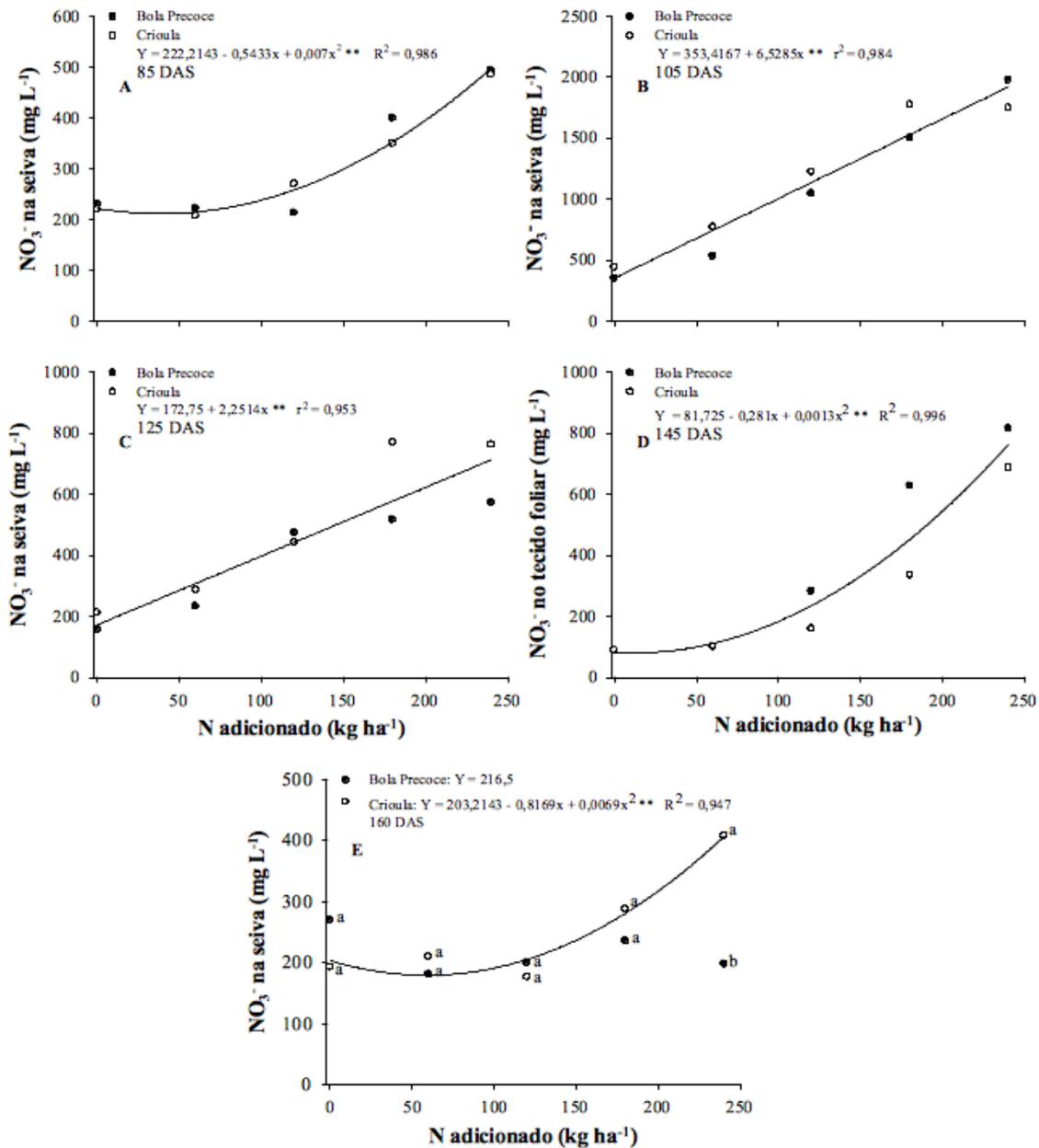


Fonte: Autores.

De maneira geral, também observa-se que em todas as épocas houve grande amplitude (100 e 900%) no incremento dos teores de  $\text{NO}_3^-$  com o aumento das doses de N, passando de 222 para 495  $\text{mg L}^{-1}$ , de 353 para 1920  $\text{mg L}^{-1}$ , de 173 para 713  $\text{mg L}^{-1}$ , de 82 para 763  $\text{mg L}^{-1}$  e de 203 para 405  $\text{mg L}^{-1}$  (cv. Crioula), respectivamente, na sequência das cinco épocas avaliadas.



**Figura 2** – Nitrito na seiva de folhas de cebola dos cultivares Bola Precoce e Crioula em função de doses de N (0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>) e épocas de avaliações (85, 108, 125, 145 e 160 DAS), 2013/14. \*, \*\*: respectivamente, significativo a 5 e 1% de probabilidade pela análise de regressão.



Fonte: Autores.

Westerveld *et al.* (2004) ao avaliarem a relação entre teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva da folha de cebola e doses de N em solo do Canadá, observaram comportamento geralmente linear e os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva variaram de 99 a 1590 mg kg<sup>-1</sup>, 86 a 490 mg kg<sup>-1</sup> e de 61 a 480 mg kg<sup>-1</sup> na safra 2000 e de 140 a 840 mg kg<sup>-1</sup>, 430 a 960 mg kg<sup>-1</sup> e de 220 a 600 mg kg<sup>-1</sup> na safra 2001, dependendo das doses de N, respectivamente para os estágios de cinco folhas, bulbificação e maturação. Estes autores também relataram dificuldade de estabelecer um nível crítico dos valores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva devido à ausência de resposta obtida para a cultura da cebola para N para a variável rendimento



nas duas safras avaliadas. Da mesma forma que observado por Westerveld *et al.* (2004), a exceção da primeira época da safra 2013/14 quando a avaliação foi realizada numa fase mais inicial de desenvolvimento, os teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva decresceram com o aumento da idade das plantas. Segundo Bredmeier e Mudstock (2000), na fase reprodutiva a quantidade absorvida de N atinge um máximo para depois decrescer. Assim há uma diminuição na taxa de redução de nitrato; e em paralelo, em função da remobilização do N foliar para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos, aumenta a exportação de aminoácidos das folhas, enriquecendo com esses compostos o floema que entra nas raízes. De acordo com Imsande e Touraine (1994), o mecanismo proposto sugere que esses aminoácidos provocam uma redução na taxa de absorção de  $\text{NO}_3^-$  no final do ciclo. Embora requeira estudos adicionais, é possível que esse mecanismo atue ao final do ciclo vegetativo (formação de bulbos) e reprodutivo (produção de sementes) em plantas bienais como a cebola.

Os teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva também tiveram uma correlação significativa com os teores de N foliar que é o método tradicionalmente usado para o diagnóstico de N para a maioria das culturas, exceto na primeira época da safra 2012/13 para a cv. Crioula e quinta época da safra 2013/14 para a cv. Bola Precoce, as quais não foram significativas (Tabela 2).

**Tabela 2** – Correlação linear de Pearson entre  $\text{NO}_3^-$  na seiva ( $\text{NO}_3^-$ ), índice de clorofila (IC), N no tecido foliar (N foliar) avaliado no período crítico (132 DAS - 2012/13 e 125 DAS – 2013/14) e rendimento (Rend. t ha<sup>-1</sup>) para as cultivares de cebola Bola Precoce (BP) e Crioula (C).

