

CARLA DO CARMO MILAGRES

ÍNDICES DE NITROGÊNIO NA PLANTA E PRODUÇÃO DE BATATA-SEMENTE
BÁSICA INFLUENCIADOS PELO PARCELAMENTO DO FERTILIZANTE
NITROGENADO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia,
para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M637i
2011

Milagres, Carla do Carmo, 1984-

Índices de nitrogênio na planta e produção de batata-semente básica influenciados pelo parcelamento do fertilizante nitrogenado / Carla do Carmo Milagres. – Viçosa, MG, 2011.

xi, 88f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Paulo Cezar Resende Fontes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 63-69

1. *Solanum tuberosum*. 2. Batata - Propagação. 3. Batata - Semente. 4. Batata - Adubos e fertilizantes. 5. Batata - Nutrição. 6. Batata - Efeito do nitrogênio. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 635.213

CARLA DO CARMO MILAGRES

ÍNDICES DE NITROGÊNIO NA PLANTA E PRODUÇÃO DE BATATA-SEMENTE
BÁSICA INFLUENCIADOS PELO PARCELAMENTO DO FERTILIZANTE
NITROGENADO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia,
para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de julho de 2011.

Pesq. Marialva Alvarenga Moreira

Pesq. Roberto Fontes Araújo

Prof. Francisco Affonso Ferreira

Prof. Paulo Cezar Rezende Fontes
(Orientador)

Aos meus pais Antônio Carlos e Eva,

Ao meu irmão Ronaldo,

E ao meu noivo Laércio

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

Ao professor Paulo Cezar Rezende Fontes, pela oportunidade, orientação, ensinamentos e amizade.

Aos Co-orientadores pelos conselhos e esclarecimentos.

Aos colegas do laboratório de Sementes pela ajuda, amizade e agradável convívio.

Aos funcionários da Horta velha de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia, em especial ao Wilson. E aos funcionários do Laboratório de Nutrição Mineral, Domingos e Itamar, pelo auxílio fundamental nas análises.

Aos meus pais Antônio Carlos e Eva pela imensa ajuda, carinho e incentivo em todos momentos. Ao meu irmão Ronaldo pela ajuda e amizade. A todos os meus familiares e amigos que de alguma forma ajudaram na realização deste trabalho.

Agradeço em especial à Laércio Junio da Silva, pelo amor, carinho, apoio, incentivo e por ter estado comigo em todos os momentos. Sua ajuda foi imprescindível na realização deste trabalho.

A todos, que de alguma forma contribuíram para a execução desse trabalho.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

CARLA DO CARMO MILAGRES, filha de Antônio Carlos Milagres e Eva do Carmo Milagres, nasceu em 14 de fevereiro de 1984, em Viçosa - MG.

Em 2004, iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, concluindo em janeiro de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de mestrado em Fitotecnia, na Universidade Federal de Viçosa, na área de Nutrição Mineral e Adubação de Plantas.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Produção de batata-semente no Brasil.....	4
2.2. Nitrogênio em batata.....	6
2.3. Índices utilizados para a diagnose nutricional de N	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Localização da área experimental	18
3.2. Material de propagação.....	18
3.3. Tratamentos.....	19
3.4 Instalação e condução do experimento	19
3.5. Características avaliadas	22
A . Índices morfológicos ou caracterização morfológica da planta	22
B. Índices na folha referência (quarta folha) - fase de crescimento da planta	22
C. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)	25
3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
3.7 Seleção de índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio da planta	26
3.8 Seleção de índices para o prognóstico da produção de tubérculos	27
4. RESULTADOS	28
4.1. ÍNDICES PARA A CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA.....	28
4.1.1. Comprimento da haste principal	29
4.1.2. Número de hastes	30
4.1.3. Número de folhas vivas por planta	31
4.1.4. Diâmetro da haste principal	32

4.2. ÍNDICES NA FOLHA REFERÊNCIA	33
4.2.1. SPAD.....	33
4.2.2. DUALEX.....	34
4.2.3. Tabela de cor ou Índice numérico	37
4.2.4. Comprimento	38
4.2.5. Largura	39
4.2.6. Número de folíolos.....	40
4.2.7. Diâmetro da base do pecíolo da quarta folha.....	41
4.2.8. Área foliar.....	42
4.2.9. Teor de Nitrato na seiva do pecíolo pelo método da fita.....	43
4.2.10. Massa fresca de folha	44
4.2.11. Massa seca de folha.....	45
4.2.12. Teor de N na folha.....	46
4.2.13. Quantidade de nitrogênio acumulada na folha	47
4.3. VARIÁVEIS NA COLHEITA.....	48
4.3.1. Número de tubérculos, Massa fresca de tubérculos e Massa seca de tubérculos	48
4.4. SELEÇÃO DE ÍNDICES PARA O DIAGNOSTICO DO ESTADO DE NITROGÊNIO DA PLANTA	50
4.5. SELEÇÃO DE ÍNDICES PARA O PROGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE TUBÉRCULOS	52
5. DISCUSSÃO	54
6. CONCLUSÕES	62
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
8. APÊNDICE	71

RESUMO

MILAGRES, Carla do Carmo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011. **Índices de nitrogênio na planta e produção de batata-semente básica influenciados pelo parcelamento do fertilizante nitrogenado.** Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Co-orientadores: Mário Puiatti e Paulo Roberto Cecon.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de dose e de modo de parcelamento do adubo nitrogenado sobre características da planta, da folha referência da batata e de produção, em três épocas do ciclo da cultura e da produção de tubérculos na colheita. Adicionalmente objetivou-se selecionar entre as características avaliadas possíveis índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio (N) da planta e para o prognóstico da produtividade de tubérculos de batata. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de N (0, 115, 230, 460 mg dm⁻³) e por cinco modos de aplicação: Modo 1 - 10% no plantio + 90% aos 21 dias após a emergência (DAE); Modo 2 - 10% no plantio + 3% diariamente (21 a 51 DAE); Modo 3 - 50% no plantio + 50% aos 21 DAE; Modo 4 - 50% no plantio + 1,6% diariamente (21 a 51 DAE); Modo 5 - 100% no plantio. O experimento foi instalado em ambiente protegido, no Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, no período de 20/09/2010 a 22/12/2010. Foi plantada a cultivar 'Atlantic', utilizando-se mini-tubérculo comercial da categoria básica como material de propagação. As plantas foram cultivadas em vasos de 3 dm³, contendo o substrato comercial Tropstrato[®]. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x5 (doses x modos), com três repetições. Aos 21, 35 e 56 DAE foram avaliadas características da planta e da folha referência. As características da planta foram: comprimento de haste principal (CHP), diâmetro da haste principal (DHP) e o número de hastes (NH) e de folhas (NF). Na folha referência foram avaliados: índices SPAD, de clorofila (CHL), de flavonóides (FLV) e de Balanço de N (NBI); intensidade do verde da folha pela tabela de cor ou índice numérico (IN); número de folíolos (NFO); comprimento (CF); largura (LF); diâmetro da base do pecíolo (DP),

área foliar (ARF), teor de $N-NO_3^-$ na seiva do pecíolo (NIF), massa de matéria fresca (MFF) e seca (MSF); teor de N (TN) e quantidade de N acumulada (QNA). Com as plantas secas, foi realizada a colheita e determinados o número de tubérculos (NT) e as massas fresca (MFT) e seca de tubérculos (MST). Os dados foram submetidos à análise de variância, regressão, teste de média e correlação. Na colheita, nenhuma combinação de dose e modo de aplicação do fertilizante nitrogenado influenciou o NT que atingiu o valor médio estimado de 4,75/vaso. Por outro lado, houve efeito do modo de aplicação sobre a MFT e MST. Houve efeito linear decrescente de doses sobre MFT e MST quando as mesmas foram aplicadas pelos modos 1 e 3. Nos demais modos não houve efeito de dose sobre as referidas variáveis. Também na colheita, somente quando foi aplicada a dose mais alta, o modo de aplicação influenciou as variáveis MFT e MST, cujos valores observados foram menores no modo 3. Nesse modo de aplicação, aos 21 DAE, nenhuma variável foi influenciada por dose de N, exceto NFO e CHP que foram negativa e linearmente influenciadas. Aos 35 DAE, houve efeito linear decrescente de doses de N sobre as variáveis CHP, CF, LF, NFO, MFF, MSF e QNA, além de efeito linear crescente sobre SPAD, CHL e TN. A folha referência ficou com a coloração verde gradativamente mais intensa, detectada pelos equipamentos SPAD e Dualex e não pela tabela de cor, além de apresentar concentração gradativamente mais elevada de N. Conclui-se que no substrato orgânico utilizado no experimento a aplicação concentrada de N no início do período de enchimento dos tubérculos (modos 1 e 3) decresce a produção de massa dos mesmos tendo também efeito negativo ou tóxico em outras características da planta avaliadas ao longo do ciclo. Indica-se medir aos 35 DAE o CF ou a LF para estimar indiretamente o QNA ou o TN na folha referência, respectivamente. Indica-se medir aos 21 DAE o DHP e aos 56 DAE o CHP para prognosticar o NT na futura colheita. Da mesma forma, a MFT pode ser prognosticada

por FLV e CHP medidas aos 35 DAE e por SPAD, NIF, MSF e NF medidas aos 56 DAE. Foram apresentadas equações para isso.

ABSTRACT

MILAGRES, Carla do Carmo, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2011. **Nitrogen plant index and production of basic seed potatoes influenced by the subdivision of the nitrogen fertilizer.** Adviser: Paulo Cezar Rezende Fontes. Co-advisers: Mário Puiatti and Paulo Roberto Cecon.

This study aimed to evaluate the effect of dose and mode of division of the nitrogen fertilizer on plant characteristics, in the potato reference leaf and production in three seasons of the crop cycle and the production of tubers at harvest. Additionally it was aimed to select among the characteristics evaluated, possible indexes for the status of plant nitrogen (N) diagnosis and the potato tubers productivity prognosis. Treatments were four N rates (0, 115, 230, 460 mg dm⁻³) and five application modes: Mode 1 - 10% at planting + 90% at 21 days after emergence (DAE); Mode 2 - 10% at planting + 3% daily (21 to 51 DAE); Mode 3 - 50% at planting + 50% at 21 DAE; Mode 4 - 50% at planting + 1.6% daily (21 to 51 DAE) ; Mode 5 - 100% at planting. The experiment was installed in a protected environment, on the Department of Plant Science at the Universidade Federal de Viçosa, from 20/09/2010 to 22/12/2010. It was planted cultivar 'Atlantic', using commercial mini-tuber of the basic category as propagating material. Plants were grown in 3 dm³ pots containing commercial substrate Tropstrato[®]. It was used randomized block design in factorial arrangement 4x5 (doses x modes), with three replications. At 21, 35 and 56 DAE were evaluated plant and reference leaf characteristics. Plant characteristics evaluated were: length of main stem (CHP), diameter of main stem (DHP) and numbers of stems (NH) and leaves (NF). In reference leaf was evaluated: SPAD index, chlorophyll (CHL), flavonoids (FLV) and N balance (NBI), green intensity of the leaf by the color table or index number (IN), number of leaflets (NFO), length (CF), width (LF), base of the petiole diameter (SD), leaf area (ARF), content of N-NO₃⁻ in the petiole sap (NIF), fresh and dry matter (MFF and MSF), N content (TN) and amount of accumulated N (QNA). With the dried plants, the

harvest was done and determined the number of tubers (NT) and fresh and dried tubers mass (TFM and MST). The data were subjected to analysis of variance, regression, average test and correlation. At harvest, no combination of dose and mode of nitrogen application influenced the NT that hit the estimated average value of 4.75/pot. On the other hand, there was no effect of the application method on the MFT and MST. There was a decreasing linear effect of doses on MFT and MST when they were applied by modes 1 and 3. In the other modes there was no effect of dose on these variables. Also in the harvest, only when the highest dose was applied, the mode of application influenced the MFT and MST variables whose observed values were lower in mode 3. In this mode of application, at 21 DAE, no variable was influenced by N rate, except for NFO and CHP that were influenced negatively and linearly. At 35 DAE, there was a decreasing linear effect of N on the variables CHP, CF, LF, NFO, MFF, QNA and MSF, along with an increasing linear effect on SPAD, TN and CHL. The reference leaf was gradually greener, detected by the SPAD and Dualex equipment and not by the color table, and gradually higher N concentration. It is concluded that in the organic substrate used in the experiment, the concentrated application of N at the beginning of the filling period of the tubers (modes 1 and 3) decreases the mass production of them also having negative or toxic effects on other plant characteristics evaluated along the cycle. It is intended to measure at 35 DAE the CF or LF to estimate indirectly the QNA or the TN in the reference leaf, respectively. It is intended to measure the DHP at 21 DAE and at 56 DAE the CHP to predict the NT in the future harvest. Likewise, the MFT can be predicted by FLV and CHP measured at 35 DAE and by SPAD, NIF, MSF and NF measured at 56 DAE. Equations are being presented to it.

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é cultura importante no Brasil e no mundo, sendo que a China é o maior produtor mundial. No Brasil, a batata é a quarta cultura em importância econômica, sendo suplantada pelo arroz, milho e trigo. As regiões sudeste e sul são as maiores produtoras dessa hortaliça no país, destacando-se Minas Gerais e São Paulo com produções anuais de 1.130.264 t e 679.197 t, respectivamente (Agrianual, 2011).

Para obtenção de elevada produtividade e qualidade do produto colhido o uso de batata-semente de elevada qualidade sanitária é um ponto chave. O Brasil é grande importador de batata-semente certificada (batata para o plantio). Em 2010, a importação de batata-semente representou 17% do custo de produção da cultura (Agrinual, 2011). Em 2009, foram importadas 3.044 t de batata-semente, sendo que os principais países exportadores foram os Países Baixos (62%), seguido de Argentina (13%) e Chile (11%). Cerca de 12% ficaram distribuídos entre Reino Unido, Canadá e França e os outros 2% entre outros países (Agrianual, 2011).

Normalmente, a batata-semente importada custa mais do que a nacional. Uma possibilidade tecnológica e econômica é comprar e plantar batata-semente da categoria básica para a produção de batata-semente da categoria certificada. Tubérculo-semente da categoria básica tem elevado padrão sanitário e normalmente alta qualidade fisiológica. Isso ocorre quando plantados em condições isentas ou quase isentas de doenças como em vasos contendo substrato, em ambiente protegido, respeitando-se assim as normas de certificação de batata-semente para a comercialização.

Em qualquer sistema de plantio, adequada nutrição nitrogenada é fator fundamental para o desenvolvimento e produção das culturas, especialmente da batata. O nitrogênio (N) é um elemento essencial que estimula o desenvolvimento e o crescimento da planta. Tanto

a deficiência quanto o excesso de N podem prejudicar a produção de tubérculos (Zvomuya et al., 2003; Silva et al., 2007; Coelho et al., 2010). Assim, é importante estabelecer a dose adequada de N requerida pela planta para não ocorrer perda de N por lixiviação, ou mesmo, para que não seja aplicada quantidade excessiva, o que acarreta aumento do custo de produção (Joern e Vitosh, 1995).

A aplicação de N é feita, quase sempre, de forma parcelada. A aplicação parcelada pode melhorar a eficiência da absorção do N pelas culturas. A tomada de decisão sobre a aplicação deste nutriente é feita a partir da avaliação do estado nutricional nitrogenado da planta. Essa avaliação pode ser feita por diversos procedimentos e análises que fornecem índices de N na planta (Fontes, 2001; 2011).

O índice mais comum para avaliar o estado nutricional nitrogenado da planta é o teor de N na matéria seca da quarta folha completamente expandida a partir do ápice (folha referência). Há outros possíveis índices como teor de $N-NO_3^-$ na seiva, intensidade do verde da folha medida com o SPAD, Dualex, tabela de cor, além de índices biométricos propostos por Fontes (2011), como massa verde, massa seca e área foliar da folha referência, entre outros.

Apropriadamente calibrado, isto é, dispondo-se de valor referencial ou crítico para dada situação, o índice de N na planta permite decidir a necessidade de aplicar adubo nitrogenado em cobertura. Os trabalhos que procuram determinar o valor referencial ou crítico para determinado índice de N na planta de batata-semente básica multiplicada em sistema de plantio em substrato são escassos (Souza, 2009; Moreira et al., 2011). Porém, não foram encontrados trabalhos avaliando-se o efeito do modo de parcelamento de doses de N sobre os diversos índices.

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de dose e de modo de parcelamento do adubo nitrogenado sobre características da planta, da folha referência da

batata, em três épocas do ciclo da cultura, e da produção de tubérculos na colheita. Adicionalmente, objetivou-se selecionar entre as características avaliadas possíveis índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio (N) da planta e para o prognóstico da produtividade de tubérculos de batata.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de batata-semente no Brasil

Para a produção da batata-consumo é plantada a batata-semente certificada, que é obtida através de propagação assexuada. O gasto com batata-semente certificada representou em torno de 17% do custo da cultura no ano de 2010 (Agrianual, 2011). A qualidade fisiológica e sanitária deste insumo é um dos fatores determinantes do sucesso da atividade (Furumoto e Lopes, 1997), porém existem produtores que, indesejavelmente, utilizam como semente a chamada batata de armazém.

O Brasil importa batata-semente que, dependendo do estado sanitário, é classificada como certificada ou básica, sendo destinada a plantios visando à produção de batata-consumo ou à produção de batata-semente certificada.

As normas para produção e comercialização de material de propagação de batata no Brasil estão sendo atualizadas e ajustadas aos tempos atuais. Pela Portaria 78/2011 do SDA/MAPA, publicada no DOU de 29/3/2011, foi submetida à Consulta Pública o Projeto de Instrução Normativa e Anexos que aprovam as Normas de Produção e Comercialização de Material de Propagação de Batata (com o prazo encerrado para Consulta Pública em 27/05/2011). Pelo projeto, a batata semente deverá ser produzida nas seguintes categorias: genética; básica (G0, G1, G2 e G3); certificada de primeira geração (C1); certificada de segunda geração (C2); S1; e S2. O foco do presente trabalho está na batata semente da categoria básica. A categoria básica compreende as gerações sucessivas G0, G1, G2 e G3. A batata semente básica G0 (obtida a partir da batata semente genética com a muda produzida *in vitro*), batata semente básica G1 (obtida a partir da batata semente básica G0),

batata semente básica G2 (obtida a partir da batata semente básica G1), batata semente básica G3 (obtida a partir da batata semente básica G2).

A produção de tubérculo-semente da categoria básica em sistema que propicie maior taxa de multiplicação do material plantado produz avanços na cadeia produtiva da batata, capaz de produzir reflexos positivos na produtividade, particularmente em regiões onde a qualidade das sementes utilizadas é fator limitante para a obtenção de maiores rendimentos (Medeiros et al., 2002). Em plantios no solo, em campo, normalmente há baixa eficiência de multiplicação da batata-semente (Silva et al., 2006), devido à maior probabilidade de incidência de patógenos, principalmente os vírus que degeneram a qualidade da batata-semente.

Como custa mais do que a batata semente certificada, umas das técnicas usadas para a multiplicação da batata-semente básica ou da ampliação do lote é o plantio em ambiente protegido, como mostrado há mais de 10 anos por Grigoriadou e Leventakis (1999). Há vários sistemas disponíveis para a produção de tubérculo-semente da categoria básica em ambiente protegido. Entre os mesmos incluem-se diversos tipos de hidroponia (Factor et al. 2007; Souza, 2009) e plantios em vasos contendo como substratos materiais orgânicos (Silva et al., 2006; Fontes et al., 2008; Moreira, 2008; Sampaio Jr. et al., 2008; 2009) ou argila expandida (Coraspe-Leon, 2007).

Com a técnica de plantio em substrato pode-se incrementar a produção da batata-semente básica e o aproveitamento dos nutrientes, dentre os quais o N.

2.2. Nitrogênio em batata

O N participa de várias etapas do processo metabólico da planta e é constituinte de vários compostos, como os ácidos nucléicos, aminoácidos e a clorofila. Os órgãos que apresentam maiores atividades metabólicas são aqueles que possuem as maiores concentrações deste nutriente (Taiz e Zeiger, 2004).

Também para a cultura da batata o N é elemento essencial, modulador da produção. Porém, em alta disponibilidade no meio provoca aumento na formação de hastes, no número de folhas e, conseqüentemente, aumenta a matéria seca do dossel da planta (Oliveira, 2000), podendo haver imperfeita partição de fotoassimilados para os tubérculos.

Mas, quase sempre, com a adubação nitrogenada há aumento da produtividade de tubérculos de batata, de matéria seca e acúmulo de N (Sharifi et al., 2005) sem que haja, em contrapartida, aumento no comprimento, densidade e massa seca de raiz. Foi verificado com o aumento da dose de N, aumento de forma quadrática no teor de matéria seca dos tubérculos (Oliveira et al., 2006).

Em condições de campo, o parcelamento do adubo nitrogenado é um método comumente proposto para melhorar a eficiência do uso do N, principalmente pela redução na probabilidade de perdas por lixiviação. Davenport et al. (2005) recomendam o parcelamento da adubação nitrogenada, pois proporciona menores perdas por lixiviação e volatilização, além de redução do efeito salino no meio. Steiber e Mahler (2003) recomendam parcelar o adubo nitrogenado em até cinco vezes durante o prolongado ciclo da cultura nos USA, principalmente em solos de textura arenosa, pelo fato da batata apresentar sistema radicular pouco profundo. Ademais, a cultura da batata somente intensifica o acúmulo de N após o início da tuberização (Nunes et al., 2006), cerca de 20 a 25 dias após a emergência (DAE).

O efeito do parcelamento da adubação nitrogenada na cultura da batata foi avaliado por Maidl et al. (2002). Os autores verificaram que a recuperação do N do fertilizante foi, em média, de 33 ou 44% quando toda a dose foi aplicada no momento do plantio ou parcelada em três vezes, respectivamente. Comparada à aplicação de toda a dose no plantio, o parcelamento da dose de NH_4NO_3 na cultura da batata diminuiu ou não a emissão de N_2O , dependendo do ano (Burton et al., 2008). Maclean (1984) estudou o efeito do parcelamento do fertilizante nitrogenado sobre a produção de tubérculos e o teor de N na planta de batata. Toda a dose aplicada no momento do plantio foi comparada com parte da mesma no plantio e o restante aplicado de 1 a 4 vezes, de 14 a 56 DAE. O autor encontrou que sobre o ponto de vista de produção e economicidade não houve vantagens em dividir as aplicações de N, pois a necessidade da cultura foi suprida com a aplicação no momento do plantio. Também, a concentração de N na planta aumentou com o aumento da dose de N no plantio e, geralmente, com as aplicações em cobertura. Barcelos et al. (2007) mostraram que os parâmetros fisiológicos e a produção de batata não foram influenciados pelo número de vezes que a dose do fertilizante nitrogenado foi parcelado.

Assim, os relatos sobre a eficiência do parcelamento da dose de N em condição de campo são numerosos e com resultados variáveis, indicando que pode haver benefícios sobre a produtividade com a prática de parcelar o adubo (Errebhi et al., 1998; Chowdhury et al., 2002), mas pode não haver benefícios ou mesmo haver prejuízos na cultura da batata (Joern e Vitosh, 1995; Vos, 1999; Kuisma, 2002; Zebarth et al. 2004; Love et al., 2005).

No início do desenvolvimento da cultura, dose elevada de N interferiu no número de caules secundários e aumento da área foliar (Scheidt et al., 2009). Durante o desenvolvimento, o parcelamento de N em cobertura pode não interferir na produtividade da cultura da batata (Barcelos et al., 2007) ou pode apresentar efeitos positivos (Maidl et al., 2002).

Geralmente, o N é elemento importante para aumento da produção de batata, tanto no campo quanto em substrato (Silva, 2007), sendo que a produção de batata-semente básica em vaso contendo substrato tem sido utilizada (Grigoriadou e Leventakis, 1999). O substrato deve ter características que permitam um bom desenvolvimento da planta, como boa aeração, capacidade de retenção de água e disponibilizar nutrientes em quantidades adequadas.

Normalmente é necessária a adição de fertilizantes ao substrato já que geralmente a quantidade de nutrientes presentes na maioria dos substratos é baixa ou nula. A recomendação de dose de N para o plantio no campo é abundante na literatura (Fontes, 2005), enquanto são poucos os estudos visando à recomendação de dose de N a ser aplicada ao substrato (Fontes et al., 2008; Sampaio Jr et al., 2008; 2009). Além disso, estudos do efeito do parcelamento da dose de N aplicado ao substrato são escassos.

Assim, para a produção de batata em ambiente protegido, Factor et al. (2007) e Souza (2009) usaram em cultivo hidropônico as doses de N correspondentes à 55 mg L⁻¹ e 45 a 270 mg L⁻¹, respectivamente. Para o plantio em vaso contendo diferentes substratos como materiais orgânicos, Silva et al. (2006), Fontes et al. (2008), Moreira (2008) e Sampaio Jr. et al. (2008; 2009) aplicaram as doses de 0 a 400 mg dm⁻³. Em argila expandida Coraspe-Leon (2007) usou as doses de N variando de 8,37 a 16,93 mmol L⁻¹. De acordo com Moreira (2008), a dose de 230 mg dm⁻³ de N foi a que proporcionou a máxima produção de tubérculos (expressa em números) em batata cultivar ‘Ágata’ propagada por mini-tubérculo e cultivada em vaso contendo substrato.

Entretanto, adição de N a substrato orgânico pode proporcionar efeito negativo sobre a produção de tubérculo-semente. Tal fato foi relatado por Fontes et al. (2008) ao ser utilizada plântula de batata advinda de cultura de tecido como material de propagação.

No campo, há estudos que mostram que a aplicação do N em duas vezes é mais eficiente do que a aplicação total no plantio, pois favorece a absorção do nutriente e aumenta o peso do tubérculo e, conseqüentemente, a produção (Rodrigues et al, 2005; Cardoso et al., 2007). No campo, o efeito do parcelamento da dose de N nem sempre produz resultados vantajosos em relação ao não parcelamento ou aplicação de toda a dose no momento do plantio (Silva, 2007; Barcelos et al., 2007).

Entretanto, em condição de vaso espera-se que o parcelamento seja fundamental, pois o sistema radicular da planta fica confinado em menor volume do que no campo, onde é maior a chance de diluição da dose pela água de chuva. Assim, em plantio em vaso contendo diferentes substratos o parcelamento da dose de N foi realizada por alguns autores: diariamente durante 30 dias a partir dos 23 dias após o plantio (DAP) (Fontes et al., 2008); 10% da dose no plantio e o restante parcelado diariamente durante 30 dias (Moreira, 2008); dose dividida em 30 partes e aplicada diariamente a partir de 23 DAP (Sampaio Jr. et al., 2008; 2009). Em sistema hidropônico, Coraspe-Leon (2007) utilizou uma solução nutritiva diluída em 1/5 da concentração usual durante a primeira semana. As irrigações eram feitas diariamente, completando o vaso com a solução nutritiva existente no recipiente coletor. Depois desse período inicial as irrigações foram feitas duas vezes por semana, completando o recipiente coletor da solução nutritiva com água deionizada.

Apesar de ser comum o parcelamento do adubo nitrogenado ao longo do ciclo da cultura da batata plantada em vaso contendo substrato, não foram encontrados estudos avaliando o efeito de tal procedimento.

Para ser parcelado, parte do N é aplicado no momento do plantio e o restante em cobertura com base em algum índice de N da planta (Fontes e Araújo, 2007). Rodrigues et al. (2005), com base em índices da planta, desenvolveram equação para estimar a quantidade de N a ser aplicada em cobertura na cultura da batata cultivada no campo. O

diagnóstico do estado nutricional é uma importante ferramenta de manejo do N nas culturas sendo baseada em índices da planta (Fontes, 2011).

As diferenças de respostas ao parcelamento da dose de N em condição de campo são determinadas por fatores como textura do solo, intensidade de chuva, rapidez de formação de amplo sistema radicular, teor de N disponível no solo, dose adicionada do adubo nitrogenado entre outras que aumentem a probabilidade de lixiviação e de salinização do meio. No entanto, mesmo que essas situações não ocorram, a aplicação parcelada do N oferece maior flexibilidade na gestão do programa de adubação nitrogenada da batata, permitindo ao produtor ajustar a dose de acordo com o crescimento inicial da cultura e das condições climáticas. Em suma, com décadas de pesquisa procurando determinar a dose e o momento adequado de aplicar o fertilizante nitrogenado na cultura da batata em condição de campo, a tarefa ainda permanece desafiadora (Zebarth e Rosen, 2007).

Mais desafiadora é a tarefa de determinar a dose e o momento adequado de aplicar o fertilizante nitrogenado na cultura da batata em condição de ambiente protegido utilizando-se vaso com substrato orgânico. Pois, nessa condição de volume reduzido para o crescimento das raízes, a interação entre disponibilidade no substrato x dose x modo de parcelamento do N é menos estudada e mais complexa. A condição de plantio em vaso com substrato tem sido usada por firmas dedicadas à produção de tubérculo-semente, quase sempre da categoria básica. Às vezes, no meio comercial esses tubérculos são chamados de mini-tubérculos.

2.3. Índices utilizados para a diagnose nutricional de N

Diversos órgãos da planta de batata podem ser analisados e proporcionam índices para a avaliação do estado nutricional: folíolo, pecíolo, folha e caule (Walworth e Muniz, 1993, Reis Jr. e Monnerat, 2000, Fontes 2001; 2011). Existem vários índices ou variáveis para o monitoramento do estado nutricional nitrogenado de plantas, sendo o mais tradicional o teor de N na matéria seca de folhas, determinado por análise química (Fontes, 2011). O teor crítico de N na folha referência da batata é variável, sendo citado como referência o valor de $5,80 \text{ dag kg}^{-1}$ no momento da iniciação dos tubérculos (14 DAE) e 10% menor na metade do período do florescimento (Evanylo, 1989).

Porém, para a realização da análise química da matéria seca é necessário laboratório equipado, pessoal qualificado, maior tempo gasto para a tomada de decisão, o que muitas vezes não é feita no mesmo ciclo da cultura, além de ser oneroso (Waskon et al., 1996; Fontes, 2001; 2011).

O índice tradicional pode ser substituído por testes mais rápidos, feitos em campos com grande vantagem de corrigir a possível deficiência de N no próprio ciclo da cultura, mostrando o estado nutricional da planta em tempo real (Fontes, 2001). Os índices mais comuns de N na planta, possíveis de serem realizados em tempo real, citados por Fontes (2011), são: variáveis biométricas da planta como, comprimento, largura, massa fresca e área foliar da folha referência e, possivelmente, outras. Adicionalmente, há a possibilidade de avaliar o teor de N-NO_3^- na seiva e de medir os valores de clorofila com equipamentos como Dualex, SPAD e tabela de cor.

A concentração na seiva indica a quantidade momentânea de nitrato (NO_3^-) em circulação na planta, a qual pode ser usada como índice do estado nutricional da planta. A concentração de nitrato na seiva do pecíolo da batata respondeu mais à aplicação de N

em cobertura do que o índice SPAD (Vos e Bom, 1993). Na seiva, as atividades dos íons NO_3^- podem ser medidas por microeletrodos portáteis, específicos para cada íon. O microeletrodo mede o teor de NO_3^- solúvel ou livre no sistema de transporte da planta. O equipamento é um sensor que converte a atividade do íon na seiva em potencial elétrico o qual é medido por um voltímetro (Fontes, 2011). Alternativamente, o teor de NO_3^- na seiva pode ser determinado por fita teste com um refletômetro manual (Jemisson e Fox, 1988; Nitsch e Varis, 1991; Nagarajah, 1999) ou com tabela de cor específica.

O teor de N-NO_3^- na seiva tem sido correlacionado com a concentração de N-NO_3^- na massa de matéria seca da folha de trigo analisada em laboratório (Delgado e Follet, 1998). Em outras espécies, há trabalhos demonstrando ser possível verificar diferenças no teor de N-NO_3^- na seiva do pecíolo quando são aplicadas diferentes doses de N (Guimarães et al., 1998; Ronchi et al., 2001). As concentrações de N-NO_3^- na seiva são correlacionadas com as doses de N, sendo o teste de N-NO_3^- rápido e simples, possível de ser utilizado na cultura da batateira (Vitosh e Silva, 1996). Correlação linear entre o teor de N-NO_3^- na seiva do pecíolo e o teor de N-NO_3^- na massa de matéria seca do pecíolo de folha de batata, quando as doses de N variaram de 0 a 270 kg ha^{-1} foi observado por Errebhi et al. (1998).

Há alguns métodos de determinar a concentração de N-NO_3^- na seiva do pecíolo. Um deles é a utilização de eletrodos portáteis, que são práticos, leves, de fácil manuseio e relativamente baratos (Errebhi et al., 1998). Além de eletrodos, pode ser utilizada fita indicadora de nitrato, encontrada comercialmente, “Merckoquant” (Merck®). Essa fita foi usada para a determinação da concentração de nitrato em plantas de brócolis e couve-flor (Pommerening et al., 1992) e tomate (Araujo et al., 2003). Esses autores, analisaram o teor de nitrato na seiva do pecíolo da folha do tomateiro por meio de dois métodos, um com o medidor portátil de nitrato equipado com microeletrodo e o outro com a fita indicadora de

nitrato “Merckoquant” (Merck[®]). Os autores concluíram que os resultados foram correlacionados podendo ser usados na determinação do teor de nitrato na matéria seca da folha do tomateiro.

Outros índices podem ser determinados com o equipamento denominado Dualex (dupla excitação) que foi lançado no mercado (Goulas et al., 2004). É um instrumento portátil, utilizado para avaliação de compostos fenólicos nas folhas a partir da medição da absorvância da radiação UV da epiderme de folhas pela dupla excitação da fluorescência da clorofila. O grupo de trabalho de Nutrição Mineral, na Universidade Federal de Viçosa, começou estudos pioneiros no Brasil, objetivando determinar a possibilidade de utilização do Dualex na avaliação, em tempo real, do estado de N de plantas.

No Dualex, a clorofila atua como um detector interno de fótons e o equipamento, em operação única, mede a fluorescência da clorofila e a transmissão da luz na folha (Fontes, 2011). Isto permite ao aparelho estimar um índice de flavonóides pela medição da absorção ótica da epiderme da folha na faixa do UV através das medidas diferenciais da fluorescência da clorofila no vermelho e no infravermelho próximo. Na mesma operação, o aparelho estima um índice de clorofila na folha com base na diferença da transmitância da luz em dois comprimentos de onda, ambos na região do infravermelho próximo. Essas variáveis são combinadas no equipamento e proporcionam o índice de balanço do nitrogênio (NBI) que pode indicar o estado de N da planta (Fontes, 2011).

À semelhança do SPAD, o Dualex representa um método rápido e não destrutivo, sendo que alguns pesquisadores têm testado essa ferramenta com a finalidade de sua utilização para a aferição do status de N em algumas culturas (Cartelat et al., 2005; Fortier et al., 2010).

Com o objetivo de comparar o medidor de clorofila SPAD e o Dualex como método de diagnose do estado de N em brócolis sob diferentes manejo de irrigação, Tremblay et al.

(2009) verificaram que ambos os equipamentos proporcionaram índices similares de associação com o estado de N da planta e as necessidades de N da cultura. Segundo Fortier et al. (2010), o Dualex tem o potencial de determinar o requerimento de N para essa cultura devido à sua capacidade de determinar a concentração de polifenóis nas folhas, porém o estado hídrico da planta pode interferir na diagnose.

Em estudo de campo, Tremblay et al. (2010) encontraram que os valores das leituras com o Dualex foram negativamente correlacionados com os valores da leitura com o clorofilômetro SPAD em folhas e também com a produção de grãos de trigo. Provavelmente, isso ocorreu pela competição na biossíntese e regulação metabólica de polifenóis e de proteínas que têm o mesmo precursor, a fenilalanina. Huan et al. (2010) buscaram compreender o efeito do N em cobertura sobre as leituras SPAD e Dualex, e estimar a taxa ótima de N em cobertura na cultura do milho. Segundo esses autores, a integração SPAD e Dualex é aplicável na avaliação em campo do estado de N nessa cultura. Resultados semelhantes foram obtidos por Tremblay et al. (2007). Cartelat et al. (2005) também buscaram comparar os dois métodos para estimar a sua utilidade no suporte a decisão quanto à fertilização nitrogenada na cultura do trigo. Esses autores propuseram o uso da relação Chl/Flv, parâmetros obtidos com o Dualex, como um indicador do conteúdo de N na parte aérea da planta para ser usado futuramente em agricultura de precisão. Resultados semelhantes foram obtidos por Tremblay et al. (2010).

A concentração de clorofila pode ser usada como indicadora do estado de N da planta (Fontes, 2011), pois existe uma correlação entre o teor de clorofila e o teor de N. Dentre os equipamentos utilizados para determinar o teor de clorofila, tem-se o SPAD. O índice obtido com esse equipamento é um dos mais comuns, rápidos e práticos para determinar o estado de N das plantas (Guimarães et al., 1998; Fontes, 2001).

Com o SPAD é possível verificar a atividade (Yadava, 1986) e a quantidade de clorofila presente na folha (Minolta, 1989). O aparelho permite determinar de forma rápida e direta a intensidade do verde da folha via transmitância de luz. Quando apropriadamente calibrada, a leitura do índice SPAD indica o teor de clorofila na folha de forma não destrutiva e de baixo custo. O equipamento pode ser utilizado tanto no campo quanto na casa de vegetação (Godoy et al., 2003).

Como a concentração N se correlaciona com a de clorofila (Waskon et al., 1996; Schröder et al., 2000), verifica-se que com baixa quantidade de N, teremos baixas concentrações de clorofila e assim baixos valores nas avaliações de SPAD.

Para a utilização do medidor portátil SPAD, algumas variáveis precisam ser ajustadas, dependendo de cada situação, como posição de leitura na folha (Arregui et al., 2000), deficiência de nutrientes e condições ambientais (Spaner et al., 2005), variedade (Hoel, 2003), estágio de crescimento da cultura (Ramesh et al., 2002), nível crítico de cada cultura, genótipo, idade da folha, temperaturas extremas, luminosidade no momento da leitura, época do ano entre outros fatores (Fontes e Araújo, 2007; Fontes, 2011).

Pode-se perceber que valores de SPAD na quarta folha jovem completamente expandida se associou com a dose de N que possibilitou máximo rendimento de tubérculos comercializáveis (Minotti et al., 1994). Dessa forma, Sampaio Jr. (2005) observou que índices SPAD e teor de $N-NO_3^-$ na quarta folha aumentaram de forma linear à medida que foi aumentada a dose de N em batata-semente cultivada em vaso, em ambiente protegido. Além disso, o índice SPAD medido na quarta folha aumentou com o aumento da dose de N e diminuiu com a idade das plantas (Sampaio Jr et al., 2009). Sendo assim, o índice SPAD determinado na quarta folha de batata apresenta uma correlação significativa com o conteúdo de N presente na planta (Vos e Bom, 1993; Minotti et al., 1994; Gil et al., 2002; Coelho et al., 2010; Moreira et al., 2011).

Diversas técnicas têm sido desenvolvidas para a determinação rápida, econômica e prática do estado de N de algumas culturas em campo. Assim, na Ásia, foi desenvolvida uma tabela para determinação da cor da folha (LCC – leaf color charts), padronizada e baseada nas cores reais das folhas de arroz (Witt et al., 2005). Essa tabela possui uma escala com seis tons de verdes que variam do verde mais claro ao mais escuro, apresentando deficiência ou excesso de N. Assim ela deve ser usada de acordo com a cultivar, espaçamento de plantio e as condições climáticas do local, o que pode interferir na leitura e exige um ajuste para cada situação (Witt et al., 2005). Existem relatos de uso da tabela de cor em vários países na determinação de N em arroz (Balasubramanian et al., 1999). Além disso, alguns estudos verificaram boa correlação entre as leituras SPAD e a Tabela de cor (Yang et al., 2003; Shukla et al., 2004).

Para avaliar o estado de N em plantas de batata cultivar ‘Monalisa’, foi proposto por Fontes e Silva (2006) uma tabela de cor denominada UFV-80 - Monalisa. Moreira (2008) e Busato (2007) verificaram que houve efeito das doses de N sobre a intensidade do verde da quarta folha da batateira aos 20 DAP e 21 DAE, respectivamente, determinado pela tabela de cor utilizada para o manejo do N na cultura do arroz (Balasubramanian et al., 1999).