Data (DAS)	----- $\text{NO}_3^-$ -----						-----IC-----				---N foliar---	
	-Rend. t ha <sup>-1</sup> -		----IC----		---N foliar---		-Rend. t ha <sup>-1</sup> -		---N foliar---		-Rend. t ha <sup>-1</sup> -	
	BP	C	BP	C	BP	C	BP	C	BP	C	BP	C
Safra 2012/13												
105	0,22	0,90	0,74	0,85	0,70*	0,83	0,56*	0,95*	0,75	0,99**		
132	0,26	0,83*	0,72**	0,58°	0,87**	0,97**	0,24	0,72*	0,67	0,54*	0,15	0,91**
153	0,15	0,94*	0,91**	0,95**	0,95**	0,97**	0,35	0,83°	0,79*	0,92**		
Safra 2013/14												
85	0,57°	0,67*	0,81*	0,72**	0,81**	0,78*	0,87**	0,95**	0,97**	0,99**		
105	0,84**	0,96**	0,48°	0,91**	0,96**	0,99**	0,84*	0,96**	0,64*	0,97**		
125	0,95**	0,89**	0,83**	0,91	0,97**	0,95**	0,82**	0,74	0,99**	0,82	0,94**	0,98**
145	0,76**	0,61*	0,93**	0,88**	0,92**	0,73**	0,89**	0,81**	0,92**	0,91**		
160	0,50	0,52°	0,60	0,61**	0,45	0,67*	0,99**	0,93**	0,95**	0,94**		

°, \* e \*\*: r significativo ( $p < 0.10$ ,  $p < 0.05$  e  $p < 0.01$ , respectivamente); DAS: Dias após a semeadura.

Fonte: Autores.

A análise de  $\text{NO}_3^-$  na seiva, normalmente apresenta correlação positiva com a concentração de N na folha determinada pelo método tradicional de micro Kjeldahl e com a produção da planta.



(ALCÁNTAR *et al.*, 2002; FONTES *et al.*, 2003). Hahn *et al.* (2020) também verificaram uma relação entre doses de N e  $\text{NO}_3^-$  na seiva para a cultura do alho em trabalho realizado em Caçador, SC. Alva (2007) observou uma proporcionalidade dos teores de nitrato na seiva com a quantidade de N aplicada durante o ciclo da cultura da batata, a exemplo do que ocorreu no presente estudo para ambas as cultivares nas duas safras avaliadas.

Para as duas safras e maioria dos períodos de avaliação os teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva também estiveram correlacionados a intensidade de cor verde das folhas avaliada por meio do índice de clorofila (Tabela 2). A correlação somente não foi significativa na safra 2012/13 na primeira época para ambas as cultivares e na safra 2013/14 para a quinta época para a cv. Bola Precoce e terceira época para o cv. Crioula. Resultado semelhante ao obtido para outras culturas como o algodoeiro (ROSOLEM; MELLIS, 2010), batata (MOREIRA *et al.*, 2011) e tomateiro (GUIMARÃES *et al.*, 1999).

### 3.1.2. RELAÇÃO ENTRE RENDIMENTO DE BULBOS E NITRATO NA SEIVA

No presente trabalho, os dados indicam a existência de uma relação entre os teores de nitrato na seiva e o rendimento de bulbos para ambas as safras, cultivares e épocas avaliadas.

Na safra 2012/13, os teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva da folha e o rendimento foram relacionados na primeira época de avaliação para o cultivar Bola Precoce e nas três épocas para o cultivar Crioula (Figura 3). Na primeira época (105 DAS), os teores críticos de  $\text{NO}_3^-$  para o rendimento máximo das cultivares Bola Precoce e Crioula foram similares e situaram-se em 1724 e 1696  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente. Na segunda (132 DAS) e na terceira época (153 DAS) quando os valores foram significativos somente para a cv. Crioula, o rendimento máximo foi obtido com os valores de 1558 e 731  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente.

Por sua vez, na safra 2013/14, para os dois cultivares a relação entre rendimento e teores de  $\text{NO}_3^-$  foi significativa e de forma quadrática para as primeiras quatro épocas e não houve significância para a última época avaliada (Figura 4). Os teores críticos de  $\text{NO}_3^-$  para o rendimento máximo para ambas as cultivares de cebola foram de 393, 1527, 574, e 513  $\text{mg L}^{-1}$  para a primeira (85 DAS), segunda (105 DAS), terceira (125 DAS) e quarta época (145 DAS), respectivamente. A ausência de significância na quinta época (160 DAS) se deve provavelmente as plantas já se encontrarem em processo inicial de maturação, fase em que os níveis de  $\text{NO}_3^-$  diminuem nos vasos condutores (ERREBHI *et al.*, 1998), demonstrando que esta época não é adequada para avaliar o estado de N na planta de cebola.

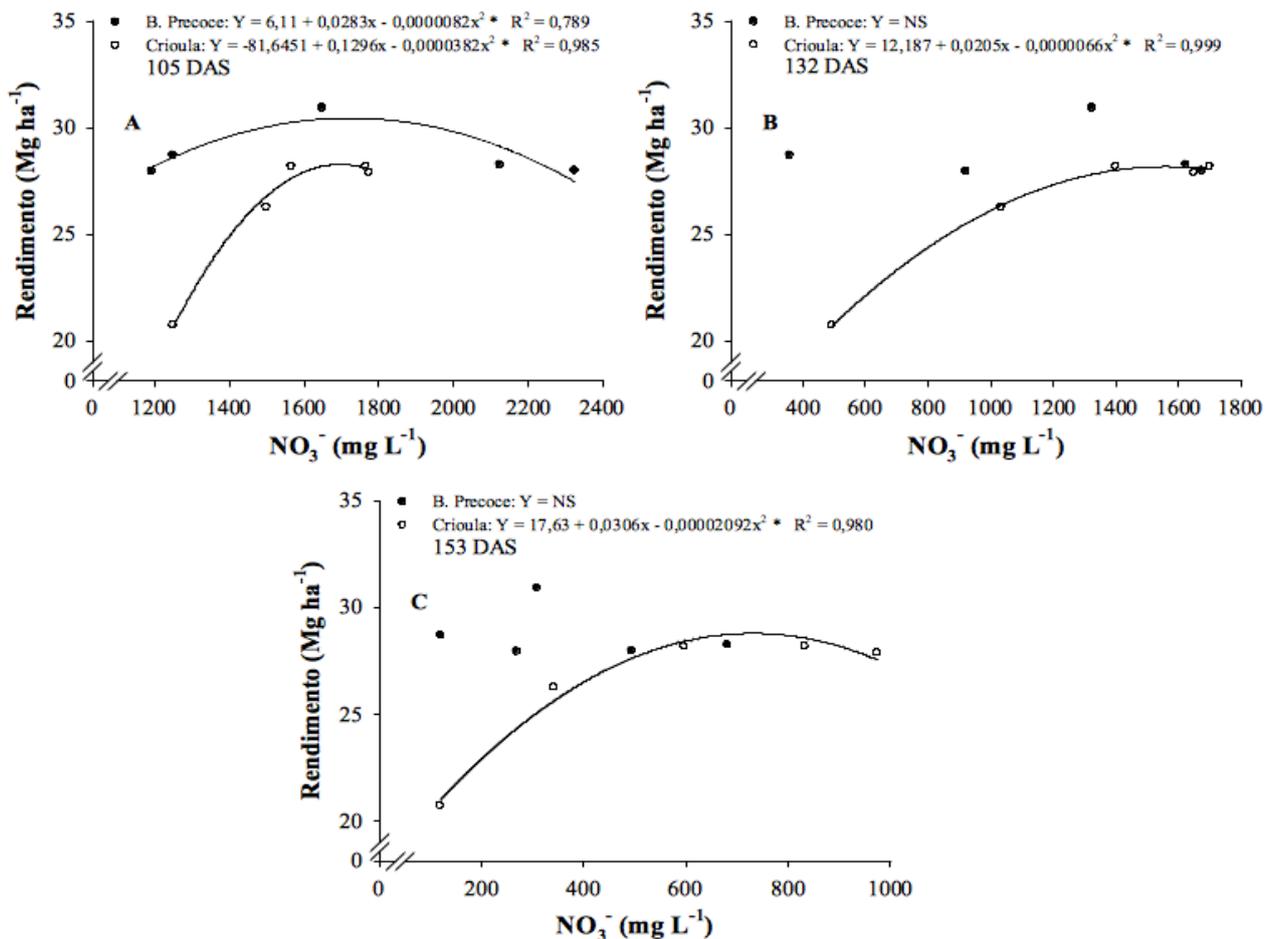
Para a safra 2013/14, se observou também correlação significativa entre teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva e rendimento para as quatro primeiras épocas para a cv. Bola Precoce e para todas as cinco épocas para a cv. Crioula (Tabela 2). De maneira geral, as correlações foram altas ( $p < 0,01$ ) para as três avaliações intermediárias, indicando serem mais adequadas para avaliação do estado de N. No entanto, a primeira época avaliada também apresentou correlação significativa e pode ser incluída para o diagnóstico do estado de N por ser uma época considerada estratégica para adicionar N em cobertura (85 DAS).

Vidigal e Moreira (2009a) observaram como valor crítico de  $\text{NO}_3^-$  na seiva de folhas de pecíolo de cebola no estado de Minas Gerais os valores de 2.130 e 1.011  $\text{mg L}^{-1}$  em solo arenoso e solo argiloso, respectivamente, avaliados numa única época aos 114 dias após a semeadura. Gaviola e Lipinski (2002) estudando a viabilidade do diagnóstico do estado de N para a cultura do alho na



Argentina pelo  $\text{NO}_3^-$  na seiva, encontraram como níveis críticos para o máximo rendimento em cinco épocas analisadas os valores de  $1500 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  (01/09);  $1300 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  (15/09);  $1700 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  (01/10) e  $800 \text{ mg NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  (15/10). Os resultados obtidos nas duas safras para todas as épocas avaliadas, com efeito quadrático da relação entre rendimento e teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva, evidenciam que os teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva de folhas de cebola aumentam além dos valores necessários para a obtenção dos rendimentos máximos, indicando “consumo de luxo” do nutriente. Neste caso, mesmo que absorvido, o excedente do nutriente não é incorporado em compostos orgânicos, não promovendo incremento no rendimento.

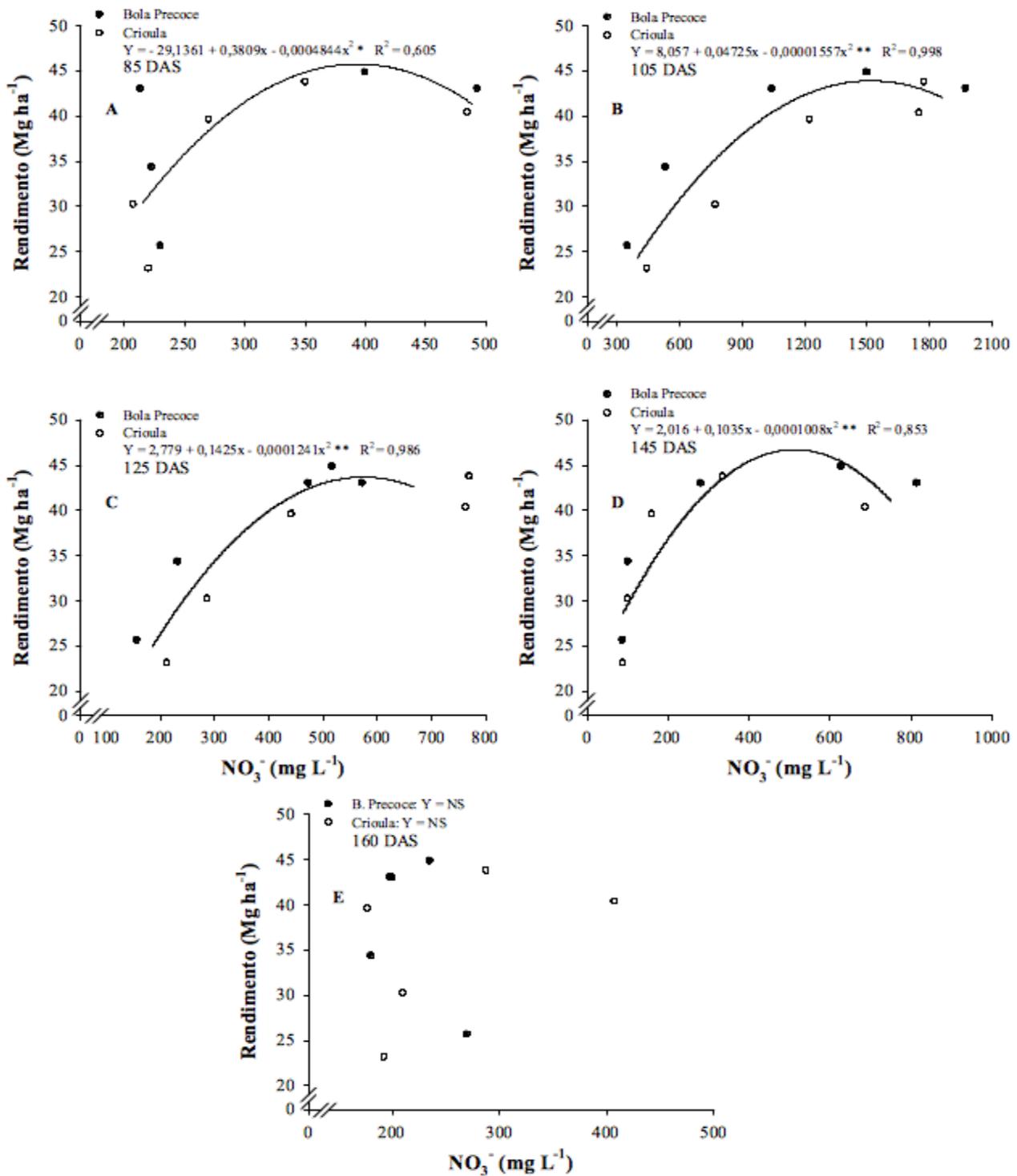
**Figura 3** – Relação entre rendimento de bulbos e  $\text{NO}_3^-$  em folhas de cebola das cultivares Bola Precoce e Crioula em função de doses de N (0; 60; 120; 180 e 240  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e épocas de avaliações (105; 132 e 153 DAS), 2012/13. \*, \*\*: respectivamente, significativo a 5 e 1% de probabilidade pela análise de regressão.



Fonte: Autores.



**Figura 4** – Relação entre rendimento de bulbos e  $\text{NO}_3^-$  em folhas de cebola das cultivares Bola Precoce e Crioula em função de doses de N (0; 60; 120; 180 e 240  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e épocas de avaliações (85; 105; 125; 145 e 160 DAS), 2013/14. \*, \*\*: respectivamente, significativo a 5 e 1% de probabilidade pela análise de regressão.



Fonte: Autores.



Na safra 2012/13, os valores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva para o rendimento máximo situaram-se em 87, 93 e 88 % em relação aos teores máximos para a cultivar Crioula, respectivamente, na sequência das três épocas e para a cv. Bola Precoce foi de 75 %, na qual os valores foram significativos somente para a primeira época (Tabela 3). Já para a safra seguinte, os valores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva para o rendimento máximo, situaram-se em 79 %, 80 %, 81 % e 67 % em relação aos teores máximos para ambas as cultivares, respectivamente na sequência das quatro épocas iniciais avaliadas.

Nesta última safra, considerando que as quatro primeiras épocas apresentaram valores de correlações altamente significativas entre as variáveis rendimento e teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva (Tabela 3) e estas épocas coincidirem com o momento de grande crescimento e demanda por N pela cebola (KURTZ *et al.*, 2016), estas podem ser consideradas adequadas para o diagnóstico do estado de N e para a aplicação do N em cobertura quando estiver abaixo do nível crítico.