Dependendo de diversos fatores como órgão avaliado e época da amostragem pode haver variação na concentração do nutriente (Lewis e Love, 1994) sendo necessário padronizar e calibrar o índice em condições específicas como as do presente estudo, ambiente protegido e vaso contendo substrato.

Assim o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de dose e de modo de parcelamento do adubo nitrogenado sobre características da planta, da folha referência da batata, em três épocas do ciclo da cultura, e da produção de tubérculos na colheita. Adicionalmente objetivou-se selecionar entre as características avaliadas possíveis índices para o

diagnóstico do estado de nitrogênio (N) da planta e para o prognóstico da produtividade de tubérculos de batata.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O experimento foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de 20/09/2010 (data do plantio) a 22/12/2010 (data da colheita dos tubérculos), em ambiente protegido, modelo tipo capela, coberta com polietileno e provida de ventilação lateral.

3.2. Material de propagação

Foi utilizada a cultivar 'Atlantic'. O material de propagação utilizado foi mini-tubérculo semente da categoria básica (supostamente G1), devidamente uniformizado e brotado naturalmente, adquirido de firma comercial produtora de semente.

Imediatamente antes do plantio foi escolhido ao acaso uma amostra de 10 tubérculos para a realização das medidas de tamanho, comprimento e largura dos mini-tubérculos com o auxílio de um paquímetro digital. O material apresentou em média $25,4 \pm 1,8$ mm de comprimento e $24,1 \pm 1,4$ mm de largura, o que corresponde a tubérculo-semente do tipo IV (23-30 mm de diâmetro transversal), segundo o IMA (2003).

3.3. Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro doses de N (0, 115, 230, 460 mg dm⁻³) e por 5 modos de aplicação das mesmas:

Modo 1 - 10% da dose no plantio + 90% aos 21 DAE;

Modo 2 - 10% da dose no plantio + 3% a cada dia dos 21 DAE aos 51 DAE;

Modo 3 - 50% da dose no plantio + 50% aos 21 DAE;

Modo 4 - 50% da dose no plantio + 1,6% a cada dia dos 21 DAE aos 51 DAE;

Modo 5 - 100% da dose no plantio.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 5 (doses x modos), com três repetições. Cada parcela experimental foi constituída de um vaso contendo uma planta.

A dose de N foi misturada ao substrato no plantio e em cobertura através de fertirrigação diária. A fonte de N foi o nitrato de amônio (NH₄NO₃ – 32% N).

3.4 Instalação e condução do experimento

No momento do plantio, além das doses diferenciadas de N aplicadas ao substrato, foram adicionadas doses dos demais fertilizantes. A quantidade (mg dm⁻³) de fertilizantes aplicada e misturada ao substrato antes do plantio foi: 3.380 de super simples; 3.600 de sulfato de magnésio; 132 de cloreto de potássio; 2,5 de ácido bórico; 2,5 de sulfato de zinco; 2,5 de sulfato de cobre; 2,5 g de sulfato ferroso; 2,5 g de sulfato manganoso e 0,25 g de molibdato de sódio. Adicionalmente, aos 21 DAE, foi aplicado 1.320 mg dm⁻³ de cloreto de potássio em cobertura.

A quantidade aplicada de N nas diferentes datas após a emergência das plantas, em função da combinação dos tratamentos de dose de N e modo de aplicação das doses, está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade aplicada de nitrogênio em função da combinação dos tratamentos dose e modo de aplicação nas diferentes datas após a emergência das plantas (DAE).

21 DAE (Antes da primeira avaliação) ¹					
Dose (mg dm ⁻³)	Modo de aplicação				
	1	2	3	4	5
1 (115)	11,5	11,5	57,5	57,5	115,0
2 (230)	23,0	23,0	115	115	230,0
3 (460)	46,0	46,0	230	230	460,0
21 DAE (Após a primeira avaliação)					
Dose (mg dm ⁻³)	Modo de aplicação				
	1	2	3	4	5
1 (115)	115,0	15,0	115,0	59,3	115,0
2 (230)	230,0	30,0	230,0	118,6	230,0
3 (460)	460,0	60,0	460,0	237,2	460,0
35 DAE (Antes da segunda avaliação)					
Dose (mg dm ⁻³)	Modo de aplicação				
	1	2	3	4	5
1 (115)	115,0	59,8	115,0	83,3	115,0
2 (230)	230,0	119,6	230,0	166,6	230,0
3 (460)	460,0	239,2	460,0	333,2	460,0
35 DAE (Após a segunda avaliação)					
Dose (mg dm ⁻³)	Modo de aplicação				
	1	2	3	4	5
1 (115)	115,0	63,3	115,0	85,1	115,0
2 (230)	230,0	126,6	230,0	170,2	230,0
3 (460)	460,0	253,2	460,0	340,4	460,0

¹As avaliações das variáveis dependentes aos 21 e 35 foram realizadas antes da aplicação do N em cobertura. Na avaliação aos 56 DAE a dose total de N prevista estava integralizada em todos os modos de aplicação.

O substrato comercial utilizado foi o Tropstrato[®] HT Hortaliças. Segundo o fabricante, o substrato tem a base de casca de pinus, turfa, vermiculita expandida, enriquecido com macro e micronutrientes, sem especificação granulométrica e apresenta a densidade de 490 kg m⁻³, capacidade de retenção de água de 130% (p/p), pH em torno de

6,0 e condutividade elétrica de $0,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ no extrato aquoso 5:1. O substrato apresentou 0,62% N determinado no extrato ácido (sulfúrico), pelo método Kjeldahl.

A quantidade de adubo para cada vaso foi misturada separadamente. Os fertilizantes foram incorporados ao substrato, em pré-plantio, exceto o cloreto de potássio que foi aplicado 10% em pré-plantio e 90% em cobertura, aos 21 DAE.

Os mini-tubérculos foram plantados em vaso de 3 dm^3 contendo o substrato comercial. No fundo de cada vaso foi colocado pedra brita para facilitar a drenagem. Os mini-tubérculos foram plantados a 5 cm de profundidade. Imediatamente antes do plantio, 3 cm abaixo dos mini-tubérculos, foi colocado o inseticida Furadan.

Aos 21 DAE foi realizado a amontoa, adicionando-se mais substrato na parte superior do vaso.

Durante o período de condução do experimento foram registradas as temperaturas mínimas e máximas ocorridas no interior da casa de vegetação. As médias estão na Tabela 02.

Tabela 02 – Médias das temperaturas mínima e máxima dentro do ambiente protegido durante a condução do experimento*

Meses	Mínima ($^{\circ}\text{C}$)	Máxima ($^{\circ}\text{C}$)
Setembro	19	30
Outubro	19	31
Novembro	19	31
Dezembro	23	35

*Termômetro colocado a 1,60 m da superfície do piso do ambiente protegido

3.5. Características avaliadas

A . Índices morfológicos ou caracterização morfológica da planta

Aos 21, 35 e 56 DAE foram avaliados os índices morfológicos:

A1. Comprimento da haste principal (cm): foi realizada medição do comprimento da haste principal da planta com o auxílio de uma régua milimetrada. Esta medida foi realizada a partir do nível do substrato até a região apical da planta.

A2. Números de hastes e folhas (Un/vaso): foi realizada a contagem do número de hastes e de folhas de cada planta.

A3. Diâmetro da haste principal (mm): foi realizada a medição do diâmetro da haste principal da planta, sendo medido na altura de 3 cm da base da planta, com o auxílio de paquímetro digital.

B. Índices na folha referência (quarta folha) - fase de crescimento da planta

Aos 21, 35 e 56 DAE foram avaliados os seguintes índices:

B1. SPAD

Esse índice foi determinado com o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development-502). O índice SPAD foi determinado no folíolo terminal da folha referência, com a folha ainda na planta. Essa folha tem sido utilizada como padrão para ser analisada quanto ao estado nutricional da batateira (Fontes, 2005). A medição foi

realizada pela manhã, entre 8:00 e 10:00 horas, sendo o valor obtido por meio de leitura direta na folha.

B2. DUALEX

Esse índice foi medido com o medidor Dualex (Force A), no folíolo terminal da folha referência, sendo esta a primeira tese no Brasil que empregou esse equipamento. A avaliação foi feita entre 8:00 e 10:00 horas. A avaliação consistiu em colocar o folíolo entre as alavancas do equipamento, sem destruir a folha, e as leituras foram imediatas. Ao entrar em contato com o folíolo, o Dualex apresenta as leituras de Chl (clorofila), Flv (flavonóides) e NBI (Índice de Balanço de N), que é a razão clorofila / Flavonóides (ou N / carbono). Essas leituras foram rápidas e práticas, com gasto de tempo menor que um minuto para a realização das mesmas. É um aparelho de fácil manuseio, portátil e leve. Podendo ser levado ao campo, pois possui bateria e não necessita de energia elétrica para a realização da leitura.

B3. Intensidade do verde da folha – Índice numérico (tabela de cor)

Foi determinado o índice numérico (IN) através da intensidade do verde da folha da batateira com o uso da tabela de cor da folha desenvolvida por Balasubramanian et al. (1999). Este IN consiste de seis tons de verde (1 a 6), variando de verde amarelado ao verde escuro. Essa medição foi feita no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida à partir do ápice da planta.

B4. Comprimento e largura da quarta folha e número de folíolos

Foram medidos o comprimento (cm) e a largura (cm) da folha referência, com régua milimetrada e foi contado o número de folíolos (Un/vaso).

B5. Diâmetro do pecíolo

O diâmetro da base do pecíolo (mm) da folha referência foi medido a 1 cm da base da folha, com o auxílio de paquímetro digital.

Além das características acima citadas, a folha referência foi destacada da planta aos 21, 35 e 56 DAE e levada ao laboratório para a realização das seguintes análises:

B6. Área foliar:

A área (cm²) da folha referência foi medida com o sistema de análise de imagem WinDias 3, da Delta-T Device.

B7. Teor de N-NO₃⁻ na seiva do pecíolo

Imediatamente após a chegada ao laboratório, seguindo-se metodologia de extração descrita por Guimarães et al. (1998), o pecíolo foi seccionado a 3 cm acima do ponto de inserção da haste. Posteriormente, a secção do pecíolo foi pressionada com auxílio de pinça para extração do suco celular, o qual foi diluído na proporção de 1:100 com o auxílio de uma micropipeta, e em seguida analisado em fita indicadora de nitrato “Merckoquant” - Merck® - seguindo-se procedimento de (Araújo et al., 2003).

B8. Massa da matéria fresca e seca

A massa fresca (g/vaso) da folha referência foi determinada imediatamente após a chegada da folha ao laboratório pela pesagem da folha em balança analítica, incluindo a pesagem do pecíolo usado para extrair a seiva. Logo após, a folha foi acondicionada em sacos de papel e colocada em estufa de circulação forçada de ar à 70°C até atingir massa constante, quando foi pesada em balança analítica.

B9. Teor e conteúdo de N

Após a secagem, a folha referência foi macerada em cadinho, para a determinação do teor de N, após digestão sulfúrica, utilizando-se o reagente Nessler (Jackson, 1958). Pela multiplicação da massa seca da folha referência (mg) pelo teor de N (dag kg⁻¹) foi obtida a variável conteúdo de N na folha referência ou quantidade de N acumulada na folha referência (QNA).

C. Avaliações na colheita (planta totalmente seca)

C1. Número de tubérculos

Após a secagem total da parte aérea, ainda na casa de vegetação (aos 86 DAE), todos os tubérculos foram colhidos e contados.

C2. Massas de matérias fresca e seca de tubérculos

Para avaliar a massa (g) da matéria fresca dos tubérculos, amostras de tubérculos recém colhidos foram pesadas (matéria fresca). Depois os tubérculos foram cortados em pequenos pedaços e colocadas em placas de Petri e deixados na mesa do laboratório para a secagem parcial. Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa de circulação

forçada de ar, a 70°C até massa constante, quando foi determinada a massa (g) da matéria seca de tubérculos.

3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância, de regressão, teste de média e de correlação, de acordo com a característica dos dados. Independentemente da significância, as interações foram desdobradas para entender o efeito de dose de N em cada modo de aplicar o adubo nitrogenado. Independente da significância do teste F da análise de variância foi feita a análise de regressão para todas as variáveis em relação as doses. Ao realizar o teste F em alguns casos mesmo que não tenha sido significativo na análise de variância, este ficou próximo à significância, dessa forma ao ser realizado a análise de regressão este poderá ter sido significativo, como ocorreu em alguns casos.

Os modelos foram escolhidos com base na lógica biológica, significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 1% e 5% de probabilidade e no coeficiente de determinação. Os dados de análise de variância (ANOVA) e análise de regressão estão no apêndice.

3.7 Seleção de índices para o diagnóstico do estado de nitrogênio da planta

A seleção de índice mais apropriado para a avaliação do estado nitrogenado da planta foi feita com base na significância da correlação entre as características determinadas na folha referência e o teor de N na matéria seca da folha referência, seguindo-se procedimento utilizado por Moreira et al. (2011). Também foi usada como referência o QNA.

3.8 Seleção de índices para o prognóstico da produção de tubérculos

A seleção de índice mais apropriado para o prognóstico da produção de tubérculos foi feita com base na significância da correlação entre as características determinadas na folha referência e número de tubérculos, considerado como referência, seguindo-se procedimento utilizado por Moreira et al. (2011). Também foi usada como referência a massa fresca de tubérculos e a massa seca de tubérculos.

4. RESULTADOS

Os valores observados das características avaliadas em todos os tratamentos foram colocados no apêndice (páginas 79 a 88). Da mesma forma, estão no apêndice os resumos da ANOVA (páginas 71 a 78).

4.1. ÍNDICES PARA A CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

As características comprimento da haste principal (CHP), número de hastes (NH), número de folhas por planta (NF) e diâmetro da haste principal (DHP) foram avaliados aos 21, 35 e 56 DAE.

4.1.1. Comprimento da haste principal

Houve efeito significativo de dose sobre o comprimento da haste principal (CHP) nos modos de aplicar o adubo nitrogenado 3 e 4, aos 21 DAE. Idem para o modo 3 aos 35 DAE e para o modo 1 aos 56 DAE. As equações ajustadas estão na Tabela 03. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose em cada modo de aplicação nas determinações realizadas aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 03).

Tabela 03 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o comprimento da haste principal (CHP), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
CHP21M1	$Y = 14,1525$	-
CHP21M2	$Y = 14,7575$	-
CHP21M3	$Y = 15,2667 - 0,01023^* X$	0,79
CHP21M4	$Y = 15,4800 - 0,01054^* X$	0,93
CHP21M5	$Y = 14,7100$	-
CHP35M1	$Y = 31,9667$	-
CHP35M2	$Y = 34,5325$	-
CHP35M3	$Y = 34,4333 - 0,02414^{**} X$	0,96
CHP35M4	$Y = 32,8633$	-
CHP35M5	$Y = 32,5575$	-
CHP56M1	$Y = 33,5667 + 0,02108^* X$	0,96
CHP56M2	$Y = 41,5425$	-
CHP56M3	$Y = 39,3500$	-
CHP56M4	$Y = 41,0575$	-
CHP56M5	$Y = 39,4675$	-

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

CHP = variável expressa em cm; X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

4.1.2. Número de hastes

Houve efeito significativo de dose de N sobre o número de hastes (NH) apenas no modo 2, tanto aos 21 quanto aos 35 DAE. As equações ajustadas estão na Tabela 04, indicando efeito linear positivo da dose de N quando aplicado pelo modo 2 sobre o NH. Nos demais modos, não houve efeito significativo de doses de N aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 04).

Tabela 04 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o número de hastes por planta (NH), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
NH21M1	$Y = 1,3325$	-
NH21M2	$Y = 0,9333 + 0,00157* X$	0,94
NH21M3	$Y = 1,3350$	-
NH21M4	$Y = 1,0825$	-
NH21M5	$Y = 1,0000$	-
NH35M1	$Y = 1,2475$	-
NH35M2	$Y = 0,9333 + 0,00157* X$	0,94
NH35M3	$Y = 1,3350$	-
NH35M4	$Y = 1,0825$	-
NH35M5	$Y = 1,0000$	-
NH56M1	$Y = 1,2500$	-
NH56M2	$Y = 1,1650$	-
NH56M3	$Y = 1,1675$	-
NH56M4	$Y = 1,0825$	-
NH56M5	$Y = 1,0000$	-

* - Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

NH = variável expressa em ud planta⁻¹; X = dose de N, expressa em mg dm⁻³.

4.1.3. Número de folhas vivas por planta

Não houve efeito significativo de dose, modo e da interação sobre o número de folhas vivas por planta (NF) aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 05).

Tabela 05 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o número de folhas por planta (NF), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Valores médios	r^2/R^2
NF21M1	Y = 11,4175	-
NF21M2	Y = 11,8325	-
NF21M3	Y = 12,4175	-
NF21M4	Y = 10,5000	-
NF21M5	Y = 10,5000	-
NF35M1	Y = 16,5800	-
NF35M2	Y = 17,1650	-
NF35M3	Y = 16,9150	-
NF35M4	Y = 15,1675	-
NF35M5	Y = 14,4175	-
NF56M1	Y = 12,5000	-
NF56M2	Y = 12,5000	-
NF56M3	Y = 10,9175	-
NF56M4	Y = 11,7475	-
NF56M5	Y = 11,5850	-

NF = variável expressa em ud planta^{-1} ; X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

4.1.4. Diâmetro da haste principal

Houve efeito significativo de dose sobre o diâmetro da haste principal (DHP) nos modos 4 e 5 de aplicar o adubo nitrogenado, aos 21 e aos 35 DAE, respectivamente. As equações ajustadas estão na Tabela 06. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 06).

Tabela 06 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o diâmetro da haste principal (DHP), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência na batata.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
DHP21M1	$Y = 07,7900$	-
DHP21M2	$Y = 07,3575$	-
DHP21M3	$Y = 07,5350$	-
DHP21M4	$Y = 8,26467 - 0,00332^{**} X$	0,99
DHP21M5	$Y = 07,7600$	-
DHP35M1	$Y = 09,3900$	-
DHP35M2	$Y = 09,9550$	-
DHP35M3	$Y = 09,7150$	-
DHP35M4	$Y = 10,0850$	-
DHP35M5	$Y = 10,1141 - 0,00776^{*} X + 0,0000154^{*} X^2$	0,94
DHP56M1	$Y = 10,3850$	-
DHP56M2	$Y = 10,6500$	-
DHP56M3	$Y = 10,3425$	-
DHP56M4	$Y = 10,5975$	-
DHP56M5	$Y = 10,6875$	-

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

DHP = variável expressa em mm; X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

4.2. ÍNDICES NA FOLHA REFERÊNCIA

4.2.1. SPAD

Houve efeito significativo de dose sobre o índice SPAD no modo 5, aos 21 DAE, e nos modos 1 e 3, aos 35 DAE. As equações ajustadas estão na Tabela 07. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 07).

Tabela 07 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o índice SPAD, em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r ² /R ²
SPAD21M1	Y = 45,4500	-
SPAD21M2	Y = 47,0250	-
SPAD21M3	Y = 46,9750	-
SPAD21M4	Y = 46,4250	-
SPAD21M5	Y = 49,0979 - 0,02113* X + 0,00005213* X ²	0,99
SPAD35M1	Y = 46,2867 + 0,01584* X	0,96
SPAD35M2	Y = 46,7250	-
SPAD35M3	Y = 45,8200 + 0,01315** X	0,99
SPAD35M4	Y = 45,0750	-
SPAD35M5	Y = 47,2500	-
SPAD56M1	Y = 43,3500	-
SPAD56M2	Y = 42,4000	-
SPAD56M3	Y = 43,2000	-
SPAD56M4	Y = 42,2250	-
SPAD56M5	Y = 43,0000	-

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

4.2.2. DUALEX

4.2.2.1. Clorofila

Houve efeito significativo de dose sobre o índice de clorofila (CHL), medido com o Dualex, nos modos 1 e 3, aos 35 DAE, e no modo 4, aos 56 DAE, respectivamente. As equações ajustadas se encontram na Tabela 08. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 08).