**Tabela 3** – Valores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva máximos de leitura, nível crítico e da relação entre nível crítico e  $\text{NO}_3^-$  na seiva máximos para cultura da cebola em sistema de semeadura direta nas diversas épocas nas safras 2012/13 e 2013/14.

Época avaliada	$\text{NO}_3^-$ máximo		Nível crítico (NC)		Relação entre NC e valor de $\text{NO}_3^-$ máximo (%)	
	Bola P.	Crioula	Bola P.	Crioula	Bola P.	Crioula
Safra 2012/13						
105 DAS	2285	1950	1724	1696	75	87
132 DAS	1668	1668	-	1558	-	93
153 DAS	830	830	-	731	-	88
Safra 2013/14						
85 DAS	495	495	393	393	79	79
105 DAS	1920	1920	1527	1527	80	80
125 DAS	713	713	574	574	81	81
145 DAS	763	763	513	513	67	67
160 DAS	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autores.

Como sugestão para a recomendação de N, baseando-se nos resultados das duas safras estudadas, sugere-se a implantação de área de referência na lavoura com dose elevada de N para o diagnóstico do nível crítico em relação a área geral da lavoura, conforme trabalho de Carvalho *et al.* (2012) realizado com arroz e feijão para o índice de clorofila (SPAD). Em função das variações nos teores de  $\text{NO}_3^-$  na seiva ao longo da safra e entre safras, este procedimento atenuaria problemas relacionados a estas variações. Neste caso, uma recomendação sugerida seria quando as leituras de  $\text{NO}_3^-$  na seiva das plantas da lavoura em análise forem iguais ou inferiores a 90 % do valor das leituras obtidas na área de referência (com alta dose de N) se recomendaria a aplicação de N em cobertura.

Com base nas máximas respostas a N obtidas no presente estudo de 157 e 192  $\text{kg ha}^{-1}$  (KURTZ, 2015) nas safras 2012/13 e 2013/14, respectivamente, a quantidade a ser aplicada nas épocas com diagnóstico de necessidade de N seria de 34,5  $\text{kg ha}^{-1}$  em cada cobertura realizada. Desse modo, seria aplicado 20  $\text{kg ha}^{-1}$  na semeadura, 34,5  $\text{kg ha}^{-1}$  aos 45 DAS quando as plantas estiverem com 2-3 folhas (neste momento ainda não seria possível avaliar o  $\text{NO}_3^-$  na seiva pelo reduzido tamanho das folhas) e as outras coberturas nesta mesma quantidade seriam realizadas em até quatro vezes conforme o diagnóstico de cada época (85, 105, 125, e 145 DAS).



Se o diagnóstico indicar a necessidade de adubação de cobertura em todas as leituras teríamos ao final do ciclo um total de 192,5 kg ha<sup>-1</sup> de N adicionados, o que seria a dose de MET na safra 2013/14. Esta dose será menor como no caso da safra 2012/13 com 158 kg ha<sup>-1</sup> de N, se em determinada época de avaliação o diagnóstico não indicar a necessidade de N, ou seja, quando o valor de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva for maior que 90% do valor da área de referência, como ocorreu na segunda época (132 DAS) daquela safra (Tabela 3).

### 3.2. ÍNDICE DE CLOROFILA (IC)

Para ambas as safras, cultivares e épocas avaliadas observou-se aumento no IC com o incremento das doses de N. Na safra 2012/13, a intensidade de cor verde das folhas de cebola avaliada por meio do índice IC apresentou diferenças entre cultivares na primeira (105 DAS) e terceira época (153 DAS) e aumentos do índice para o fator doses de N para todas as três épocas avaliadas (Figura 5).

Na primeira e terceira época, a cv. Crioula apresentou valores superiores aos da cv. Bola Precoce. Para o fator doses de N, observou-se crescimento do índice IC de forma linear nas três épocas com os valores passando de 63,3; 77,2 e 67,4 na testemunha, para 69, 79, e 72,5 na dose máxima avaliada de 240 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para as três épocas (105, 132 e 153 DAS).

Na safra 2013/14, os acréscimos das doses de N promoveram incrementos nos valores de IC (Figura 6). Os incrementos foram de forma linear na primeira (85 DAS), terceira (125 DAS) e quarta época (145 DAS), quando os valores passaram de 55,5, 62,4 e 59,8 na testemunha sem a aplicação de N, para 61,6; 70,1 e 68,3, na maior dose avaliada (240 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente. Na segunda (105 DAS) e quinta épocas (160 DAS) verificou-se aumentos do IC de forma quadrática com o incremento das doses de N com os valores passando de 61,2 e 58,8 na testemunha, para 68,6 e 71,2 nos valores máximos com aplicação de 166,9 e 202,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente para as duas épocas.

Estes resultados corroboram aos obtidos por outros autores para as culturas oleráceas como o alho (HAHN *et al.*, 2020), pepino (PÔRTO *et al.*, 2014), abóbora (SWIADER; MOORE, 2002), abobrinha (PÔRTO *et al.*, 2011), batata (GIL *et al.*, 2002) e tomate (FERREIRA *et al.*, 2006; GÜLER; BÜYÜK, 2007), onde também foram constatados aumentos nos teores de clorofila total e, ou, valores de IC nas folhas das plantas com incremento na dose de N aplicada.

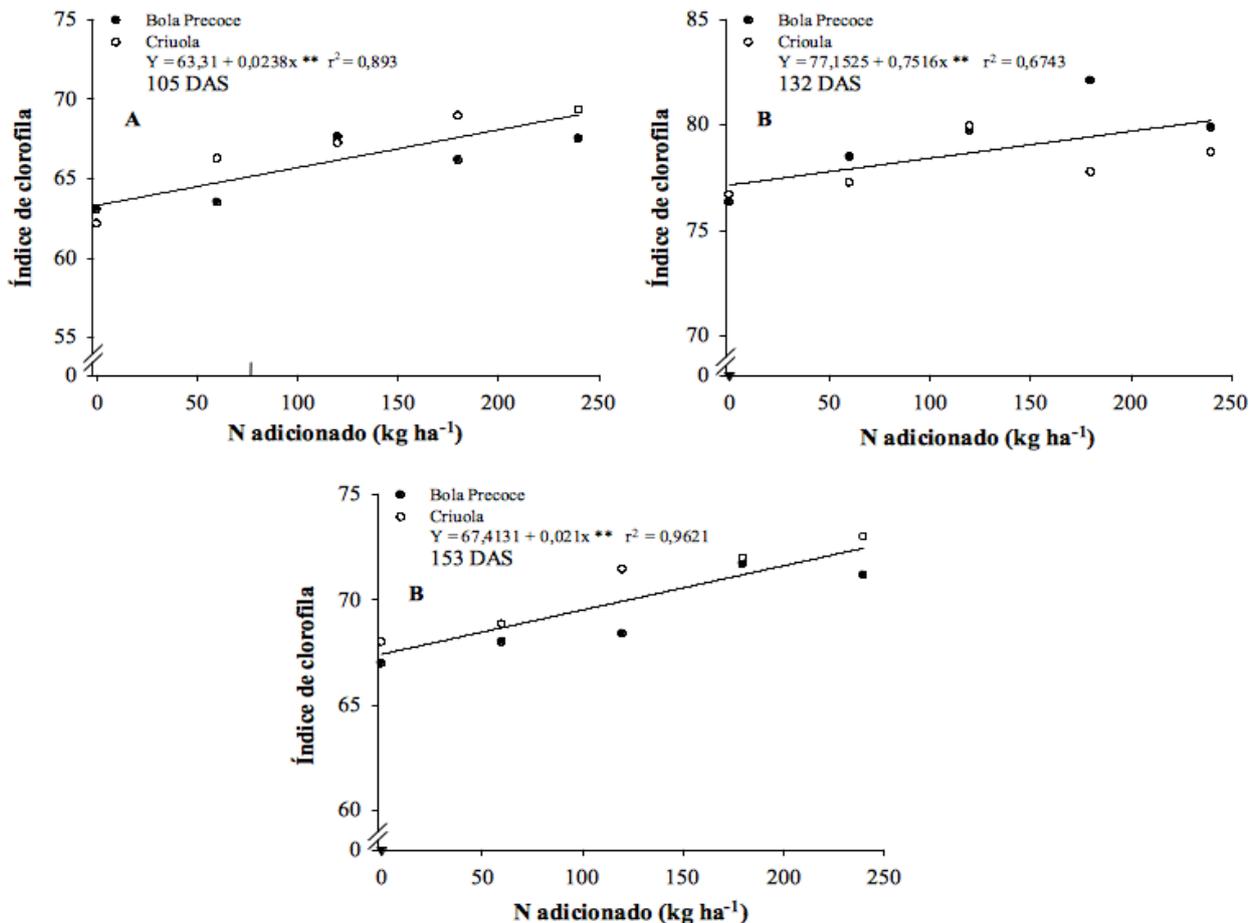
O N é o nutriente que participa da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila, de modo que o aumento do suprimento de N às plantas, até determinado limite, proporciona incremento no teor de clorofila e intensidade de cor verde nas folhas da planta. Os valores de IC apresentaram também correlação altamente significativa com os teores de N foliar (Tabela 2). Dentre as duas safras, cultivares e épocas avaliadas, não houve correlação para estas variáveis somente na segunda e terceira época para a cv. Bola Precoce na primeira safra e na terceira época para a cv. Crioula na safra seguinte. A relação direta da intensidade da cor verde com o teor de clorofila e com a concentração de N na folha, também foi encontrada em diversos trabalhos para culturas oleráceas. (GIL *et al.*, 2002; FONTES, 2011; PÔRTO *et al.*, 2011; PÔRTO *et al.*, 2014).

Esses resultados indicam a possibilidade de utilização do medidor portátil na avaliação indireta do teor de clorofila total e na caracterização do estado de N na cultura da cebola. Dentre as vantagens haveria maior rapidez na diagnose nutricional, simplicidade e a possibilidade de



avaliação não destrutiva do tecido foliar, podendo ser realizada diretamente a campo. (AMARANTE *et al.*, 2008).

**Figura 5** – Índice de IC em folhas de cebola das cultivares Bola Precoce e Crioula em função de doses de N (0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>) e épocas de avaliações (105; 132 e 153 DAS), 2012/13. \*, \*\*: respectivamente, significativo a 5 e 1% de probabilidade pela análise de regressão.



Fonte: Autores.

### 3.1.3. RELAÇÃO ENTRE RENDIMENTO E ÍNDICE DE CLOROFILA (IC)

A relação entre rendimento e IC de maneira geral foi significativa para ambas as safras, épocas e cultivares avaliados. Para a relação entre o rendimento e o IC na safra 2012/13, verificou-se valores significativos nas três épocas avaliadas para a cultivar Crioula (Figura 7). O IC crítico para o rendimento máximo para esta cultivar foi de 69,1; 75,7 e 71,4 para a primeira (105 DAS), a segunda (132 DAS) e a terceira época (153 DAS), respectivamente.

Para a cv. Bola Precoce, em função da baixa resposta a N nesta safra, não houve correlação entre o rendimento e IC. Os valores do IC da cv. Crioula para o rendimento máximo situaram-se entre 95 % e 100 % dos valores máximos de leitura. Nesta mesma safra, usando como metodologia a



dose obtida para a máxima eficiência técnica de 157 kg ha<sup>-1</sup> (KURTZ, 2015) para prever os valores críticos do IC, estes situaram-se em 67,5; 78,3 e 70,7 para ambas as cultivares, respectivamente nas três épocas avaliadas. Neste caso, estes valores representam entre 97 % e 99% dos valores máximos de leitura e são similares aos valores obtidos pela relação entre rendimento e IC. Nesta mesma safra, também houve correlação significativa e positiva entre o rendimento e o IC para cv. Bola Precoce na primeira época e para a cv. Crioula nas três épocas analisadas (Tabela 2).

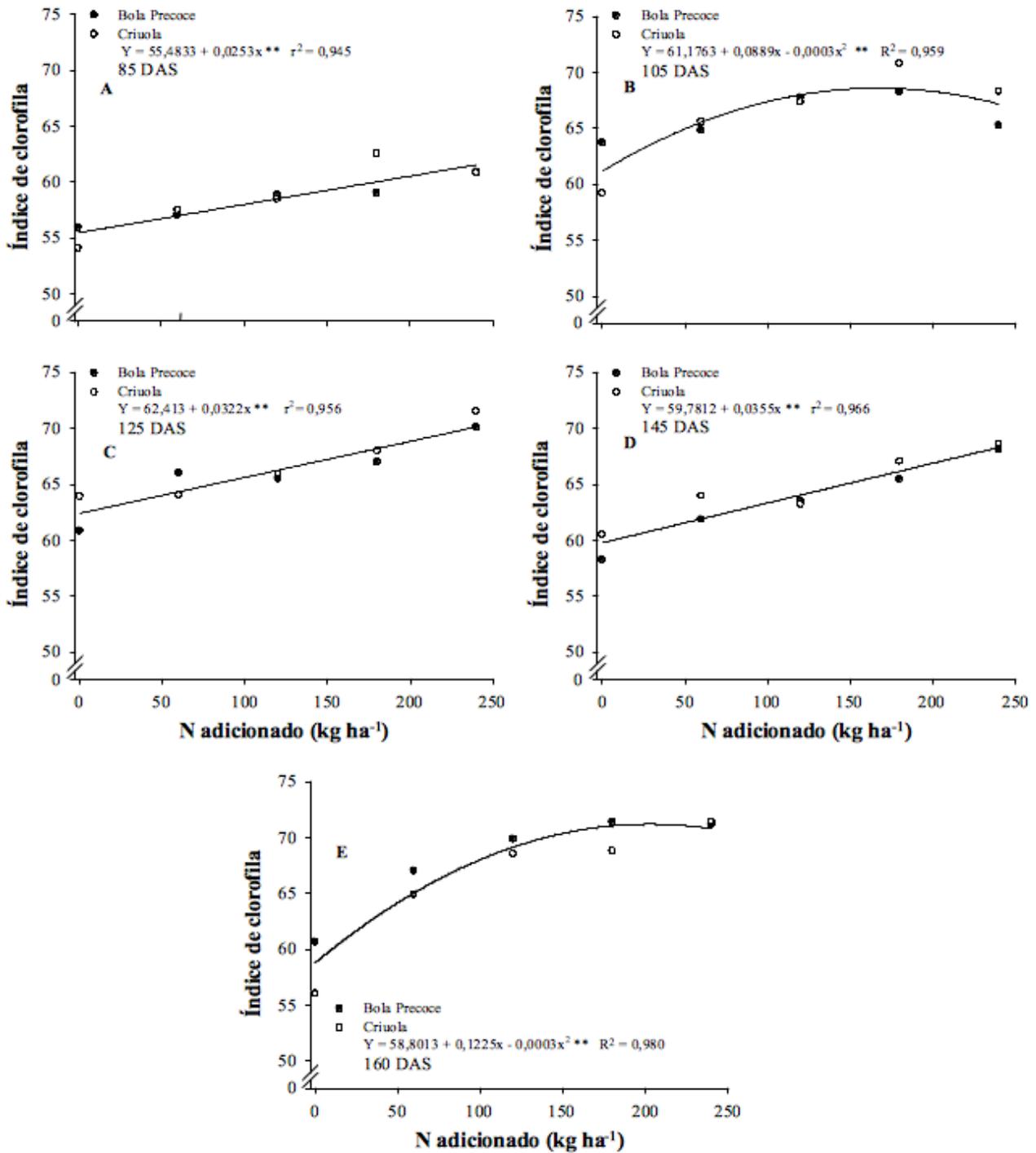
Na safra 2013/14, a relação entre rendimento e IC foi significativa para ambas as cultivares e para as cinco épocas avaliadas (Figura 8). Observou-se um comportamento de forma quadrática para a primeira (85 DAS), terceira (105 DAS) e quarta (145 DAS) época e de forma linear para a segunda (105 DAS) e quinta (160 DAS) época avaliadas. Os valores críticos do IC para o rendimento máximo para ambas as cultivares foram de 62,2; 69,5; 68,8; 67,4 e 71,3, respectivamente, na sequência das cinco épocas avaliadas. Devido à quinta época já encontrar-se próximo ao período de maturação, este momento não é mais adequado para diagnóstico de N para realizar adubação de cobertura. Considerando somente as três épocas intermediárias no diagnóstico do estado de N, observa-se uma variação pequena para os índices críticos (69,5 a 67,4) para alcançar o rendimento máximo. Também constata-se que os valores do nível crítico do IC para o rendimento máximo situam-se entre 98 % e 100 % dos valores máximos observados. Nesta safra, usando também como metodologia a dose obtida para a máxima eficiência técnica de 192 kg ha<sup>-1</sup> (KURTZ, 2015) para prever os valores críticos do IC, estes situam-se em 60,3; 68,4; 68,6; 66,6 e 71,2 para ambas as cultivares, respectivamente nas cinco épocas avaliadas. Neste caso, estes valores representam entre 97,5 % e 100 % dos valores máximos de leitura e também são similares aos valores obtidos pela relação entre rendimento e IC.