Tabela 08 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o índice de clorofila (CHL), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
CHL21M1	$Y = 38,0500$	-
CHL21M2	$Y = 40,1000$	-
CHL21M3	$Y = 39,6500$	-
CHL21M4	$Y = 40,7500$	-
CHL21M5	$Y = 41,3500$	-
CHL35M1	$Y = 40,7267 + 0,01498* X$	0,91
CHL35M2	$Y = 41,4000$	-
CHL35M3	$Y = 41,1067 + 0,01268** X$	0,95
CHL35M4	$Y = 41,1500$	-
CHL35M5	$Y = 41,7500$	-
CHL56M1	$Y = 34,8500$	-
CHL56M2	$Y = 34,3250$	-
CHL56M3	$Y = 35,2500$	-
CHL56M4	$Y = 33,2733 + 0,00879* X$	0,99
CHL56M5	$Y = 34,7250$	-

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

4.2.2.2 Flavonóide

Não houve efeito significativo de dose, modo e da interação sobre o índice flavonóide (FLV) aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 09).

Tabela 09 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o índice de flavonóide (FLV), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Valores médios	r^2/R^2
FLV21M1	Y = 1,2500	-
FLV21M2	Y = 1,1250	-
FLV21M3	Y = 1,2000	-
FLV21M4	Y = 1,2000	-
FLV21M5	Y = 1,1250	-
FLV35M1	Y = 1,0250	-
FLV35M2	Y = 0,9250	-
FLV35M3	Y = 0,9999	-
FLV35M4	Y = 0,9999	-
FLV35M5	Y = 0,9750	-
FLV56M1	Y = 0,8500	-
FLV56M2	Y = 0,8250	-
FLV56M3	Y = 0,8000	-
FLV56M4	Y = 0,8500	-
FLV56M5	Y = 0,8500	-

4.2.2.3 Índice de balanço de nitrogênio

Houve efeito significativo de dose sobre o índice de balanço de nitrogênio (NBI), medido com o Dualex, para os modos 4 e 5, aos 35 e 56 DAE, respectivamente. As equações ajustadas se encontram na Tabela 10. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 10).

Tabela 10 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o índice de balanço de N (NBI), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
NBI21M1	$Y = 30,2583$	-
NBI21M2	$Y = 35,6750$	-
NBI21M3	$Y = 33,5750$	-
NBI21M4	$Y = 34,0500$	-
NBI21M5	$Y = 37,1500$	-
NBI35M1	$Y = 42,2750$	-
NBI35M2	$Y = 44,1250$	-
NBI35M3	$Y = 43,1000$	-
NBI35M4	$Y = 40,1667 + 0,00894* X$	0,93
NBI35M5	$Y = 43,6000$	-
NBI56M1	$Y = 42,4750$	-
NBI56M2	$Y = 43,9750$	-
NBI56M3	$Y = 44,3000$	-
NBI56M4	$Y = 42,0000$	-
NBI56M5	$Y = 44,0661 - 0,06432* X + 0,00015604* X^2$	0,99

* - Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

4.2.3. Tabela de cor ou Índice numérico

Houve efeito significativo de dose sobre o índice numérico (IN) apenas para o modo 4, aos 56 DAE. As equações ajustadas estão na Tabela 11. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 11).

Tabela 11 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o índice numérico (IN), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
IN21M1	$Y = 4,4175$	-
IN21M2	$Y = 4,5000$	-
IN21M3	$Y = 4,7500$	-
IN21M4	$Y = 4,9175$	-
IN21M5	$Y = 4,9175$	-
IN35M1	$Y = 5,0000$	-
IN35M2	$Y = 4,7525$	-
IN35M3	$Y = 5,0000$	-
IN35M4	$Y = 4,9175$	-
IN35M5	$Y = 5,0000$	-
IN56M1	$Y = 4,4175$	-
IN56M2	$Y = 4,2525$	-
IN56M3	$Y = 4,2475$	-
IN56M4	$Y = 4,0667 + 0,00174 * X$	0,66
IN56M5	$Y = 4,0825$	-

* - Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

4.2.4. Comprimento

Houve efeito significativo de dose sobre o comprimento da folha referência (CF) nos modos 5 e 3, aos 21 e 35 DAE, respectivamente. As equações ajustadas estão na Tabela 12. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 12).

Tabela 12 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o comprimento da folha referência (CF), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
CF21M1	$Y = 15,3750$	-
CF21M2	$Y = 15,9250$	-
CF21M3	$Y = 16,6700$	-
CF21M4	$Y = 15,5925$	-
CF21M5	$Y = 18,8177 - 0,02915 * X + 0,00004451 * X^2$	0,80
CF35M1	$Y = 26,6850$	-
CF35M2	$Y = 27,5825$	-
CF35M3	$Y = 29,4200 - 0,01145 * X$	0,78
CF35M4	$Y = 27,4100$	-
CF35M5	$Y = 27,1075$	-
CF56M1	$Y = 27,6675$	-
CF56M2	$Y = 27,8075$	-
CF56M3	$Y = 27,9400$	-
CF56M4	$Y = 28,2400$	-
CF56M5	$Y = 28,3325$	-

* - Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

CF = variável expressa em cm; X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

4.2.5. Largura

Houve efeito significativo de dose sobre a largura da folha referência (LF) nos modos 5 e 3, aos 21 e 35 DAE, respectivamente. As equações ajustadas estão na Tabela 13. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 13).

Tabela 13 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e a largura da folha referência (LF), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
LF21M1	Y = 06,8825	-
LF21M2	Y = 07,6675	-
LF21M3	Y = 07,7000	-
LF21M4	Y = 07,1350	-
LF21M5	Y = 07,9667 - 0,00398** X	0,81
LF35M1	Y = 13,9000	-
LF35M2	Y = 14,5325	-
LF35M3	Y = 14,9133 - 0,00619** X	0,99
LF35M4	Y = 14,5075	-
LF35M5	Y = 14,5175	-
LF56M1	Y = 16,4750	-
LF56M2	Y = 16,3825	-
LF56M3	Y = 16,0925	-
LF56M4	Y = 16,1250	-
LF56M5	Y = 16,6950	-

** - Significativo a 1 % de probabilidade pelo teste "t".

LF = variável expressa em cm; X = dose de N, expressa em mg dm⁻³.

4.2.6. Número de folíolos

Houve efeito significativo de dose sobre o número de folíolos da folha referência (NFO), para os modos 3 e 5, tanto aos 21 DAE quanto aos 35 DAE, e para o modo 5, aos 56 DAE. As equações ajustadas estão na Tabela 14. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 14).

Tabela 14 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o número de folíolos (NFO), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência na batata.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
NFO21M1	$Y = 12,6667$	-
NFO21M2	$Y = 13,6667$	-
NFO21M3	$Y = 14,8667 - 0,00845* X$	0,75
NFO21M4	$Y = 13,5000$	-
NFO21M5	$Y = 14,9455 - 0,01947** X + 0,00003322** X^2$	0,99
NFO35M1	$Y = 13,8333$	-
NFO35M2	$Y = 13,7500$	-
NFO35M3	$Y = 15,6667 - 0,00994* X$	0,76
NFO35M4	$Y = 13,8333$	-
NFO35M5	$Y = 14,4061 - 0,01075* X + 0,00002291* X^2$	0,95
NFO56M1	$Y = 12,1667$	-
NFO56M2	$Y = 12,3333$	-
NFO56M3	$Y = 12,1667$	-
NFO56M4	$Y = 11,0833$	-
NFO56M5	$Y = 10,6000 + 0,00737* X$	0,72

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

NFO = variável expressa em ud; X = dose de N, expressa em $mg\ dm^{-3}$.

4.2.7. Diâmetro da base do pecíolo da quarta folha

Houve efeito significativo de dose sobre o diâmetro da base do pecíolo (DP) nos modos 5 e 3, aos 21 e 35 DAE, respectivamente. As equações ajustadas estão na Tabela 15. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 15).

Tabela 15 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o diâmetro da base do pecíolo (DP), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
DP21M1	$Y = 3,4283$	-
DP21M2	$Y = 3,5725$	-
DP21M3	$Y = 3,6675$	-
DP21M4	$Y = 3,5483$	-
DP21M5	$Y = 3,9475 - 0,00488^{**} X + 0,0000089^{**} X^2$	0,87
DP35M1	$Y = 5,0225$	-
DP35M2	$Y = 4,9983$	-
DP35M3	$Y = 5,0707 + 0,00443^{NS} X - 0,00001245^{*} X^2$	0,81
DP35M4	$Y = 5,0158$	-
DP35M5	$Y = 5,0625$	-
DP56M1	$Y = 5,0350$	-
DP56M2	$Y = 4,9950$	-
DP56M3	$Y = 4,9600$	-
DP56M4	$Y = 5,1700$	-
DP56M5	$Y = 5,0725$	-

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

DP = variável expressa em mm; X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

4.2.8. Área foliar

Houve efeito significativo de dose sobre a área foliar da folha referência (ARF) nos modos 5 e 2, aos 21 DAE e 35 DAE, respectivamente. As equações ajustadas estão na Tabela 16. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 16).

Tabela 16 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e a área foliar da folha referência (ARF), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
ARF21M1	$Y = 040,8920$	-
ARF21M2	$Y = 048,8427$	-
ARF21M3	$Y = 049,7649$	-
ARF21M4	$Y = 042,5176$	-
ARF21M5	$Y = 064,9213 - 0,19220* X + 0,00028855* X^2$	0,75
ARF35M1	$Y = 138,7002$	-
ARF35M2	$Y = 165,2515 - 0,09726* X$	0,74
ARF35M3	$Y = 139,8935$	-
ARF35M4	$Y = 151,0217$	-
ARF35M5	$Y = 149,9997$	-
ARF56M1	$Y = 185,4899$	-
ARF56M2	$Y = 182,8664$	-
ARF56M3	$Y = 171,2233$	-
ARF56M4	$Y = 173,3598$	-
ARF56M5	$Y = 191,3434$	-

* - Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

ARF = variável expressa em cm^2 ; X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

4.2.9. Teor de Nitrato na seiva do pecíolo pelo método da fita

Não houve efeito significativo de dose de N em nenhum método de aplicação sobre o teor de nitrato na seiva do pecíolo pelo método da fita (NIF), aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 17).

Tabela 17 – Valores médios para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o teor de nitrato medido pelo método da fita (NIF), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Valores médios	r^2/R^2
NIF21M1	Y = 31,5000	-
NIF 21M2	Y = 29,2500	-
NIF 21M3	Y = 36,0000	-
NIF 21M4	Y = 39,0000	-
NIF 21M5	Y = 36,5000	-
NIF 35M1	Y = 27,7500	-
NIF 35M2	Y = 25,2500	-
NIF 35M3	Y = 28,5000	-
NIF 35M4	Y = 26,2500	-
NIF 35M5	Y = 26,0000	-
NIF 56M1	Y = 36,2500	-
NIF 56M2	Y = 35,7500	-
NIF 56M3	Y = 39,5000	-
NIF 56M4	Y = 36,7500	-
NIF 56M5	Y = 43,2500	-

NIF = variável expressa em dag Kg⁻¹; X = dose de N, expressa em mg dm⁻³.

4.2.10. Massa fresca de folha

Houve efeito significativo de dose sobre a massa fresca da folha referência (MFF) para os modos 5 e 3, aos 21 DAE e 35 DAE, respectivamente. As equações ajustadas estão na Tabela 18. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 18).

Tabela 18 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e a massa fresca da folha referência (MFF), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
MFF21M1	$Y = 1,6031$	-
MFF21M2	$Y = 1,8771$	-
MFF21M3	$Y = 1,9520$	-
MFF21M4	$Y = 1,7045$	-
MFF21M5	$Y = 2,4873 - 0,00711^{**} X + 0,00001119^{*} X^2$	0,78
MFF35M1	$Y = 5,6105$	-
MFF35M2	$Y = 6,1499$	-
MFF35M3	$Y = 6,7587 - 0,00518^{*} X$	0,75
MFF35M4	$Y = 6,0137$	-
MFF35M5	$Y = 6,0277$	-
MFF56M1	$Y = 7,0887$	-
MFF56M2	$Y = 6,9755$	-
MFF56M3	$Y = 6,4297$	-
MFF56M4	$Y = 6,9162$	-
MFF56M5	$Y = 7,4570$	-

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

MFF = variável expressa em g; X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

4.2.11. Massa seca de folha

Houve efeito significativo de dose sobre a massa seca da folha referência (MSF) no modo 5, aos 21 DAE, e no modo 3, tanto aos 35 quanto aos 56 DAE. As equações ajustadas estão na Tabela 19. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 19).

Tabela 19 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e a massa seca da folha referência (MSF), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
MSF21M1	$Y = 0,1790$	-
MSF21M2	$Y = 0,2125$	-
MSF21M3	$Y = 0,2180$	-
MSF21M4	$Y = 0,1927$	-
MSF21M5	$Y = 0,2873 - 0,00086812^{**} X + 0,00000140^{**} X^2$	0,81
MSF35M1	$Y = 0,6030$	-
MSF35M2	$Y = 0,6502$	-
MSF35M3	$Y = 0,7383 - 0,00061698^* X$	0,76
MSF35M4	$Y = 0,6382$	-
MSF35M5	$Y = 0,6397$	-
MSF56M1	$Y = 0,8531$	-
MSF56 M2	$Y = 0,7695$	-
MSF56 M3	$Y = 0,6985 + 0,00181^{NS} X - 0,00000431^* X^2$	0,93
MSF56 M4	$Y = 0,7864$	-
MSF56 M5	$Y = 0,9017$	-

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

MSF = variável expressa em g; X = dose de N, expressa em $mg\ dm^{-3}$.

4.2.12. Teor de N na folha

Houve efeito significativo de dose sobre o teor de nitrogênio na matéria seca da folha referência (TN) nos modos 1, 2 e 3, tanto aos 35 DAE quanto aos 56 DAE, no modo 5, aos 35 DAE, e no modo 4, aos 56 DAE. As equações ajustadas se encontram na Tabela 20. Nos demais modos não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 20).

Tabela 20 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o teor de nitrogênio na matéria seca da folha referência (TN), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação	r^2/R^2
TN21M1	$Y = 77,0025$	-
TN21M2	$Y = 75,3750$	-
TN21M3	$Y = 75,7325$	-
TN21M4	$Y = 75,2850$	-
TN21M5	$Y = 76,2675$	-
TN35M1	$Y = 60,8327 + 0,02785^{**} X$	0,95
TN35M2	$Y = 60,9840 + 0,01838^{**} X$	0,92
TN35M3	$Y = 62,7327 + 0,01447^{**} X$	0,93
TN35M4	$Y = 63,5325$	-
TN35M5	$Y = 60,5583 + 0,06482^* X - 0,00011316^* X^2$	0,97
TN56M1	$Y = 40,9093 + 0,03300^{**} X$	0,99
TN56M2	$Y = 41,7747 + 0,03977^{**} X$	0,97
TN56M3	$Y = 42,1567 + 0,02333^* X$	0,80
TN56M4	$Y = 42,1080 + 0,02581^* X$	0,97
TN56M5	$Y = 43,8825$	-

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

TN = variável expressa em dag kg^{-1} ; X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

4.2.13. Quantidade de nitrogênio acumulada na folha

Houve efeito significativo de dose sobre a quantidade de N acumulada na folha referência (QNA) no modo 3, tanto aos 35 quanto aos 56 DAE, e no modo 5, tanto aos 21 quanto aos 56 DAE. As equações ajustadas estão na Tabela 21. Nos demais modos, não houve efeito significativo de dose aos 21, 35 e 56 DAE (Tabela 21).

Tabela 21 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e a quantidade de N acumulada (QNA), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato, aos 21, 35 e 56 dias após a emergência da planta.

Característica	Equação ajustada	r^2/R^2
QNA21M1	$Y = 13,7850$	-
QNA21M2	$Y = 16,0975$	-
QNA21M3	$Y = 16,5400$	-
QNA21M4	$Y = 14,5000$	-
QNA21M5	$Y = 21,4025 - 0,06005^{**} X + 0,00009547^{*} X^2$	0,80
QNA35M1	$Y = 39,9075$	-
QNA35M2	$Y = 41,9075$	-
QNA35M3	$Y = 46,6648 - 0,03280^{*} X$	0,67
QNA35M4	$Y = 40,4775$	-
QNA35M5	$Y = 41,8850$	-
QNA56M1	$Y = 39,9534$	-
QNA56M2	$Y = 38,2014$	-
QNA56M3	$Y = 30,5736 + 0,07084^{*} X - 0,00014077^{*} X^2$	0,96
QNA56M4	$Y = 36,63878$	-
QNA56M5	$Y = 33,2939 + 0,03128^{*} X$	0,81

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

QNA = variável expressa em dag; X = dose de N, expressa em $mg\ dm^{-3}$.

4.3. VARIÁVEIS NA COLHEITA

4.3.1. Número de tubérculos, Massa fresca de tubérculos e Massa seca de tubérculos

Nos modos de aplicação 1 e 3 houve efeito linear decrescente e significativo de dose sobre as massas fresca e seca de tubérculos determinados na colheita. As equações representando as relações estão na Tabela 22. Não houve efeito significativo de dose sobre o número total de tubérculos em nenhum modo de aplicação do N (Tabela 22).

Tabela 22 – Equações ajustadas para a relação entre dose de nitrogênio (X) e o número de tubérculos (NT), massa fresca total de tubérculos (MFT) e massa seca total de tubérculos (MST), em cada modo de aplicação (M) do nitrogênio ao substrato.

Variável	Equação ajustada	r^2/R^2
NT_M1	Y = 4,8333	-
NT_M2	Y = 4,7500	-
NT_M3	Y = 4,9167	-
NT_M4	Y = 5,5000	-
NT_M5	Y = 3,7250	-
MFT_M1	Y = 171,6667 - 0,09607* X	0,78
MFT_M2	Y = 163,0833	-
MFT_M3	Y = 161,9333 - 0,09449* X	0,96
MFT_M4	Y = 166,2500	-
MFT_M5	Y = 152,1668	-
MST_M1	Y = 26,9927 - 0,01327* X	0,40
MST_M2	Y = 27,4317	-
MST_M3	Y = 26,3858 - 0,01774* X	0,66
MST_M4	Y = 25,7337	-
MST_M5	Y = 24,3467	-

* - Significativo a 5 % de probabilidade pelo teste "t".

NT = expresso em ud; MFT e MST = expressas em g, X = dose de N, expressa em mg dm^{-3} .

Os valores médios observados do número de tubérculos, massa fresca total de tubérculos e massa seca total de tubérculos, na colheita, em função da aplicação das doses de N estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – Valores observados do número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST) em g/planta, em função das doses de N e do modo de aplicação, na colheita.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)				Efeito do modo
	0	115	230	460	
NT (ud/vaso)					
1	4,30 a	4,00 a	5,70 a	5,30 a	4,83
2	3,30 a	5,30 a	5,00 a	5,30 a	4,73
3	4,30 a	3,70 a	6,00 a	5,70 a	4,93
4	5,70 a	6,00 a	5,30 a	5,00 a	5,50
5	3,30 a	3,30 a	4,00 a	4,30 a	3,73
Efeito da dose	4,18	4,46	5,20	5,12	
CV(%)	28,62				
MFT (g/vaso)					
1	170,67 a	152,33 a	164,00 a	122,33 a	152,33
2	167,33 a	173,67 a	143,33 a	168,00 a	163,08
3	165,33 a	149,33 a	136,00 a	121,00 a	142,92
4	168,00 a	185,67 a	159,00 a	152,33 a	166,25
5	160,00 a	148,67 a	149,00 a	151,00 a	152,26
Efeito da dose	166,27	161,93	150,27	142,93	
CV(%)	14,00				
MST (g/vaso)					
1	25,91 a	25,89 a	25,46 a	20,02 a	24,32
2	26,39 a	27,24 a	27,09 a	29,00 a	27,43
3	27,63 a	25,10 a	18,61 a	19,88 a	22,81
4	25,78 a	28,64 a	23,35 a	25,15 a	25,73
5	27,16 a	23,86 a	23,08 a	23,27 a	24,34
Efeito da dose	26,57	26,15	23,52	23,46	
CV(%)	14,53				

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

4.4. SELEÇÃO DE ÍNDICES PARA O DIAGNOSTICO DO ESTADO DE NITROGÊNIO DA PLANTA

As estimativas dos coeficientes de correlação linear entre as características determinadas na quarta folha e na planta da batateira, aos 21, 35 e 56 DAE, com o teor de N (TN) e a quantidade de N acumulada na folha referência (QNA) estão na Tabela 24. Algumas relações entre as variáveis foram selecionadas e estão representadas nas Figuras 1, 2 e 3.