Vidigal e Moreira (2009a) ao avaliar a intensidade de cor verde para o híbrido de cebola Superex no estado de Minas Gerais, observaram que os valores críticos alcançados para o IC obtido aos 114 DAS, foram de 63,9 em solo arenoso e 69,7 num solo argiloso, respectivamente. Este último valor situa-se próximo aos valores críticos encontrados para o presente trabalho para as três épocas intermediárias avaliadas.

De maneira similar ao presente estudo o conteúdo de clorofila, estimado com o medidor portátil, tem demonstrado correlação positiva com a concentração de N na planta e também com o rendimento de diversas espécies. (GIL *et al.*, 2002; FONTES, 2011; PÔRTO *et al.*, 2011; MENEZES JÚNIOR *et al.*, 2015; HAHN *et al.*, 2020). Desse modo, esta metodologia mostra-se promissora para uso como ferramenta auxiliar para caracterizar de forma indireta a necessidade de adubação nitrogenada. Em hortaliças, o IC tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado nitrogenado em alho (BACKES *et al.*, 2008), batata (GIL *et al.*, 2002) tomate (FERREIRA *et al.*, 2006), pimentão (MADEIRA *et al.*, 2003) e pepino (PÔRTO *et al.*, 2014), dentre outras. Os valores obtidos para o IC obtidos no presente estudo apresentam uma baixa amplitude e variabilidade entre anos e épocas de diagnose em comparação aos valores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva, o que permite diagnosticar o estado de N sem a necessidade de área de referência com alta disponibilidade de N como foi indicado para a diagnose através do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva. No entanto, esta prática pode aumentar a eficácia deste método.



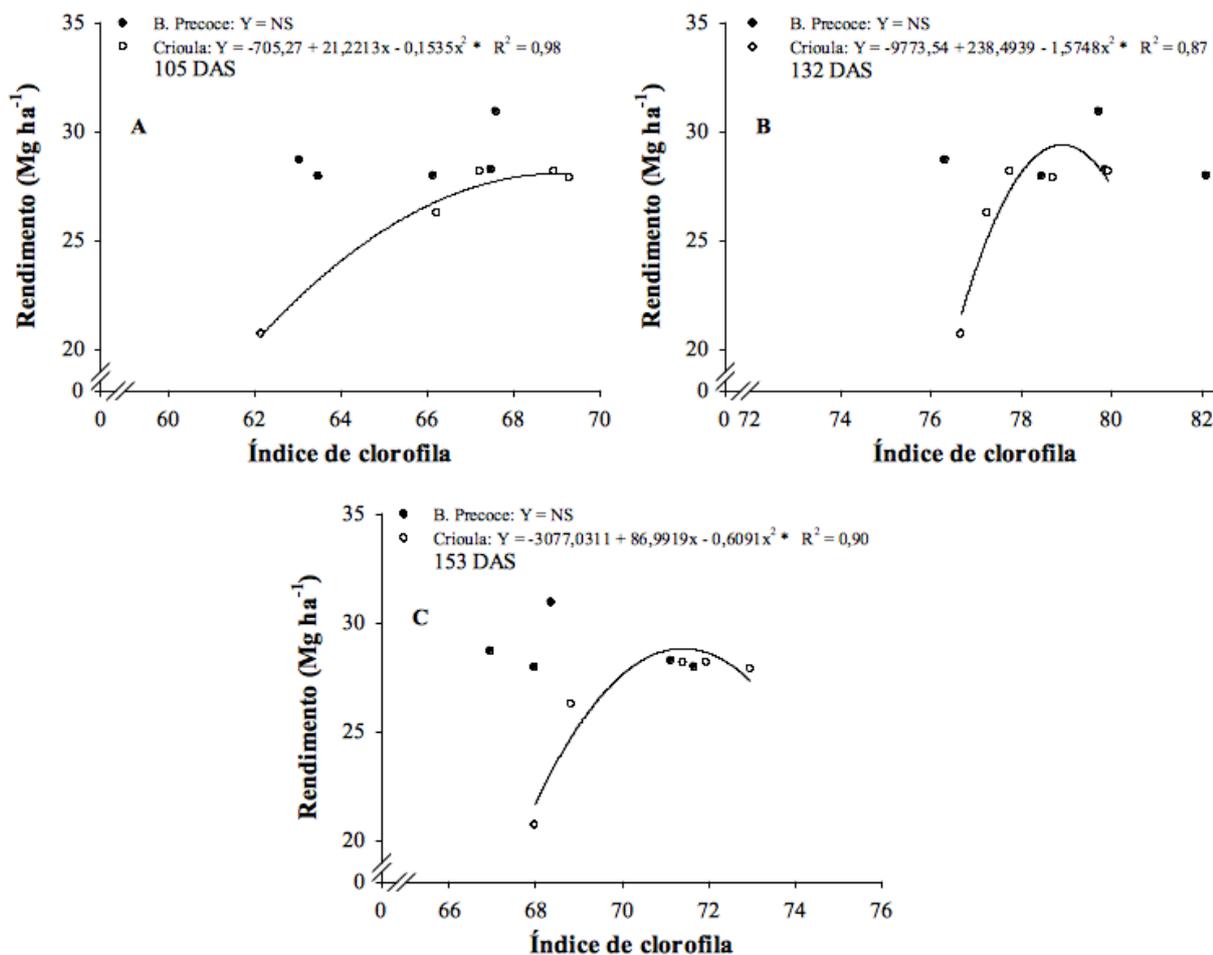
**Figura 6** – Índice de clorofila (IC) em folhas de cebola das cultivares Bola Precoce e Criuola em função de doses de N (0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>) e épocas de avaliações (85; 105; 125; 145 e 160 DAS), 2013/14. \*, \*\*: respectivamente, significativo a 5 e 1% de probabilidade pela análise de regressão.



Fonte: Autores.