Tabela 24 – Estimativa dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre as características avaliadas na folha referência, aos 21, 35 e 56 DAE, com o teor de N (TEOR_N) e quantidade de N acumulada na folha referência (QNA) da batata.

Características	21 DAE		35 DAE		56 DAE	
	TEOR_N	QNA	TEOR_N	QNA	TEOR_N	QNA
Da quarta folha						
SPAD	0,57	0,71	0,97*	-0,76	0,89	0,86
Dualex (NBI)	0,77	0,11	0,91	-0,89	0,86	0,88
Dualex (CHL)	0,07	0,55	0,88	-0,92	0,99**	0,99**
Dualex (FLV)	-0,80	0,10	-0,98*	0,69	-0,69	-0,70
Nitrato na seiva	-0,15	0,29	0,45	-0,87	0,97*	0,95*
Índice numérico	0,55	0,67	0,30	-0,91	0,87	0,85
Comprimento	0,54	0,99**	-0,72	0,96*	0,97*	0,97*
Largura	0,66	0,98*	-0,96*	0,78	-0,69	-0,71
N ^o de folíolos	-0,06	-0,77	-0,79	0,97*	0,81	0,78
Diâmetro de pecíolo	0,30	0,94*	-0,83	0,94	0,78	0,77
Área foliar	0,60	0,99*	-0,96*	0,83	0,06	0,00
Massa fresca	0,54	0,99**	-0,91	0,90	-0,38	-0,35
Massa seca	0,47	0,99**	-0,94*	0,86	-0,97*	-0,95*
Da planta						
Comp. da haste	0,44	0,95*	-0,99**	0,65	0,77	0,71
N ^o de caules/vaso	-0,69	-0,79	0,63	-0,59	0,81	0,76
N ^o de folhas/vaso	-0,80	-0,63	0,33	-0,47	0,99**	0,99**
Diâmetro da haste	-0,11	0,79	-0,37	-0,26	0,46	0,40

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

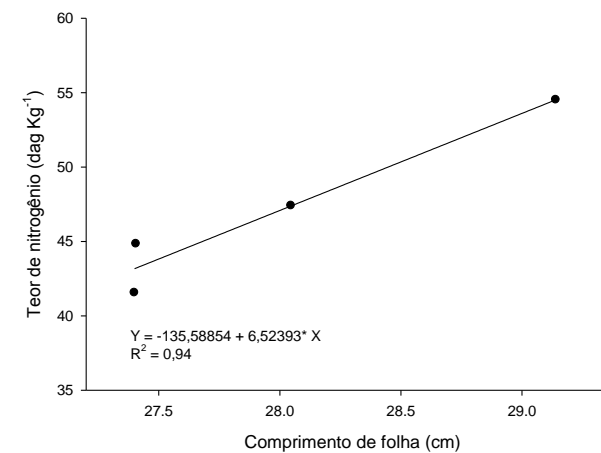
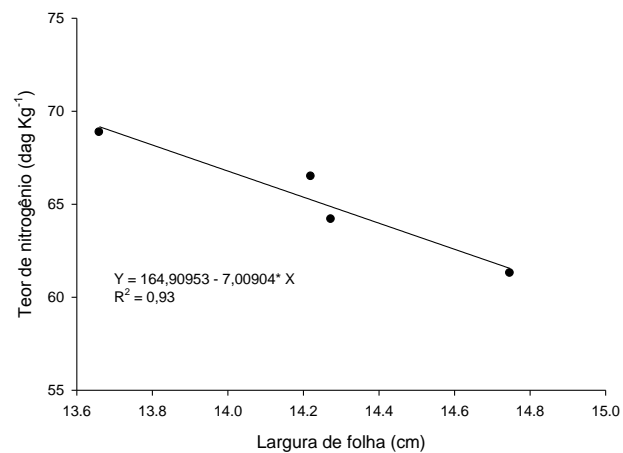
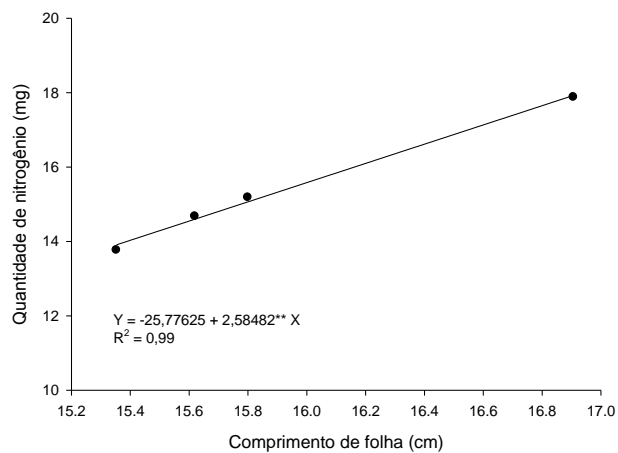


Figura 01 – Relação entre a quantidade de nitrogênio acumulada na folha referência (QNA) e o comprimento da folha referência (CF) da batata, aos 21 dias após a emergência.

Figura 02 – Relação entre teor de nitrogênio (TN) na folha referência e a largura da folha referência (LF) da batata, aos 35 dias após a emergência.

Figura 03 – Relação entre teor de nitrogênio (TN) na folha referência e o comprimento da folha referência (CF) da batata, aos 56 dias após a emergência.

4.5. SELEÇÃO DE ÍNDICES PARA O PROGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE TUBÉRCULOS

As estimativas dos coeficientes de correlação linear das características determinadas na folha referência e na planta da batateira, aos 21, 35 e 56 DAE, com o número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST) estão na tabela 25. Algumas relações selecionadas estão representadas nas Figuras de 4 a 9.

Tabela 25– Estimativa dos coeficientes de correlação linear simples (r) entre as características avaliadas na folha referência e na planta aos 21, 35 e 56 DAE, com o número de tubérculos (NT), massa fresca de tubérculos (MFT) e massa seca de tubérculos (MST) da batata.

Características	21 DAE			35 DAE			56 DAE		
	NT	MFT	MST	NT	MFT	MST	NT	MFT	MST
Da folha									
SPAD	-0,47	0,16	0,37	0,81	-0,92	-0,80	0,93	-0,97*	-0,97*
Dualex (NBI)	0,33	-0,57	-0,44	0,74	-0,92	-0,79	0,60	-0,81	-0,69
Dualex (CHL)	-0,55	0,25	0,50	0,68	-0,89	-0,73	0,78	-0,93	-0,79
Dualex (FLV)	-0,55	0,65	0,66	-0,92	0,99**	0,94*	-0,53	0,70	0,64
Nitrato	-0,47	0,74	0,53	0,28	-0,55	-0,40	0,90	-0,99**	-0,93
Índice numérico	-0,43	0,12	0,33	-0,06	-0,28	-0,01	0,85	-0,93	-0,91
Comprimento	-0,87	0,76	0,80	-0,52	0,77	0,60	0,79	-0,95*	-0,84
Largura	-0,78	0,66	0,69	-0,79	0,92	0,79	-0,39	0,52	0,34
N ^o de folíolos	-0,90	0,74	0,89	-0,56	0,80	0,62	0,90	-0,92	-0,95*
Diâmetro pecíolo	-0,91	0,73	0,86	-0,65	0,87	0,71	0,72	-0,83	-0,80
Área foliar	-0,83	0,73	0,75	-0,79	0,93	0,80	0,47	-0,31	-0,52
Massa Fresca	-0,87	0,74	0,79	-0,73	0,91	0,77	-0,47	0,37	0,36
Massa seca	-0,90	0,78	0,84	-0,77	0,93	0,79	-0,90	0,97*	0,90
Da planta									
Comp. da haste	-0,88	0,86	0,83	-0,89	0,95*	0,88	0,99**	-0,92	-0,99*
N ^o de caules/vaso	0,57	-0,61	-0,50	0,34	-0,47	-0,29	0,92	-0,87	-0,87
N ^o de folhas/vaso	0,33	-0,38	-0,25	-0,01	-0,14	0,06	0,81	-0,94*	-0,82
Diâmetro da haste	-0,97*	0,88	0,98*	-0,69	0,48	0,70	0,76	-0,58	-0,66

** e * - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade pelo teste "t", respectivamente.

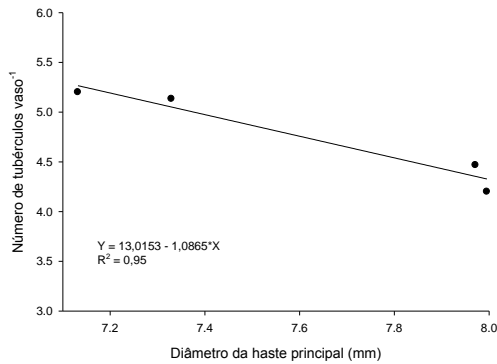


Figura 04 – Equação para prognosticar o número de tubérculos (NT) na colheita pela avaliação do diâmetro da haste principal (DHP), aos 21 dias após a emergência da planta.

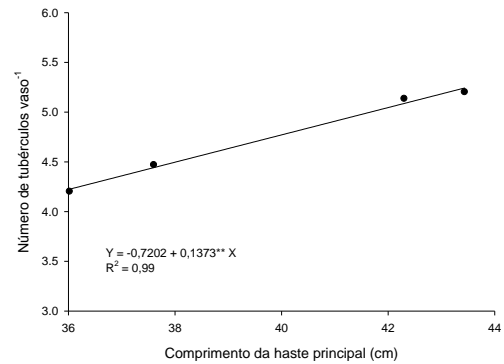


Figura 07 – Equação para prognosticar o número de tubérculos (NT) na colheita pela avaliação do comprimento da haste principal (CHP), aos 56 dias após a emergência da planta.

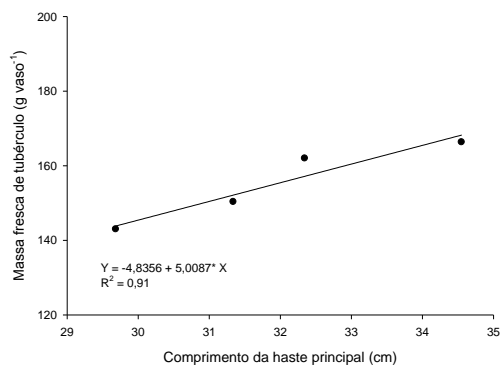


Figura 05 – Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação do comprimento da haste principal (CHP), aos 35 dias após a emergência da planta.

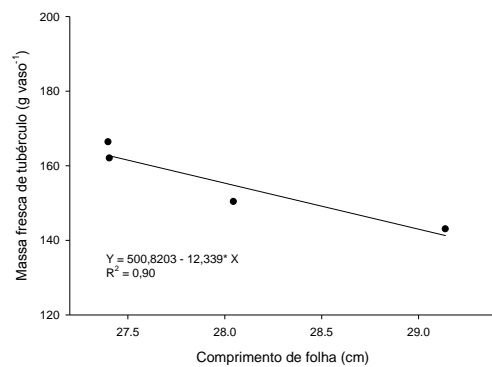


Figura 08 – Equação para prognosticar a massa fresca de tubérculos (MFT) na colheita pela avaliação do comprimento da folha referência (CF), aos 56 dias após a emergência da planta.

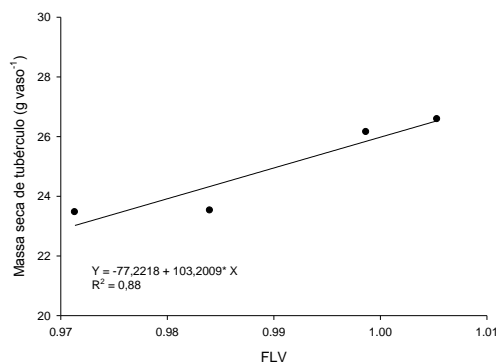


Figura 06 – Equação para prognosticar a massa seca de tubérculos (MST) na colheita pela avaliação do flavonóide (FLV), aos 35 dias após a emergência da planta.

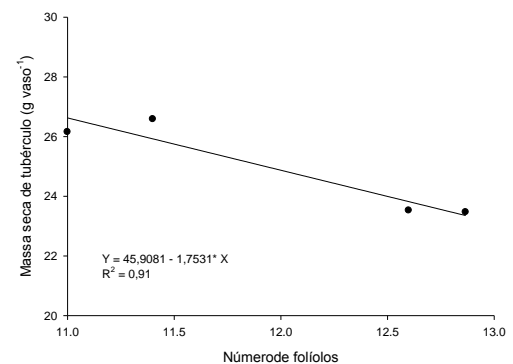


Figura 09 – Equação para prognosticar a massa seca de tubérculos (MST) na colheita pela avaliação do número de folíolos (NFO), aos 56 dias após a emergência da planta.

5. DISCUSSÃO

Efeito de doses de nitrogênio (N) em cada modo de aplicação do adubo

Houve efeito linear decrescente de doses de N sobre as massas fresca (MFT) e seca (MST) de tubérculos determinadas na colheita quando as mesmas foram aplicadas pelos modos 1 e 3 (Tabela 22). Nos demais modos de aplicação, 2, 4 e 5, não houve efeito de dose sobre as referidas variáveis. Tal fato é pouco comum, mas Hagman et al. (2009) encontraram que a adição de N não teve efeito significativo sobre a produção de tubérculos de batata em campo de produção no sistema orgânico.

A adição de N a substrato orgânico com alta disponibilidade de N pode proporcionar efeito negativo sobre a produção de tubérculo-semente, principalmente em vaso. Tal fato foi relatado por Fontes et al. (2008) ao utilizarem plântula de batata advinda de cultura de tecido como material de propagação plantada em substrato orgânico.

A absorção de N pelas raízes depende de diversos fatores entre os quais a concentração do íon na solução do solo e a eficiência das raízes na absorção do N disponível que depende da demanda metabólica. A demanda metabólica está intimamente ligada ao crescimento e desenvolvimento da planta que são influenciados por variados fatores, principalmente manejo, disponibilidade de água, intensidade de transpiração, temperatura, intensidade luminosa, volume de solo disponível para as raízes, entre outros no ambiente de cultivo da planta. Nesse caso, as condições de campo são diferentes do plantio em vaso e em ambiente protegido onde as plantas têm menor disponibilidade de energia e volume de solo.

Entretanto, tanto no solo quanto em ambiente protegido, o papel do N absorvido pelas raízes sobre a produção está intimamente ligado à fotossíntese na produção de carboidratos, aminoácidos e de outros componentes bioquímicos que proporcionam a

formação estrutural da planta (Lawlor, 2002). Dentro da planta, o carbono assimilado e os aminoácidos produzidos são distribuídos para os órgãos em crescimento, onde eles fornecem os substratos para o metabolismo e crescimento. Se há excesso de carbono, ocorre o acúmulo de aminoácidos e de N na planta. Se o fornecimento de carbono assimilado é menor do que a demanda, o desenvolvimento e o crescimento são prejudicados. Enfim, a capacidade de produção de biomassa é dependente das condições ambientais, incluindo-se a fotossíntese líquida e disponibilidade de N, sendo curvilínea a relação entre a assimilação de CO₂ e o teor de N na planta (Cheng e Fuchigami, 2000).

Em condições de alto suprimento de N e, mais frequentemente, sob condições de pouca luz, a planta tende a acumular N nas folhas como resultado do excesso de absorção (consumo de luxo) em relação à incorporação (Demsar et al., 2004). Portanto, excesso de N regula a biosíntese de carboidratos. Isso pode ter ocorrido no presente experimento, em ambiente protegido e com temperatura relativamente alta durante a fase experimental. Nessas condições, a adição de N ao substrato orgânico pode ter sido maior do que a incorporação de carbono por limitação no suprimento de energia luminosa e alta respiração.

A aplicação concentrada de N, 90 e 50% da dose estudada, aos 21 DAE (modo de aplicação 1 e 3) provocou efeito negativo sobre a produção de tubérculos (massa). Nessa data, as doses de 115, 230 e 460 (mg dm⁻³) foram integralizadas nos modos de aplicação 1 e 3 (Tabela 1), enquanto já haviam sido integralizadas no momento do plantio no modo 5 de aplicação. Nesse modo não houve efeito de dose de N sobre a produção de tubérculos. Assim, o efeito negativo de dose de N sobre a produção (massa) de tubérculos de batata foi devido ao modo de aplicar e não devido à dose de N aplicada.

Nos modos 1 e 3 (90 e 50%) de aplicação foi elevada a porcentagem de cada dose aplicada de uma única vez em cobertura aos 21 DAE. É nessa ocasião em que está iniciando o processo de tuberização, com elevada taxa de enchimento de tubérculos. Pode

ser que o processo de enchimento de tubérculos tenha sido irreversivelmente influenciado pela aplicação do N nos modos 1 e 3, resultando em efeito linear decrescente das doses de N sobre a produção (massa) de tubérculos na colheita sem contudo ter as mesmas influenciado a diferenciação do NT.

Extensivos estudos têm mostrado que a tuberização da batata é controlada por diversos fatores ambientais e endógenos na planta tais como temperatura, comprimento do dia, combinação de hormônios, disponibilidade de nutrientes incluindo-se o N. Portanto, o N é fator ambiental envolvido no controle da tuberização que, juntamente com o fotoperíodo, pode permitir a tuberização por meio dos fitohormônios endógenos (Krauss, 1985; Jackson, 1999). Alto nível de N pode inibir a atividade ou alterar os níveis de reguladores de crescimento na planta (Krauss, 1985; Stallknecht, 1985). Em condições de campo, doses consideradas elevadas de N atrasam a tuberização (Santelith e Ewing, 1981), reduzem a translocação do carbono da folha para os tubérculos e aumentam o fluxo de N para as folhas novas ao invés de dirigi-lo aos tubérculos (Oparka, 1987).

Em condição de campo, os relatos sobre os efeitos do parcelamento da dose de N são numerosos e com resultados variáveis, indicando que pode haver benefícios sobre a produtividade com a prática de parcelar o adubo (Errebhi et al., 1998; Chowdhury et al., 2002), mas pode não haver benefícios ou mesmo haver prejuízos na cultura da batata (Joern e Vitosh, 1995; Vos, 1999; Kuisma, 2002; Zebarth et al. 2004; Love et al., 2005). As diferenças de respostas ao parcelamento da dose de N em condição de campo são determinadas por fatores como textura do solo, intensidade de chuva, rapidez de formação de amplo sistema radicular, teor de N disponível no solo, dose adicionada do adubo nitrogenado entre outras que aumentem a probabilidade de lixiviação e de salinização do meio.

Como houve efeito de doses de N nos modos de aplicação 1 e 3 sobre a produção de tubérculos, será discutido como foram os efeitos das mesmas sobre todas as 19 variáveis avaliadas aos 21, 35 e 56 DAE. Essas variáveis foram: CHP, NH, NF, DHP, SPAD, CHL, FLV, NBI, IN, CF, LF, NFO, DP, ARF, NIF, MFF, MSF, TN e QNA.

MODO 1: nenhuma variável foi influenciada por dose de N na avaliação efetuada aos 21 DAE; aos 35 DAE, as variáveis SPAD, CHL e TN foram positiva e linearmente influenciadas por doses de N; aos 56 DAE, as variáveis CHP e TN foram positiva e linearmente influenciadas por dose de N.

MODO 3: nenhuma variável foi influenciada por dose de N na avaliação efetuada aos 21 DAE, exceto NFO e CHP, que foram negativa e linearmente influenciadas. Aos 35 DAE houve efeito linear decrescente de doses de N sobre as variáveis CHP, CF, LF, NFO, MFF, MSF e QNA; houve efeito linear crescente sobre SPAD, CHL e TN. Ainda aos 35 DAE, houve efeito quadrático de dose de N sobre a variável DP, que atingiu o valor máximo com 177 mg dm^{-3} de N. Aos 56 DAE, houve efeito quadrático de dose de N sobre as variáveis MSF e QNA, que atingiram o valor máximo com 210 e 252 mg dm^{-3} de N, respectivamente, e efeito linear crescente sobre TN.

A aplicação concentrada de N no início do período de enchimento dos tubérculos (modos 1 e 3) decresceu a produção de massa dos mesmos. O mesmo efeito negativo ou tóxico da aplicação concentrada de N no início do período de enchimento dos tubérculos foi também verificado em outras características da planta, principalmente quando a disponibilidade de N no meio era mais alta devido à adição de maior quantidade de N no momento do plantio (modo 3 em relação ao modo 1).