**Figura 7** – Relação entre rendimento e índice de clorofila (IC) em folhas de cebola das cultivares Bola Precoce e Crioula em função de doses de N (0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>) e épocas de avaliações (105; 132 e 153 DAS), 2012/13. \*, \*\*: respectivamente, significativo a 5 e 1% de probabilidade pela análise de regressão.



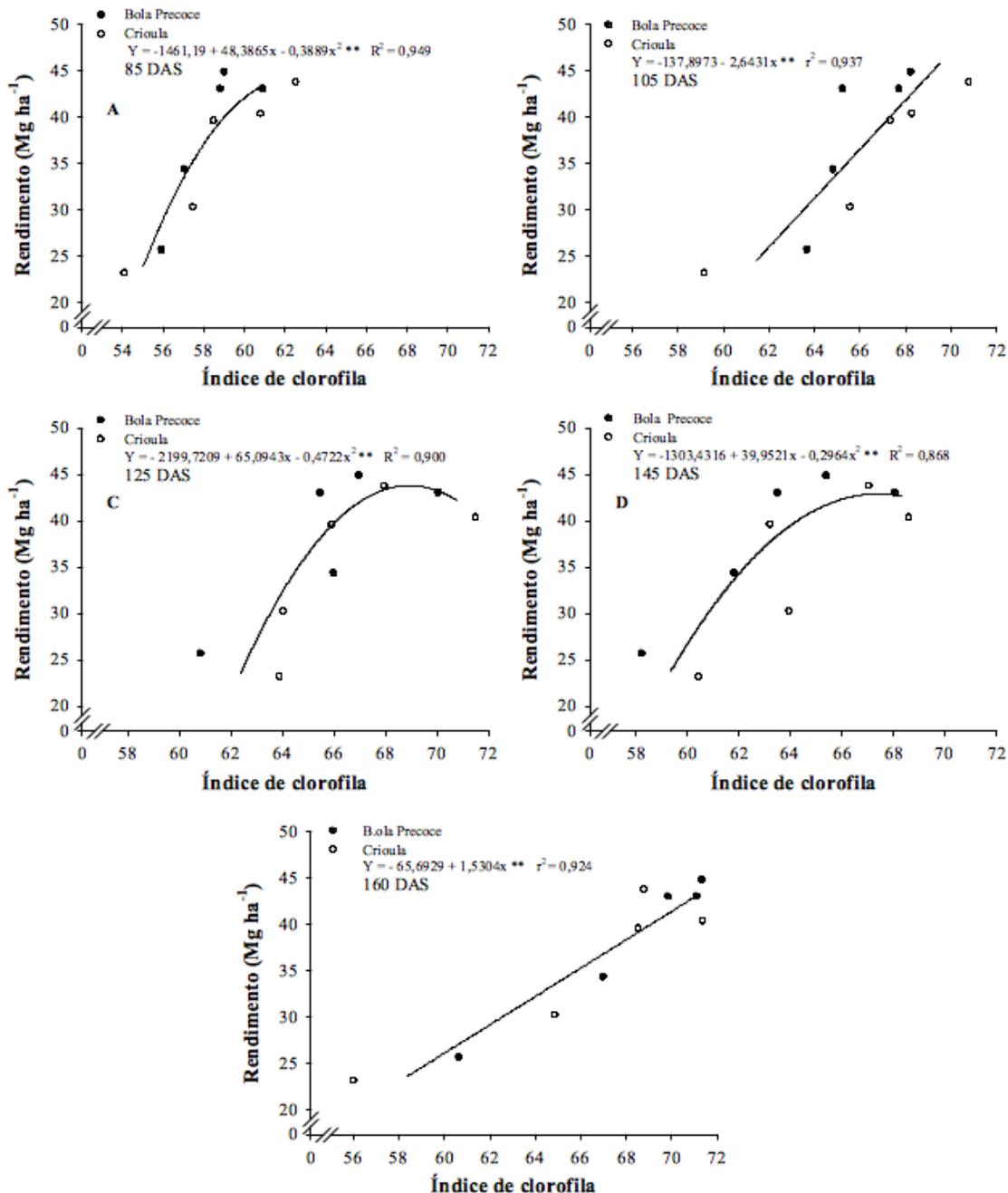
Fonte: Autores.

Também houve correlação linear significativa e positiva entre o rendimento de bulbos e o IC para a todas as épocas para ambas as cultivares, exceto na terceira época para a cultivar Crioula (Tabela 2).

Com base nos dados das duas safras estudadas para a adubação com N, sugere-se quando as leituras do IC forem inferiores a 72 nas primeiras quatro épocas avaliadas (épocas conforme safra 2013/14) se recomenda a aplicação de N em cobertura. Neste caso, a exemplo do parcelamento sugerido anteriormente para o diagnóstico com base nos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva, seria aplicado 20 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura, 34,5 kg ha<sup>-1</sup> aos 45 DAS quando as plantas estiverem com 2-3 folhas e as outras coberturas nesta mesma quantidade seriam realizadas em até quatro vezes (85, 105, 125, e 145 DAS), sempre que o IC estiver abaixo de 72. Se os valores do IC forem inferiores a 72 em todas as épocas diagnosticadas, a dose máxima aplicada será de 192,5 kg ha<sup>-1</sup>, a exemplo do que seria adicionado na safra 2013/14.



**Figura 8** – Relação entre rendimento e índice de clorofila (IC) em folhas de cebola das cultivares Bola Precoce e Crioula em função de doses de N (0; 60; 120; 180 e 240 kg ha<sup>-1</sup>) e épocas de avaliações (85; 105; 125; 145 e 160 DAS), 2013/14. \*, \*\*: respectivamente, significativo a 5 e 1% de probabilidade pela análise de regressão.



Fonte: Autores.

### 3.3 RELAÇÃO ENTRE RENDIMENTO E N NO TECIDO FOLIAR

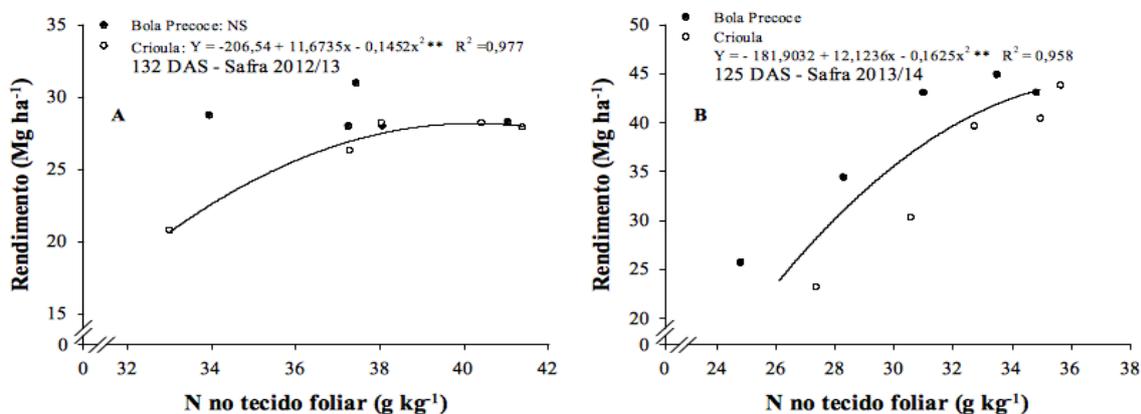
A relação entre rendimento de bulbos e N no tecido foliar foi significativa para a cv. Bola Precoce na safra 2012/13 e para ambas as cultivares na safra seguinte, indicando efeito positivo da adubação nitrogenada no rendimento da cebola (Figura 9). No primeiro ano avaliado, houve um



comportamento quadrático para esta relação e ficou estimado em 40,2 g kg<sup>-1</sup> o teor de N para o rendimento máximo de bulbos para a cv. Crioula.