No modo 3, em avaliação realizada aos 35 DAE, os efeitos da toxicidade de N foram decréscimos constantes em função da dose de N na CHP, LF, NFO, QNA, MFF e MSF. Adicionalmente, nessa folha, foram verificados acréscimos constantes nos valores do

índice SPAD, índice CHL e no TN na matéria seca devido à acréscimos na dose de N. Isso é, a folha referência ficou com a coloração verde gradativamente mais intensa, detectada pelos equipamentos SPAD e Dualex e não pela tabela de cor, além de apresentar concentração gradativamente mais elevada de N.

Ainda no modo 3, em avaliação realizada aos 35 DAE, sem a adição de N ao substrato, os valores dos índices SPAD, CHL e TN na matéria seca foram 45,8; 41,1 e 62,7 dag kg^{-1} , respectivamente. Valores acima dos mesmos podem ser considerados indesejáveis ou indicadores de toxidez. De modo análogo, valores abaixo de 34 cm para CHP; 29 cm para CF; 15 cm para LF; 16 para NFO; 6,8 g para MFF; 0,74 g para MSF e 47 g/folha para QNA podem ser considerados como sintoma ou indicativo de excesso de disponibilidade de N no substrato.

Efeito do modo de aplicação do adubo sobre a produção em cada dose de nitrogênio

Nenhuma combinação de modo de aplicação do fertilizante nitrogenado e dose de N influenciou o NT, o qual atingiu o valor médio estimado de 4,75/vaso (Tabela 23). O modo de aplicação das doses de N influenciou as variáveis MFT e MST somente quando foi aplicada a dose mais alta, 460 mg dm^{-3} . Os menores valores observados destas variáveis foram obtidos no modo 3 de aplicação (Tabela 22). Ficou infrutífero discutir o efeito do modo de aplicação do adubo sobre a produção, pois a dose zero foi a que proporcionou o maior valor de massa de tubérculos e as demais, nos modos 1 e 3, foram tóxicas.

É pouco comum o aparecimento e a descrição de sintomas de toxidez de N em plantas. De maneira geral, quase sempre em cultivo em solo, os sintomas mais comuns são reduzido crescimento da planta, verde mais intenso, necrose das margens, perda de turgor e lesões necróticas das folhas, nas mais velhas primeiro (Fontes, 2011). De maneira geral, os sintomas de excesso de N são plantas raquíticas, com reduzido crescimento e

desenvolvimento da parte aérea e de cor verde intenso, principalmente nas folhas mais velhas, lesões necróticas em caules e folhas, clorose severa e nanismo das folhas novas são sintomas em algumas plantas (Wong, 2005). Com excesso de N, pode haver alteração quantitativa e qualitativa no padrão das proteínas da planta. A severidade dos sintomas de toxidez depende de diversos fatores como a disponibilidade de N no meio e as taxas de absorção e translocação do N na planta (Fontes, 2011). Adicionalmente, espécie, estágio fisiológico da planta no aparecimento da toxidez e a interação com outros fatores nutricionais, ambientais e edáficos modulam a sintomatologia de toxidez de N. A aplicação de dose elevada de N tende a aumentar a partição de biomassa para a parte superior das plantas resultando em significativa menor relação raiz parte aérea em mudas de pinus em vaso (Entry et al., 1998). A redução da atividade do sistema radicular pode criar um desbalanço nutricional e hídrico na planta.

Seleção de índices para o diagnostico do estado de nitrogênio da planta

Utilizando-se todos os valores das variáveis dependentes obtidos aos 21 DAE, nas diversas combinações de tratamentos, foi determinada a relação entre os mesmos e os dois índices de avaliação do estado de N, TN e QNA. Os mesmos estão na Tabela 24. Nenhuma variável medida aos 21 DAE correlacionou-se com TN. De modo oposto, as variáveis CF, LF, DHP, ARF, MFF, MSF e CHP correlacionaram-se com QNA. Por simplicidade de avaliação e para usar apenas uma variável sugere-se medir o CF, cuja relação com QNA está na Figura 1.

Utilizando-se todos os valores das variáveis dependentes obtidos aos 35 DAE, nas diversas combinações de tratamentos foi determinada a relação entre os mesmos e dois índices de avaliação do estado de N, TN e QNA. Os mesmos estão na Tabela 24. A significância do coeficiente de correlação linear simples das relações dependeu do índice de

avaliação do estado de N na planta. Assim, as variáveis SPAD, FLV, LF, ARF, MSF e CHP correlacionaram-se de forma significativa e negativa com TN, exceto SPAD que correlacionou-se positivamente. Por simplicidade de avaliação e para usar apenas uma variável sugere-se utilizar a variável LF, cuja relação com o teor de N na quarta folha está na Figura 2.

Ainda aos 35 DAE, usando como referência o QNA, as variáveis CF e NFO apresentaram significativos coeficientes de correlação com QNA (Tabela 24), podendo ser indicadas como índices de avaliação do estado de N da planta. A relação entre CF e QNA está mostrada na Figura 3.

Também, com o mesmo procedimento adotado para as avaliações aos 21 e 35 DAE, pode ser sugerido medir o CF aos 56 DAE para estimar o estado nutricional nitrogenado da planta. Essa variável correlacionou-se positivamente tanto com TN quanto com QNA (Tabela 24).

Seleção de índices para o prognóstico da produção de tubérculos

Utilizando-se todos os valores das variáveis dependentes obtidos nas diversas combinações de tratamentos, em cada época de avaliação, 21, 35 e 56 DAE, foi determinada a relação entre os mesmos e três maneiras de quantificar a produtividade de tubérculo-semente da classe básica. Esses modos são NT, MFT e MST.

A significância da relação (Tabela 25) mostrou que o NT pode ser prognosticado na colheita com a variável DHP medida aos 21 DAE (Figura 4) e CHP, aos 56 DAE (Figura 7). Da mesma forma, a MFT pode ser prognosticada com as variáveis FLV e CHP (Figuras 5 e 6) medidas aos 35 DAE e com as variáveis SPAD, NIT, CF (Figura 8), MSF e NF medidas aos 56 DAE. Também, a MST pode ser prognosticada com a avaliação da DHP aos 21 DAE; de FLV aos 35 DAE e com SPAD, NFO (Figura 9) e CHP aos 56 DAE.

Prognóstico da produção, baseada em avaliações precoces de características biométricas da planta como CHP e NH, CF, LF, ARF, MFF, MSF e outras, fornece base fisiológica para estimar precocemente no ciclo da planta a produção de tubérculos no final do ciclo. O prognóstico da produção pode ser útil para fins de planejamento da comercialização além de ser necessário na construção de algoritmo utilizado no estabelecimento da dose de N a ser aplicada em cobertura (Fontes, 2011). A intensidade do verde da folha, determinada pelo SPAD, em fase inicial do ciclo da cultura no campo, foi proposta como índice de prognóstico da produtividade de tubérculos de batata (Gil et al., 2002).

6. CONCLUSÕES

Nas condições do presente ensaio:

- Nenhuma combinação de dose e modo de aplicação do fertilizante nitrogenado influencia o NT, cujo valor médio estimado é 4,75/planta;
- O modo de aplicação influencia a MFT e MST, sendo que nos modos 1 e 3 (aplicação concentrada de N no início do enchimento dos tubérculos) há efeito linear decrescente de doses sobre as variáveis MFT e MST; nos demais modos não há efeito de dose sobre as referidas variáveis;
- Há efeito linear decrescente de doses de N sobre as variáveis CHP, CF, LF, NFO, MFF, MSF e QNA, além de efeito linear crescente sobre SPAD, CHL e TN, medidas aos 35 DAE;
- Indica-se medir o CF ou LF aos 35 DAE para estimar indiretamente QNA ou TN, respectivamente;
- Indica-se medir o DHP aos 21 DAE e o CHP aos 56 DAE para prognosticar o NT na futura colheita;
- Indica-se medir o FLV e CHP aos 35 DAE e SPAD, NIF, CHP, MSF e NF, aos 56 DAE para prognosticar a MFT.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL - Anuário da Agricultura Brasileira, 2011.

ARAÚJO, C.; FONTES, P.C.R.; SILVA, G.H. 2003. Relação entre teores de nitrato na folha e seiva do tomateiro. Horticultura Brasileira, v.21, n.2, p.369.

ARREGUI, L.M.; MERINA, M; MINGO-CASTEL, A.M. 2000. Aplicacion del medidor portatil de clorofila en los programas de fertilizacion nitrogenada en patata de siembra. Actas Del Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo em Patata, Vitória-Gasteis. Anais. p.157-170.

BALASUBRAMANIAN, V.; MORALES, A.C.; CRUZ, R.T.; ABDULRACHMAN, S. 1999. On-farm adaptation of knowledge-intensive nitrogen management technologies for rice system. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.53, p.59-69.

BARCELOS, D.M.; GARCIA, A.; MACIEL Jr.,V.A. 2007. Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um Latossolo Vermelho-Amarelo. Ciência e Agrotecnologia, v.31, n.1, p.21-27.

BURTON, D.L.; ZEBARTH, B.J.; GILLAM, K. M.; MACLEOD, J.A. 2008. Effect of split application of fertilizer nitrogen on N₂O emissions from potatoes. Canadian Journal of Soil Science, v.88, p.229-239.

BUSATO, C. 2007. Características da planta, teores de N nas folhas e produtividade de tubérculos de cultivares de batata em função de doses de N. Viçosa: UFV, 142p. (Mestrado em Fitotecnia).

CARDOSO, A.D.; ALVARENGA, M.A.R.; MELO, T.L.; VIANA, A.E.S. 2007. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamento de nitrogênio e potássio. Revista Ciência e Agrotecnologia, v.31, n.6, p.1729-1736.

CARTELAT, A.; CEROVIC, Z.G.; GOULAS, Y.; MEYER, S.; LELARGE, C.; PRIOUL, J.L.; BARBOTTIN, A.; JEUFFROY, M.H.; GATE, P.; AGATI, G.; MOYA, I. 2005. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Field Crops Research. v.91, p.35-49.

CHENG, L.L.; FUCHIGAMI, L.H. 2000 . Rubisco activation state decreases with increasing nitrogen content in apple leaves. Journal of Experimental Botany, v.51, n.351, p.1687-1694.

CHOWDHURY, M.R.I.; SARWAR, A.K.M.G.; FAROOQUE, A.M. 2002. Effect of nitrogen and its methods of application on growth and yield of potato. Journal of Biological Sciences, v.2, n.9, p.616-619.

- COELHO, F.S.; FONTES, P.C.R.; PUIATTI, M.; NEVES, J.C.L.; SILVA, M.C.C. 2010. Dose de N associada à produtividade de batata e índices do estado de N na folha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.1175-1183.
- CORASPE-LEON, H.M. 2007. Aspectos nutricionais da batateira para a produção de tubérculo-semente em ambiente protegido. Piracicaba: ESALQ, 111p. (Tese de Doutorado).
- DAVENPORT, J.R.; MILBURN, P.H.; ROSEN, C.J.; THORTON, R. E. 2005. Environmental impacts of potatoes nutrient requirements. *American Journal of Potato Research*, v.82, p.321-328.
- DELGADO, J.A.; FOLLET, R.F. 1998. Sap test to determine nitrate-nitrogen concentrations in aboveground biomass of winter cover crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.29, p.545-559.
- DEMSAR, J.; OSVALD, J.; VODNIK, D. 2004. The effect of light-dependent application of nitrate on the growth of aeroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.129, p.570-575.
- ENTRY, J.A.; RUNION, G.B.; PRIOR, S.A.; MITCHELL, R.J.; ROGERS, H.H. 1998. Influence of CO₂ enrichment and nitrogen fertilization on tissue chemistry and carbon allocation in longleaf pine seedlings. *Plant and Soil*, v.200, n.1, p.3-11.
- ERREBHI, M.; ROSEN, C.J.; GUPTA, S.C. BIRONG, D.E. 1998. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agronomy Journal*, v.90, p.10-15.
- EVANYLO, G.K. 1989. Rate and timing of nitrogen fertilizer for white potatoes in Virginia. *American Potato Journal*, v.66, p.461-470.
- FACTOR, T.L.; ARAUJO, J.A.C.; KAWAKAMI, F.P.C.; IUNCK, V. 2007. Produção de mini-tubérculos básicos de batata em três sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.82-87.
- FONTES, P.C.R. 2005. Cultura da batata. In: FONTES, P.C.R. (Ed) Olericultura: teoria e prática. Viçosa: UFV, p.323-343.
- FONTES, P.C.R. 2001. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 122p.
- FONTES, P.C.R. 2011. Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose. Viçosa: Editora Arka, 296p.

- FONTES, P.C.R., ARAÚJO, C. 2007. Adubações nitrogenada de hortaliças – princípios e práticas com o tomateiro. Viçosa: Editora UFV, 148p.
- FONTES, P.C.R., SILVA, M.C.C. 2006. Proposição de uma tabela de cor (UFV 80 - Monalisa) para a avaliação do estado de N da batateira. *Batata Show*, v.6, n.16, p.16.
- FONTES, P.C.R.; SAMPAIO, JR.; J.D.; MOREIRA, M.A.; GUIMARÃES, M.A.; PUIATTI, M.; LANI, E.R.G. 2008. Produção de mini-tubérculos de batata-semente em função de doses de N aplicadas ao substrato. *Horticultura Brasileira*, v.26, n.1, p.116-120.
- FORTIER, E.; DESJARDINS, Y.; TREMBLAY, N.; BÉLEC, C.; CÔTÉ, M. 2010. Influence of irrigation and nitrogen fertilization on broccoli polyphenolics concentration. *Acta Horticulturae*. (ISHS), v.856, p.55-62.
- FURUMOTO, O.; LOPES, C.A. 1997. Batata-semente. In: LOPES, C.A.; BUSO, J.A., ed. *Cultivo da batata (Solanum tuberosum L.)*. Brasília: EMBRAPA-CNPQ. (Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças, 8).
- GIL, P.T.; FONTES, P.C.R., CECOM, P.R. e FERREIRA, F.A. 2002. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de N e para o prognóstico da produtividade da batata. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.4, p.611-615.
- GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T. 2003. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.6, p.1049-1056.
- GOULAS, Y.; CEROVIC, Z.G.; CARTELAT, A.; MOYA, I. 2004. Dualex: a new instrument for field measurements of epidermal ultraviolet absorbance by chlorophyll fluorescence. *Applied Optics*, v.43, n.23, p.4488-4496.
- GRIGORIADOU, K.; LEVENTAKIS, N. 1999. Large scale commercial production of potato minitubers, using in vitro techniques. In: *Potato Research*, v.42, p.607-610.
- GUIMARÃES, T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ, V.H.; MONNERAT, P.H. 1998. Determinação dos teores de N na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. *Horticultura Brasileira*, v.16, n.2, p.144-151.
- HAGMAN, J.E.; MARTENSSON, A.; GRANDIN, U. 2009. Cultivation practices and potato cultivars suitable for organic potato production. *Potato Research*, v.52, n.4, p.319-330.
- HOEL, B.O. 2003. Chlorophyll meter reading in winter wheat: cultivar differences and prediction of grain protein content. *Soil & Plant Science*, v.53, p.147-157.

- HUAN, Y.; HUA-SONG, W. ZHI-JIE, W. 2010. Evaluation of SPAD and Dualex for in-season corn nitrogen status estimation. *Acta Agronomica Sinica*, v.36, n.5, p.840–847.
- IMA. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria n.567, 30 de Janeiro de 2003.
- JACKSON, S.D. 1999. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato. *Plant Physiology*, v.119, p.1-8.
- JACKSON, M.L. 1958. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: JACKSON, M.L., ed. *Soil chemical analysis*. Englewood Chiffs, Prentice Hall, p.183-204.
- JEMISSON, J. M.; FOX, R. H. 1988. A quick procedure for soil and plant tissue nitrates using test strips and a hand held reflectometer. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1569-1582.
- JOERN, B.C.; VITOSH, M.L. 1995. Influence of applied nitrogen on potato part i: yield, quality, and nitrogen uptake. *American Potato Journal*, v.72, p.51-73.
- KRAUSS, A. 1985. Interaction of nutrients and tuberization. In: LI PH. *Potato Physiology*. London, Academic Press, p.209-230.
- KUISMA, P. 2002. Efficiency of split nitrogen fertilization with adjusted irrigation on potato. *Agric Food Sci Finland*, v.11, p.59-74.
- LAWLOR, D.W. 2002. Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *Journal of Experimental Botany*, v.53, p.773–787.
- LEWIS, R.J.; LOVE, S.L. 1994. Potato genotypes differ in petiole nitrate nitrogen concentrations over time. *Hortscience*, v.29, p.175-179.
- LOVE, S.L.; STARK, J.C.; SALAIZ, T. 2005. Response of four potato cultivars to rate and timing of nitrogen fertilizer. *American Journal of Potato Research*, v.82, n.1, p.21-30.
- MACLEAN, A.A. 1984. Time of application of fertilizer nitrogen for potatoes in Atlantic Canada. *American Journal of Potato Research*, v.61, n.1, p.23-29.
- MAIDL, F.X.; BRUNNER, H.; STICKSEL, E. 2002. Potato uptake and recovery of nitrogen ¹⁵N-enriched ammonium nitrate. *Geoderma*, v.105, p.167-177.
- MEDEIROS, C.A.B.; ZIEMER, A.H.; DANIELS, J.; PEREIRA, A.S.. 2002. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, v.20, p.110-114.

- MINOLTA, CAMERA Co. Ltd. 1989. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Div., 22p.
- MINOTTI, P. L.; HALSETH, D. E.; SIECZKA, J. B. 1994 . Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. HortScience, v.29, n.12, p.1497-1500.
- MOREIRA, M.A. 2008. Características da planta e produção de batata-semente básica em substrato com diferentes materiais de propagação. Viçosa: UFV, 190p. (Doutorado em Fitotecnia).
- MOREIRA, M.A.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; ARAÚJO, R.F. 2011. Seleção de índices para o diagnóstico do estado de N de batata-semente básica. Acta Scientiarum, v.33, n.2, p.335-340.
- NAGARAJAH, S. 1999. A petiole sap test for nitrate and potassium in Sultana grapevines. Australian Journal of Grape and Wine Research, v.5, n.2, p.56-60.
- NITSCH, H.A.; VARIS, E. 1991 . Nitrate estimates using the Nitrachek Test for precise N-fertilization during plant growth and after harvest, for quality testing of potato tubers. Potato Research, v.34, p.95-105.
- NUNES, J.C.S.; FONTES, P.C.R.; ARAÚJO, E.F.; SEDIYAMA, C. 2006. Potato plant growth and macronutrients uptake as affected by soil tillage and irrigation systems. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.12, p.1787-1792.
- OLIVEIRA, C.A.S. 2000. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, n.5, p.939-950.
- OLIVEIRA, V.R.; ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; PAULA, A.L.; TREVISAN, A.P.; ANTES, R.B. 2006. Qualidade de processamento de tubérculos de batata produzidos sob diferentes disponibilidades de N. Ciência Rural, v.36, n.2, p.660-663.
- OPARKA, K.J.; DAVIES, H.V.; PRIOR, D.A.M. 1987. The influence of applied N on export and partitioning of current assimilate by fieldgrown potato plants. Annals of Botany, v.59, p.484-488.
- POMMERENING, B.; PALAZZO, D.; MASTROVITO, D. MARTELLI, S.; VANADIA, S. 1992. A quick test for determining NO₃ concentrations in fresh vegetables. Advances in Horticultural Science, v.5, p.33-36.
- RAMESH, K., CHANDRASEKARAN, B., BALASUBRAMANIAN, T.N., BANGARUSAMY, U., SIVASAMY, R., SANKARAN, N. 2002. Chlorophyll dynamics in Rice (*Oryza sativa*) before and after flowering based on SPAD (Chlorophyll) meter monitoring and its relation with grain yield. Journal of Agronomy and Crop Science, v.188, p.102-105.