Na safra seguinte, o rendimento máximo de bulbos foi obtido com 34,8 g kg<sup>-1</sup> de N no tecido foliar para ambas as cultivares. Para as duas safras esta relação foi altamente significativa ( $P < 0,01$ ) e o coeficiente de determinação também foi elevado (0,98 e 0,96). Resultados semelhantes também foram observados na correlação que foi altamente significativa para a cv. Crioula na primeira safra e para ambas as cultivares na safra seguinte (Tabela 2).

**Figura 9** – Relação entre rendimento de bulbos e N no tecido foliar de cebola das cultivares Bola Precoce e Crioula nas safras 2012/13 e 2013/14.



Fonte: Autores.

## 4. CONCLUSÕES

Houve relação entre teor foliar de N e rendimento de bulbos com os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva e índice de clorofila para ambas as safras e cultivares de cebola. Tanto a determinação do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva quanto do índice de clorofila nas folhas de cebola, podem ser usados na determinação do estado de N e na definição da necessidade deste nutriente a ser aplicada em cobertura na cultura da cebola. Os valores das leituras para ambos os índices variam com a época de avaliação, porém o índice de clorofila teve menor amplitude que o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva. Com base neste estudo, para recomendação de N com base nos teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva em lavouras comerciais, sugere-se implantar uma área de referência com alta disponibilidade de N para as plantas. Quando as leituras de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na seiva na lavoura for inferior a 90 % do valor da leitura obtida na área de referência, independentemente da época avaliada, sugere-se a aplicação de N em cobertura. Para recomendação de N com base no índice de clorofila, sugere-se adicionar N em cobertura quando os valores das leituras do índice de clorofila forem inferiores a 72, independente da época avaliada.

## 5. LITERATURA CITADA

ALCÁNTAR, G.; SANDOVAL, M.; CASTELLANOS, J.; MÉNDEZ, F.; SÁNCHEZ, P.; RODRÍGUEZ, M. N. Diagnostic methods to evaluate nutrient status of garlic, onion, and broccoli. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.33, p.2585-2598, 2002.



ALVA, A. K. Petiole and soil nitrogen concentrations during the growing season of two potato cultivars as influenced by different nitrogen management practices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, p.403-421, 2007.

AMARANTE, C. V. T.; BISOGNIN, D. A.; STEFFENS, C. A.; ZANARDI, O. Z.; ALVES, E. O. Quantificação não destrutiva de clorofilas em folhas através de método colorimétrico. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.471-475, 2008.

ARAUJO, C. de. **Critérios para manejo adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido e no campo**. 2004. 221 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

BACKES, C.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; BÔAS, L. R. V.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada. **Bragantia**, v.7, p.491-498, 2008.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v.30, p.365-372, 2000.

BUSATO, C. **Características da planta, teores de nitrogênio na folha e produtividade de tubérculos de cultivares de batata em função de doses de nitrogênio**. 2007. 129 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CARVALHO, M. A. F.; SILVEIRA, P. M.; SANTOS, A. B. **Utilização do clorofilômetro para racionalização da adubação nitrogenada nas culturas do arroz e do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2012. (Comunicado Técnico 205).

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M.; NEVES, J. C. L.; SILVA, M. C. C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.34, p.1175-1183, 2010.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes às plantas**. Lages: UDESC, 2016.

ERREBHI, M.; ROSEN, C. J.; GUPTA, S. C.; BIRONG, D. E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.90, p.10-15, 1998.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v.53, p.83-92, 2006

FERREIRA, M. M. M.; FONTES, P. C. R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.5, p.106-112, 2011.

FOLEGATTI, M. V.; BLANCO, F. F.; BOARETTO, R. M.; BOARETTO, A. E. Calibration of cardy-ion meters to measure nutrient concentrations in soil solution and in plant sap. **Scientia Agrícola**, v.62, p.8-11. 2005.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: UFV, 2007.



FONTES, P. C. R.; COELHO, E.; CARDOSO, A. A. Petiole sap nitrate and leaf nitrogen critical values in melon plants grown in unheated greenhouse and field conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, p.1403-1411, 2003.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa: Edição do autor, 2011.

FREIRE, F. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; VIANA, M. C. M.; GONÇALVES, L. D.; LARA, J. F. R.; ANDRADE, C. L. T.; PURCINO, H. M. A. Produtividade, teor de nitrato na seiva da nervura central e de nitrogênio total de folhas de alface em resposta a doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.S74-S78, 2008.

GAVIOLA, S.; LIPINSKI, V. M. Diagnóstico rápido de nitrato em ajo cv. fuego inta com riego por goteo. **Ciencia del Suelo**, v.20, p.43-49, 2002.

GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, v.20, p.611-615, 2002.

GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. H.; MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Bragantia**, v.58, p.209-216, 1999.

GÜLER, S.; BÜYÜK, G. Relationships among chlorophyll-meter reading value, leaf N and yield of cucumber and tomatoes. **Acta Horticulturae**, v.729, p.307-311, 2007.

HAHN, L.; PAVIANI, A. C.; FELTRIM, A. L.; WAMSER, A. F.; ROZANE, D. E.; REIS, A. R. Nitrogen doses and nutritional diagnosis of virus-free garlic. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.44, p.1-14, 2020.

IMSANDE, J.; TOURAINÉ, B. N. Demand and regulation of nitrate uptake. **Plant Physiology**, Lancaster, v.105, p.3-7, 1994.

KURTZ, C. **Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola**. 2015. 96 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

KURTZ, C.; PAULETTI, V.; FAYAD, J. A.; VIEIRA NETO, J. Crescimento e absorção de nutrientes pela cultivar de cebola Bola Precoce. **Horticultura Brasileira**, v.34, p.279-288, 2016.

MADEIRA, A. C.; FERREIRA, A.; VARENNES, A.; VIEIRA, M. I. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.34, p.2461-2470, 2003.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005.



- MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; VIEIRA NETO, J.; GONÇALVES, P. A. S.; KURTZ, C. Índices de clorofila da cebola fertirrigada sob diferentes doses de nitrogênio como parâmetro de suficiência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. **Anais...** Natal: CBCS, 2015.
- MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ARAÚJO, R. F. Seleção de índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio de batata-semente básica. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, p.335-340, 2011.
- PÔRTO, M. L.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ALVES, J. C.; ARRUDA, J. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.311-315, 2011.
- PÔRTO, M. L. A.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ALVES, J. C. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura do pepino japonês em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.32, p.292-296, 2014.
- ROSOLEM, C. A.; MELLIS, V. van. Monitoring nitrogen nutrition in cotton. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1601-1607, 2010.
- SEXTON, P.; CARROL, L. Compararison of SPAD chlorophyll meter readings VS. petiole nitrate concentration in sugarbeed. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.1975-1986, 2002.
- SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; MIRANDA, G. V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.17-22, 2009.
- SWIADER, J. M.; MOORE, A. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.1089-1100, 2002.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS. 1995. (Boletim Técnico n.5).
- VIDIGAL, S. M. **Adubação nitrogenada de cebola irrigada cultivada no verão - Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais**. 2000. 136f. Tese (Programa de Pós-graduação em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, M. A. **Diagnóstico de nitrogênio por medidores portáteis para uso na cultura da cebola**. Belo Horizonte: Epamig, 2009a. (Circular Técnica n.52).
- VIDIGAL, S. M.; MOREIRA, M. A. **Diagnóstico de nitrogênio por medidores portáteis para uso na cultura do repolho**. Belo Horizonte: Epamig, 2009b. (Circular Técnica n. 53).
- WESTERVELD, S. M.; MCKEOWN, A. W.; MACDONALD, M. R.; SCOTT-DUPREE, C. D. Assessment of chlorophyll and nitrate meters as field tissue nitrogen tests for cabbage, onions and carrots. **HortTechnology**, v.14, p.179-188, 2004.

Submetido em: **23/03/2021**

Aceito em: **10/12/2021**