- REIS JÚNIOR, R.A.; MONENERAT, P.H. 2000. Nutrient concentrations in potato stem petiole and leaflet in response to potassium fertilizer. *Scientia Agrícola*, v.57, p.251-255.
- RODRIGUES, M.A.; COUTINHO, J.; MARTINS, F.; ARROBAS, M. 2005. Quantitative sidedress nitrogen recommendations for potatoes based upon crop nutritional indices. - *European Journal of Agronomy*, v.23, p.79-88.
- RONCHI, C.P.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; NUNES, J.C.S.; MARTINEZ, H.E.P. 2001. Índices de N e de crescimento do tomateiro em solo e em solução nutritiva. *Revista Ceres*, v.48, n.278, p.469-484.
- SAMPAIO JR, J.D.; FONTES, P.C.R.; GUIMARÃES, M.A., MOREIRA, M. A. 2009. Produção de mini-tubérculos de batata propagada por brotos, em função de doses de N aplicadas ao substrato. *Bioscience Journal*, v. 25, n. 5, p. 75-82.
- SAMPAIO JR, J.D.; FONTES, P.C.R.; MOREIRA, M.A.; GUIMARÃES, M.A. 2008. Produção de mini-tubérculo semente de batata, em função de doses de N aplicadas ao substrato. *Bioscience Journal*, v.24, n.1, p.1-9.
- SAMPAIO JR., J.D. 2005. Produção de mini-tubérculos de batata semente em vaso a partir de plântula multiplicada por cultura de tecido, broto e mini-tubérculo em função de doses de N. Viçosa: UFV, 96p. (Mestrado em Fitotecnia).
- SANTELITH, G. e EWING, E.E. 1981. Effects of nitrogen fertilization on growth and development of potatoes. *American Potato Journal*, v.58, n.10, p.517-518.
- SCHEIDT, M.F.C.; STOETZER, A.; BALDIN, I.; KAWAKAMI, J. 2009. Efeito da adubação nitrogenada em parâmetros morfológicos de plantas de batata cultivar ágata em guarapuava. *Horticultura Brasileira* v.27, n.2, p.S3228-S3231, (Suplemento - CD Rom).
- SCHRÖDER, J.J.; NEETESON, J.J.; OENEMA, O.; STRUIK, P.C. 2000. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. *Field Crops Research*, v.66, p.151-164.
- SHARIFI, M.; ZEBARTH, B.J.; HAJABBASI, M. A; KALBASI, M. 2005. Dry matter and nitrogen accumulation and root morphological characteristics of two clonal selections of 'russet norkotah' potato as affected by nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, v.28, p.2243-2253.
- SHUKLA, A.K.; LADHA, J.K.; SINGH, V.K., DWIVEDI, B.S.; BALASUBRAMANIAN, V.; GUPTA, R.K.; SHARMA, S.K.; SINGH Y.; PATHAK, H.; PANDEY, P.S.; PADRE, A.T.; YADAVA, R.L. 2004. Calibrating the leaf color chart for nitrogen management in different genotypes of rice and wheat in a systems perspective. *Agronomy Journal*, v.96, p.1606-1621.

- SILVA, E.C.; GIUSTO, A.B.; SOUSA DIAS, J.A.C. 2006. Produção de mini-tubérculos a partir de brotos de cultivares de batata em diferentes combinações de substratos. *Horticultura Brasileira*, v.24, n.2, p.241-244.
- SILVA, M.C.C. 2007. Critérios para o manejo da adubação nitrogenada da batata em duas épocas de plantio. Viçosa: UFV, 144p. (Tese de DS em Fitotecnia).
- SILVA, M.C.C.; FONTES, P.C.R.; MIRANDA, G.V. 2007. Modelos estatísticos para descrever a produtividade de batata em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira*, v.25, n.3, p.360- 364.
- SOUZA, C.B.S. 2009. Produção de mini-tubérculos de batata-semente básica em vaso e hidroponia, em função de doses de nitrogênio. Viçosa: UFV. (Mestrado em Fitotecnia).
- SPANER, D.; TODD, A.G.; NAVABI, T.A.; CKENZIE, D.B.; GOONEWARDENE, L.A. 2005. Can leaf chlorophyll measures at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in eastern Canada? *Journal of Agronomy and Crop Science*, v.191, n.5, p.393-399.
- STALLKNECHT, G.F. 1985. Tuber initiation in *Solanum tuberosum*: effect of phytohormones and induced changes in nucleic acid and protein metabolism. In: LI PH. *Potato Physiology*. London, Academic Press, p.231- 260.
- STEIBER, T. D.; MAHLER, R. L. 2003. Cropping practices survey: fertilizer results. Idaho: University of Idaho. 3 p.
- TAIZ, Z.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 2004. 3^o edição Porto Alegre: Artmed, 719p.
- TREMBLAY, N.; WANG, Z. J., BÉLEC, C. 2007. Evaluation of the Dualex for the assessment of corn nitrogen status. *Journal of Plant Nutrition*, v.30, p.1355-1369.
- TREMBLAY, N.; BÉLEC, C.; JENNI, S.; FORTIER, E.; MELLGREN, R. 2009. The Dualex - A new tool to determine nitrogen sufficiency in broccoli. *Acta Horticulturae*. (ISHS), v.824, p.121-132.
- TREMBLAY, N.; WANG, Z.; BÉLEC, C. 2010. Performance of Dualex in spring wheat for crop nitrogen status assessment, yield prediction and estimation of soil nitrate content. *Journal of Plant Nutrition*, v.33, n.1, p.57 -70.
- VITOSH, M.L.; SILVA, G.H. 1996. Factors affecting potato petiole sap nitrate tests. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.27, n.5-8, p.1137-1152.
- VOS, J. 1999. Split nitrogen application in potato: Effects on accumulation of nitrogen and dry matter in the crop and on the soil nitrogen budget. *J Agric Sci Camb* 133:263-274.

- VOS, J.; BOM, M. 1993. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the N status of potato foliage. *Potato Research*, v.36, p.301-308.
- WALWORTH, J.L.; MUNIZ, J.E. 1993. A Compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes. *American Potato Journal*, v.70, p.579-597.
- WASKON, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E.; SOLTANPOUR, P.N. 1996. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. *Communications of Soil Science and Plant Analysis*, v.27, p.545-560.
- WITT, C.; PASUQUIN, J.M.C.A.; MUTTERS, R.; BURESH, R.J. 2005. New leaf color chart for effective nitrogen management in rice. *Better Crops*, v.89, n.1, p.36-39.
- WONG, M. 2005. Visual symptoms of plant nutrient deficiencies in nursery and landscape plants. *Soil and Crop Management*, 4p.
- YADAVA, L. 1986. A rapid and non- destruction method to determine chlorophyll in intact leaves. *Horticultural Science*, v.21, p.1449-1450.
- YANG, W.; PENG, S.; HUANG, J.; SANICO, A.L.; BURESH, R.J.; WITT, C. 2003. Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice. *Agronomy Journal*, v.95, p.212-217.
- ZEBARTH, B.J.; LECLERC, Y.; MOREATL, G. 2004. Rate and timing of nitrogen fertilization of Russet Burbank potato: nitrogen use efficiency. *Canadian Journal of Plant Science*, v.84, p.845-854.
- ZEBARTH, B.J.; ROSEN, C.J. 2007. Research perspective on nitrogen BMP development for potato. *American Journal of Potato Research*, v.84, n.1, p.3-18.
- ZVOMUYA, F.; ROSEN, C.J.; RUSSELLE, M. P.; GUPTA, S.C. 2003. Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato - ground water quality. *Journal of Environmental Quality*, v.32, p.480-489.

8. APÊNDICE

Tabela 25 - Resumo da análise de variância do medidor portátil de clorofila Soil Plant Analysis Development-502 (SPAD) e do medidor portátil Dualex, onde obtivemos as medições de índice de balanço de N (NBI), clorofila (CHL) e flavonóides (FLV) na quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 21 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios			
		SPAD	NBI	CHL	FLV
Bloco	2	2,458	42,333	3,305	0,068
Dose	3	10,267 ^{ns}	40,145 ^{ns}	10,227 ^{ns}	0,053 ^{ns}
Modo	4	14,623 ^{ns}	80,244**	18,927*	0,034 ^{ns}
Dose*Modo	12	10,843 ^{ns}	8,272 ^{ns}	9,411 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	9,636 ^{ns}	33,687 ^{ns}	6,976 ^{ns}	0,028 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	10,701 ^{ns}	21,227 ^{ns}	14,924 ^{ns}	0,026 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	17,878 ^{ns}	29,131 ^{ns}	16,236 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	8,936 ^{ns}	21,014 ^{ns}	9,024 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	10,490 ^{ns}	11,428 ^{ns}	13,756 ^{ns}	0,034 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	12,823 ^{ns}	18,522 ^{ns}	13,716 ^{ns}	0,037 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	19,016 ^{ns}	28,342 ^{ns}	13,678 ^{ns}	0,016 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	3,688 ^{ns}	2,813 ^{ns}	1,030 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	7,620 ^{ns}	12,128 ^{ns}	5,691 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Resíduo	38	7,252	17,601	7,081	0,025
Média		46,873	34,133	39,982	1,193
CV (%)		5,74	12,29	6,66	13,16

*, ** - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 26 - Resumo da análise de variância do medidor portátil de clorofila Soil Plant Analysis Development-502 (SPAD) e do medidor portátil Dualex, onde obtivemos as medições de índice de balanço de N (NBI), clorofila (CHL) e flavonóides (FLV) na quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 35 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios			
		SPAD	NBI	CHL	FLV
Bloco	2	13,455	3,701	48,265	0,031
Dose	3	43,252**	72,201**	30,776**	0,003 ^{ns}
Modo	4	33,907*	9,748 ^{ns}	18,810**	0,015 ^{ns}
Dose*Modo	12	8,718 ^{ns}	7,903 ^{ns}	6,680 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	11,768 ^{ns}	3,434 ^{ns}	2,508 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	4,092 ^{ns}	14,083 ^{ns}	0,243 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	13,535 ^{ns}	5,292 ^{ns}	8,248 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	30,667*	10,649 ^{ns}	27,851**	0,018 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	30,192*	18,620 ^{ns}	28,412**	0,005 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	1,452 ^{ns}	10,849 ^{ns}	8,290 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	20,091 ^{ns}	29,282 ^{ns}	19,483*	0,001 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	21,590 ^{ns}	9,993 ^{ns}	0,340 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	4,801 ^{ns}	35,070 ^{ns}	0,970 ^{ns}	0,016 ^{ns}
Resíduo	38	9,234	13,321	4,836	0,008
Média		47,403	43,012	42,348	0,995
CV (%)		6,41	8,49	5,19	8,91

*, ** - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 27 - Resumo da análise de variância do medidor portátil de clorofila Soil Plant Analysis Development-502 (SPAD) e do medidor portátil Dualex, onde obtivemos as medições de índice de balanço de N (NBI), clorofila (CHL) e flavonóides (FLV) na quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 56 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios			
		SPAD	NBI	CHL	FLV
Bloco	2	1,023	69,782	23,527	0,008
Dose	3	8,627 ^{ns}	128,037*	18,083*	0,022 ^{ns}
Modo	4	2,879 ^{ns}	14,969 ^{ns}	1,387 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Dose*Modo	12	6,144 ^{ns}	33,659 ^{ns}	5,307 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	0,599 ^{ns}	27,765 ^{ns}	1,279 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	14,918 ^{ns}	32,101 ^{ns}	6,757 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	1,691 ^{ns}	25,354 ^{ns}	4,850 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	4,104 ^{ns}	30,724 ^{ns}	4,422 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	5,854 ^{ns}	28,486 ^{ns}	5,243 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	3,481 ^{ns}	124,992*	13,290 ^{ns}	0,019 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	4,776 ^{ns}	1,516 ^{ns}	6,439 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	13,536 ^{ns}	42,456 ^{ns}	9,030 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	5,556 ^{ns}	65,221 ^{ns}	5,310 ^{ns}	0,014 ^{ns}
Resíduo	38	9,724	31,822	4,938	0,012
Média		42,838	42,945	34,845	0,832
CV (%)		7,28	13,14	6,38	13,38

*, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 28 - Resumo da análise de variância do índice numérico (IN), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF), número de folíolos (NFO), aspecto da folha (AF) e diâmetro basal do pecíolo (DP) da quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 21 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios					
		IN	CF	LF	NFO	AF	DP
Bloco	2	0,150	6,758	2,479	1,267	0,267	0,452
Dose	3	0,244 ^{ns}	6,995 ^{ns}	1,750 ^{ns}	3,911 ^{ns}	0,267 ^{ns}	0,409*
Modo	4	0,650**	2,932 ^{ns}	1,539 ^{ns}	1,767 ^{ns}	0,267 ^{ns}	0,090 ^{ns}
Dose*Modo	12	0,383*	7,706*	0,837 ^{ns}	8,744*	0,267 ^{ns}	0,228*
Modo:Dose 0	4	0,267 ^{ns}	7,254 ^{ns}	0,874 ^{ns}	4,667 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,127 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	0,500*	10,982*	1,419 ^{ns}	7,333 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,382*
Modo:Dose 230	4	0,767**	6,314 ^{ns}	0,549 ^{ns}	6,400 ^{ns}	1,067**	0,261 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	0,267 ^{ns}	1,499 ^{ns}	1,208 ^{ns}	9,600*	0,000 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	0,306 ^{ns}	0,910 ^{ns}	0,139 ^{ns}	1,333 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,190 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	0,556*	12,903*	1,609 ^{ns}	18,667**	1,333**	0,602**
Dose:Modo 3	3	0,750**	3,500 ^{ns}	0,104 ^{ns}	11,000*	0,000 ^{ns}	0,058 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	0,083 ^{ns}	6,003 ^{ns}	0,987 ^{ns}	3,889 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,217 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	0,083 ^{ns}	14,503*	2,260 ^{ns}	4,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,256 ^{ns}
Resíduo	38	0,168	3,793	0,894	3,302	0,267	0,108
Média		4,700	15,920	7,310	13,267	1,067	3,560
CV (%)		8,71	12,23	12,93	13,70	48,41	9,23

**, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 29 - Resumo da análise de variância do índice numérico (IN), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF), número de folíolos (NFO), aspecto da folha (AF) e diâmetro do pecíolo basal (DP) da quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 35 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios					
		IN	CF	LF	NFO	AF	DP
Bloco	2	0,017	20,017	10,463	0,217	0,000	0,313
Dose	3	0,044 ^{ns}	9,074*	2,969 ^{ns}	3,439 ^{ns}	0,000	0,036 ^{ns}
Modo	4	0,142 ^{ns}	1,412 ^{ns}	2,033 ^{ns}	0,067 ^{ns}	0,000	0,020 ^{ns}
Dose*Modo	12	0,031 ^{ns}	5,709 ^{ns}	2,212 ^{ns}	3,689*	0,000	0,253**
Modo:Dose 0	4	0,067 ^{ns}	0,908 ^{ns}	0,776 ^{ns}	1,733 ^{ns}	0,000	0,063 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	0,067 ^{ns}	5,666 ^{ns}	0,699 ^{ns}	0,333 ^{ns}	0,000	0,049 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	0,100 ^{ns}	2,708 ^{ns}	0,209 ^{ns}	1,667 ^{ns}	0,000	0,349**
Modo:Dose 460	4	0,000 ^{ns}	9,257*	6,986**	7,400**	0,000	0,317**
Dose:Modo 1	3	0,000 ^{ns}	0,290 ^{ns}	2,916 ^{ns}	0,111 ^{ns}	0,000	0,087 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	0,083 ^{ns}	9,392*	0,076 ^{ns}	1,417 ^{ns}	0,000	0,097 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	0,000 ^{ns}	19,472**	5,100*	15,111**	0,000	0,738**
Dose:Modo 4	3	0,083 ^{ns}	1,808 ^{ns}	1,930 ^{ns}	0,333 ^{ns}	0,000	0,004 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	0,000 ^{ns}	0,948 ^{ns}	1,797 ^{ns}	1,222 ^{ns}	0,000	0,120 ^{ns}
Resíduo	38	0,069	2,954	1,634	1,655	0,000	0,062
Média		4,933	27,180	14,225	13,783	0,000	5,040
CV (%)		5,34	6,32	8,99	9,33	1,00	4,94

**, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 30 - Resumo da análise de variância do índice numérico (IN), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF), número de folíolos (NFO), aspecto da folha (AF) e diâmetro do pecíolo basal (DP) da quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 56 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios					
		IN	CF	LF	NFO	AF	DP
Bloco	2	0,067	16,590	4,707	5,217	0,867	0,278
Dose	3	1,083*	10,069 ^{ns}	0,911 ^{ns}	12,333*	0,817 ^{ns}	0,435 ^{ns}
Modo	4	0,233 ^{ns}	0,962 ^{ns}	0,752 ^{ns}	3,025 ^{ns}	0,125 ^{ns}	0,077 ^{ns}
Dose*Modo	12	0,222 ^{ns}	8,938 ^{ns}	2,908 ^{ns}	8,069*	0,303 ^{ns}	0,353 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	0,267 ^{ns}	15,210 ^{ns}	2,081 ^{ns}	5,067 ^{ns}	0,433 ^{ns}	0,646 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	0,167 ^{ns}	6,989 ^{ns}	5,338*	18,833**	0,333 ^{ns}	0,299 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	0,233 ^{ns}	1,774 ^{ns}	0,367 ^{ns}	1,733 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,040 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	0,233 ^{ns}	3,802 ^{ns}	1,692 ^{ns}	1,600 ^{ns}	0,100 ^{ns}	0,150 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	0,306 ^{ns}	5,569 ^{ns}	2,150 ^{ns}	2,111 ^{ns}	0,083 ^{ns}	0,200 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	0,750 ^{ns}	4,616 ^{ns}	1,443 ^{ns}	2,667 ^{ns}	0,667 ^{ns}	0,564 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	0,083 ^{ns}	14,925 ^{ns}	1,194 ^{ns}	3,889 ^{ns}	0,222 ^{ns}	0,100 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	0,528 ^{ns}	10,628 ^{ns}	7,030*	27,194**	0,528 ^{ns}	0,739 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	0,306 ^{ns}	10,082 ^{ns}	0,728 ^{ns}	8,750 ^{ns}	0,528 ^{ns}	0,244 ^{ns}
Resíduo	38	0,295	5,989	1,742	3,936	0,323	0,335
Média		4,283	27,998	16,353	11,967	1,417	5,045
CV (%)		12,67	8,74	8,07	16,58	40,11	11,47

**, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 31 - Resumo da análise de variância do teor de nitrato medido pelo método da fita (NIF), do teor de N (TN) e quantidade de N acumulada (QNA) na quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 21 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios		
		NIF	TN	QNA
Bloco	2	416,250	6,813	17,453
Dose	3	55,000 ^{ns}	4,502 ^{ns}	46,946*
Modo	4	187,917 ^{ns}	6,079 ^{ns}	16,490 ^{ns}
Dose*Modo	12	97,361 ^{ns}	5,788 ^{ns}	22,996 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	210,833 ^{ns}	7,388 ^{ns}	27,743 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	33,333 ^{ns}	6,682 ^{ns}	36,601*
Modo:Dose 230	4	202,500 ^{ns}	4,921 ^{ns}	18,187 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	33,333 ^{ns}	4,451 ^{ns}	2,946 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	168,750 ^{ns}	6,229 ^{ns}	3,949 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	68,750 ^{ns}	2,031 ^{ns}	49,897*
Dose:Modo 3	3	35,417 ^{ns}	6,818 ^{ns}	14,277 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	119,444 ^{ns}	6,062 ^{ns}	14,796 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	52,083 ^{ns}	6,515 ^{ns}	56,010*
Resíduo	38	117,566	8,552	13,488
Média		34,500	75,933	15,375
CV (%)		31,43	3,85	23,89

, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 32 - Resumo da análise de variância do teor de nitrato medido pelo método da fita (NIF), do teor de N (TN) e quantidade de N acumulada (QNA) na quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 35 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios		
		NIF	TN	QNA
Bloco	2	10,000	22,689	122,319
Dose	3	70,000 ^{ns}	156,770**	41,754 ^{ns}
Modo	4	13,438 ^{ns}	15,218 ^{ns}	11,484 ^{ns}
Dose*Modo	12	26,771 ^{ns}	16,160 ^{ns}	47,318 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	65,000 ^{ns}	4,715 ^{ns}	21,591 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	10,000 ^{ns}	8,075 ^{ns}	10,687 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	6,250 ^{ns}	31,039*	23,109 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	12,500 ^{ns}	19,869 ^{ns}	98,051 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	58,333 ^{ns}	94,620**	3,183 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	8,333 ^{ns}	42,675*	20,892 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	36,458 ^{ns}	25,919 ^{ns}	184,794*
Dose:Modo 4	3	12,500 ^{ns}	14,963 ^{ns}	8,690 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	61,458 ^{ns}	43,232*	13,468 ^{ns}
Resíduo	38	61,316	10,214	49,353
Média		26,500	65,208	40,848
CV (%)		29,55	4,90	17,20

, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 33 - Resumo da análise de variância do teor de nitrato medido pelo método da fita (NIF), do teor de N (TN) e quantidade de N acumulada (QNA) na quarta folha a partir do ápice da planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 56 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios		
		NIF	TN	QNA
Bloco	2	262,917	15,850	65,775
Dose	3	127,778*	454,822**	145,904*
Modo	4	119,792*	53,481 ^{ns}	50,508 ^{ns}
Dose*Modo	12	43,403 ^{ns}	28,172 ^{ns}	116,803*
Modo:Dose 0	4	73,333 ^{ns}	29,850 ^{ns}	98,646 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	126,667*	15,508 ^{ns}	204,093**
Modo:Dose 230	4	40,000 ^{ns}	34,247 ^{ns}	10,071 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	10,000 ^{ns}	58,391 ^{ns}	88,107 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	57,639 ^{ns}	127,470**	151,062*
Dose:Modo 2	3	97,222 ^{ns}	188,654**	93,522 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	57,639 ^{ns}	78,465 ^{ns}	46,901 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	66,667 ^{ns}	79,827*	181,330*
Dose:Modo 5	3	22,222 ^{ns}	93,093*	140,300*
Resíduo	38	44,057	27,751	48,338
Média		38,333	47,074	37,889
CV (%)		17,32	11,19	18,35

** , * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 34 - Resumo da análise de variância do comprimento da haste principal (CHP), número de caules (NH), número de folhas (NF), número de folhas por caules (NFH) e diâmetro da haste principal (DHP) de planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 21 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios				
		CHP	NH	NF	NFH	DHP
Bloco	2	9,375	0,150	9,617	3,904	0,246
Dose	3	47,958**	0,133 ^{ns}	1,022 ^{ns}	3,794 ^{ns}	2,931*
Modo	4	6,393 ^{ns}	0,275 ^{ns}	8,458 ^{ns}	3,640 ^{ns}	0,375 ^{ns}
Dose*Modo	12	7,245 ^{ns}	0,231 ^{ns}	9,147 ^{ns}	2,187 ^{ns}	0,990 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	3,659 ^{ns}	0,067 ^{ns}	1,167 ^{ns}	1,167 ^{ns}	0,564 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	5,014 ^{ns}	0,233 ^{ns}	10,233 ^{ns}	1,317 ^{ns}	0,573 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	8,011 ^{ns}	0,267 ^{ns}	3,567 ^{ns}	7,400*	1,201 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	11,446 ^{ns}	0,400 ^{ns}	20,933*	0,317 ^{ns}	1,005 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	7,763 ^{ns}	0,222 ^{ns}	6,306 ^{ns}	1,354 ^{ns}	1,369 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	20,681*	0,306 ^{ns}	11,222 ^{ns}	3,806 ^{ns}	2,417*
Dose:Modo 3	3	15,305 ^{ns}	0,444 ^{ns}	10,083 ^{ns}	3,639 ^{ns}	0,961 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	13,805 ^{ns}	0,083 ^{ns}	6,778 ^{ns}	0,521 ^{ns}	1,289 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	19,385*	0,000 ^{ns}	3,222 ^{ns}	3,222 ^{ns}	0,853 ^{ns}
Resíduo	38	6,542	0,185	7,459	2,031	0,742
Média		14,037	1,200	11,333	9,783	7,607
CV (%)		18,22	35,85	24,10	14,57	11,33

** , * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 35 - Resumo da análise de variância do comprimento da haste principal (CHP), número de caules (NH), número de folhas (NF), número de folhas por caules (NFH) e diâmetro da haste principal (DHP) de planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 35 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios				
		CHP	NH	NF	NFH	DHP
Bloco	2	38,398	0,117	6,450	4,591	1,324
Dose	3	62,127**	0,150 ^{ns}	10,817 ^{ns}	2,744 ^{ns}	0,309 ^{ns}
Modo	4	44,638**	0,225 ^{ns}	17,192 ^{ns}	2,007 ^{ns}	0,908 ^{ns}
Dose*Modo	12	20,746 ^{ns}	0,192 ^{ns}	17,636 ^{ns}	1,926 ^{ns}	1,064 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	10,721 ^{ns}	0,067 ^{ns}	4,667 ^{ns}	2,267 ^{ns}	0,689 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	20,674 ^{ns}	0,233 ^{ns}	16,500 ^{ns}	2,892 ^{ns}	1,525 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	3,074 ^{ns}	0,100 ^{ns}	14,833 ^{ns}	1,167 ^{ns}	1,107 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	72,406**	0,400 ^{ns}	34,100 ^{ns}	1,462 ^{ns}	0,778 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	23,688 ^{ns}	0,083 ^{ns}	6,750 ^{ns}	0,854 ^{ns}	1,022 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	31,822*	0,306 ^{ns}	26,778 ^{ns}	3,354 ^{ns}	1,940 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	70,616**	0,444 ^{ns}	33,194 ^{ns}	4,964 ^{ns}	0,379 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	10,757 ^{ns}	0,083 ^{ns}	13,889 ^{ns}	0,528 ^{ns}	0,645 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	8,228 ^{ns}	0,000 ^{ns}	6,750 ^{ns}	0,750 ^{ns}	0,578 ^{ns}
Resíduo	38	11,126	0,187	18,345	1,747	1,047
Média		31,982	1,183	16,050	13,903	9,753
CV (%)		10,43	36,53	26,69	9,506	10,49

* , * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 36 - Resumo da análise de variância do comprimento da haste principal (CHP), número de caules (NH), número de folhas (NF), número de folhas por caules (NFH) e diâmetro da haste principal (DHP) de planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 56 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios				
		CHP	NH	NF	NFH	DHP
Bloco	2	54,464	0,117	16,250	19,017	0,565
Dose	3	192,868*	0,133 ^{ns}	3,306 ^{ns}	3,778 ^{ns}	0,530 ^{ns}
Modo	4	26,661 ^{ns}	0,108 ^{ns}	5,392 ^{ns}	2,817 ^{ns}	0,300 ^{ns}
Dose*Modo	12	23,929 ^{ns}	0,175 ^{ns}	7,014 ^{ns}	3,083 ^{ns}	1,917 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	13,982 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,862 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	40,292 ^{ns}	0,100 ^{ns}	8,567 ^{ns}	0,900 ^{ns}	3,558*
Modo:Dose 230	4	25,037 ^{ns}	0,267 ^{ns}	5,933 ^{ns}	3,433 ^{ns}	0,070 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	19,136 ^{ns}	0,267 ^{ns}	11,767 ^{ns}	7,567 ^{ns}	1,561 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	53,716 ^{ns}	0,306 ^{ns}	7,222 ^{ns}	4,306 ^{ns}	1,376 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	31,190 ^{ns}	0,111 ^{ns}	17,889 ^{ns}	1,556 ^{ns}	4,393*
Dose:Modo 3	3	39,186 ^{ns}	0,333 ^{ns}	0,083 ^{ns}	4,083 ^{ns}	0,788 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	73,463 ^{ns}	0,083 ^{ns}	4,083 ^{ns}	4,083 ^{ns}	1,348 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	91,029 ^{ns}	0,000 ^{ns}	2,083 ^{ns}	2,083 ^{ns}	0,293 ^{ns}
Resíduo	38	49,448	0,152	10,303	4,192	1,316
Média		39,845	1,133	11,850	10,867	10,531
CV (%)		17,65	34,37	27,09	18,84	10,90

** , * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 37 - Resumo da análise de variância da área foliar (ARF), massa fresca (MFF) e massa seca (MSF) da quarta folha completamente expandida a partir do ápice de planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 21 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios		
		ARF	MFFOL	MSFOL
Bloco	2	222,636	0,254	0,002
Dose	3	422,488*	0,461 ^{ns}	0,008*
Modo	4	179,904 ^{ns}	0,234 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Dose*Modo	12	216,013 ^{ns}	0,333 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	251,181 ^{ns}	0,415 ^{ns}	0,006*
Modo:Dose 115	4	416,501*	0,582*	0,006*
Modo:Dose 230	4	90,444 ^{ns}	0,184 ^{ns}	0,003 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	69,818 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	43,232 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	292,724 ^{ns}	0,549*	0,008*
Dose:Modo 3	3	92,823 ^{ns}	0,136 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	151,541 ^{ns}	0,255 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	706,221*	0,820**	0,011**
Resíduo	38	4867,963	0,181	0,002
Média		45,66	1,794	0,202
CV (%)		24,79	23,71	23,02

**, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 38 - Resumo da análise de variância da área foliar (ARF), massa fresca (MFF) e massa seca (MSF) da quarta folha completamente expandida a partir do ápice de planta de batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 35 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios		
		ARF	PFFOL	PSFOL
Bloco	2	6118,327	4,972	0,047
Dose	3	1249,367 ^{ns}	1,906 ^{ns}	0,037*
Modo	4	382,393 ^{ns}	0,629 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Dose*Modo	12	451,201 ^{ns}	1,049 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	161,927 ^{ns}	0,346 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	276,752 ^{ns}	0,554 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	198,584 ^{ns}	0,526 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	1098,733 ^{ns}	2,349*	0,024 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	272,412 ^{ns}	0,359 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	1470,138*	0,828 ^{ns}	0,010 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	895,459 ^{ns}	4,159**	0,058*
Dose:Modo 4	3	107,899 ^{ns}	0,106 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	308,263 ^{ns}	0,649 ^{ns}	0,013 ^{ns}
Resíduo	38	17731,382	0,816	0,010
Média		145,06	5,903	0,629
CV (%)		14,89	15,31	16,17

**, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} - F não significativo

Tabela 39 - Resumo da análise de variância da área foliar (ARF), massa fresca (MFF) e massa seca (MSF) da quarta folha completamente expandida a partir do ápice de planta batata, cv. 'Atlantic', em função das doses de N, aos 56 DAE.

FV	GL	Quadrados Médios		
		ARF	MFFOL	MSFOL
Bloco	2	1662,666	2,156	0,027
Dose	3	182,042 ^{ns}	1,047 ^{ns}	0,010 ^{ns}
Modo	4	853,446 ^{ns}	1,639 ^{ns}	0,043 ^{ns}
Dose*Modo	12	1740,895*	4,223 ^{ns}	0,055*
Modo:Dose 0	4	1777,249 ^{ns}	5,369 ^{ns}	0,045 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	2840,640*	5,206 ^{ns}	0,092*
Modo:Dose 230	4	104,171 ^{ns}	0,176 ^{ns}	0,011 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	1354,072 ^{ns}	3,555 ^{ns}	0,059 ^{ns}
Dose:Modo 1	3	1124,398 ^{ns}	2,811 ^{ns}	0,058 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	1225,857 ^{ns}	3,656 ^{ns}	0,019 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	1288,732 ^{ns}	2,117 ^{ns}	0,051 ^{ns}
Dose:Modo 4	3	2887,344*	7,725*	0,083*
Dose:Modo 5	3	619,293 ^{ns}	1,629 ^{ns}	0,017 ^{ns}
Resíduo	38	32460,729	2,235	0,026
Média		180,86	6,974	0,815
CV (%)		16,16	21,44	19,74

*, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo

Tabela 40 - Resumo da análise de variância da produção, número de tubérculos (NT), massa fresca total de tubérculos (MFT) e massa seca total de tubérculos (MST), em função das doses de N, de batata, cv. 'Atlantic'.

FV	GL	Quadrados Médios		
		NT	MFT	MST
Bloco	2	1,550	2242,950	24,253
Dose	3	3,661 ^{ns}	1712,639*	41,710*
Modo	4	4,792 ^{ns}	1057,308 ^{ns}	36,259*
Dose*Modo	12	1,481 ^{ns}	496,764 ^{ns}	16,767 ^{ns}
Modo:Dose 0	4	2,767 ^{ns}	47,733 ^{ns}	1,973 ^{ns}
Modo:Dose 115	4	3,933 ^{ns}	845,900 ^{ns}	10,356 ^{ns}
Modo:Dose 230	4	1,767 ^{ns}	388,567 ^{ns}	30,565 ^{ns}
Modo:Dose 460	4	0,767 ^{ns}	1265,400*	43,667*
Dose:Modo 1	3	1,889 ^{ns}	1372,222*	24,767 ^{ns}
Dose:Modo 2	3	2,750 ^{ns}	544,306 ^{ns}	3,694 ^{ns}
Dose:Modo 3	3	3,639 ^{ns}	1071,861 ^{ns}	54,969*
Dose:Modo 4	3	0,556 ^{ns}	626,306 ^{ns}	14,446 ^{ns}
Dose:Modo 5	3	0,750 ^{ns}	85,000 ^{ns}	10,903 ^{ns}
Resíduo	38	1,848	472,880	13,129
Média		4,750	155,350	24,930
CV (%)		28,62	14,00	14,53

*, * - F significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente; ns – F não significativo

Tabela 41 - Número de caules por planta (NH), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	1,33 a	1,33 a	1,67 a	1,00 a
2	1,00 a	1,00 a	1,33 a	1,67 a
3	1,00 a	1,67 a	1,00 a	1,67 a
4	1,00 a	1,33 a	1,00 a	1,00 a
5	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
CV(%)	35,85			
35 DAE				
1	1,33 a	1,33 a	1,33 a	1,00 a
2	1,00 a	1,00 a	1,33 a	1,67 a
3	1,00 a	1,67 a	1,00 a	1,67 a
4	1,00 a	1,33 a	1,00 a	1,00 a
5	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
CV(%)	36,53			
56 DAE				
1	1,00 a	1,33 a	1,67 a	1,00 a
2	1,00 a	1,00 a	1,33 a	1,33 a
3	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,67 a
4	1,00 a	1,33 a	1,00 a	1,00 a
5	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
CV(%)	34,37			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 42 - Número de folhas por planta (NF), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	12,00 a	11,67 a	12,67 a	09,33 a
2	11,00 a	10,33 a	11,33 a	14,67 a
3	10,67 a	14,00 a	11,00 a	14,00 a
4	10,33 a	12,67 a	09,67 a	09,33 a
5	11,00 a	09,33 a	11,67 a	10,00 a
CV(%)	24,10			
35 DAE				
1	17,33 a	17,33 a	17,33 a	14,33 a
2	15,33 a	14,33 a	18,00 a	21,00 a
3	15,33 a	20,00 a	13,00 a	19,33 a
4	14,67 a	18,33 a	13,67 a	14,00 a
5	14,00 a	15,00 a	14,67 a	14,00 a
CV(%)	26,69			
56 DAE				
1	11,33 a	14,00 a	13,67 a	11,00 a
2	11,33 a	10,00 a	13,00 a	15,67 a
3	11,00 a	11,00 a	11,00 a	10,67 a
4	11,33 a	13,00 a	10,33 a	12,33 a
5	11,67 a	10,67 a	11,33 a	12,67 a
CV(%)	27,09			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 43 - Diâmetro da haste principal (DCP), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	07,69 a	08,54 a	06,93 a	08,00 a
2	07,44 a	08,30 a	06,14 a	07,55 a
3	08,11 a	07,57 a	07,70 a	06,76 a
4	08,22 a	07,88 a	07,60 a	06,69 a
5	08,53 a	07,57 a	07,30 a	07,64 a
CV(%)	11,33			
35 DAE				
1	08,98 a	10,04 a	08,82 a	09,72 a
2	09,91 a	11,07 a	09,66 a	09,18 a
3	09,83 a	09,32 a	10,15 a	09,56 a
4	10,21 a	09,46 a	10,10 a	10,57 a
5	10,06 a	09,57 a	09,04 a	09,82 a
CV(%)	10,49			
56 DAE				
1	09,71 a	09,99 a	10,61 a	11,23 a
2	09,79 a	12,31 a	10,79 a	09,71 a
3	10,97 a	09,99 a	10,54 a	09,87 a
4	10,60 a	09,66 a	10,93 a	11,20 a
5	10,28 a	11,05 a	10,70 a	10,72 a
CV(%)	10,90			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 44 - Comprimento da haste principal (CHP), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	15,77 a	14,10 a	14,77 a	11,97 a
2	17,20 a	15,30 a	11,03 a	15,50 a
3	16,37 a	12,77 a	12,70 a	11,00 a
4	15,50 a	14,77 a	12,27 a	10,90 a
5	18,20 a	12,27 a	14,77 a	13,60 a
CV(%)	18,22			
35 DAE				
1	32,40 a	30,80 a	32,70 a	26,60 ab
2	37,33 a	36,93 a	30,40 a	33,47 a
3	33,70 a	31,67 a	30,33 a	22,60 b
4	35,43 a	31,83 a	31,33 a	31,87 ab
5	33,90 a	30,50 a	31,93 a	33,90 a
CV(%)	10,43			
56 DAE				
1	34,33 a	34,73 a	38,77 a	43,40 a
2	37,37 a	44,00 a	44,17 a	40,63 a
3	38,30 a	35,90 a	44,43 a	38,77 a
4	36,93 a	36,83 a	46,60 a	43,87 a
5	33,20 a	36,57 a	43,23 a	44,87 a
CV(%)	17,65			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 45 - SPAD, em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	45,9 a	46,8 a	42,7 a	46,4 a
2	49,2 a	47,5 a	44,2 a	47,2 a
3	48,3 a	43,4 a	49,0 a	47,2 a
4	45,4 a	48,0 a	46,2 a	46,1 a
5	49,0 a	47,5 a	46,9 a	50,4 a
CV(%)	5,74			
35 DAE				
1	46,0 a	48,9 a	49,3 a	53,7 a
2	46,6 a	47,2 a	47,3 a	45,8 a
3	45,8 a	47,5 a	48,6 a	51,9 a
4	41,9 a	46,6 a	43,9 a	47,9 a
5	46,6 a	45,8 a	48,3 a	48,3 a
CV(%)	6,41			
56 DAE				
1	41,9 a	44,6 a	42,4 a	44,5 a
2	42,6 a	40,9 a	43,4 a	42,7 a
3	42,0 a	44,3 a	44,3 a	42,2 a
4	41,8 a	39,4 a	43,6 a	44,1 a
5	42,8 a	41,6 a	42,7 a	44,9 a
CV(%)	7,28			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 46 - Índice de balanço de N (NBI), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modo	Dose (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	31,1 a	28,6 a	28,7 a	32,6 a
2	38,5 a	34,5 a	32,9 a	36,8 a
3	32,4 a	30,5 a	33,7 a	37,7 a
4	32,9 a	33,7 a	35,1 a	34,5 a
5	37,7 a	34,5 a	37,1 a	39,3 a
CV(%)	12,29			
35 DAE				
1	40,6 a	39,7 a	44,8 a	44,0 a
2	43,0 a	43,5 a	43,0 a	47,0 a
3	41,4 a	40,8 a	42,5 a	47,7 a
4	40,5 a	40,5 a	42,6 a	44,3 a
5	40,6 a	44,8 a	41,1 a	47,9 a
CV(%)	8,49			
56 DAE				
1	38,9 a	41,0 a	45,5 a	44,5 a
2	44,7 a	36,6 a	42,4 a	52,2 a
3	44,0 a	45,3 a	43,7 a	44,2 a
4	38,6 a	39,6 a	42,8 a	47,0 a
5	44,1 a	38,5 a	37,7 a	47,5 a
CV(%)	13,14			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 47 - Índice de clorofila (CHL), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	37,8 a	40,7 a	35,5 a	38,2 a
2	40,0 a	42,2 a	37,2 a	41,0 a
3	41,3 a	36,5 a	40,6 a	40,2 a
4	40,7 a	41,5 a	40,8 a	40,0 a
5	41,7 a	41,0 a	39,7 a	43,0 a
CV(%)	6,66			
35 DAE				
1	41,7 a	41,3 a	43,9 a	48,0 a
2	39,7 a	42,0 a	40,5 a	43,4 ab
3	41,7 a	42,0 a	43,7 a	47,2 ab
4	41,1 a	41,6 a	40,8 a	41,1 b
5	41,9 a	41,6 a	41,1 a	42,4 ab
CV(%)	5,19			
56 DAE				
1	33,2 a	36,2 a	34,4 a	35,6 a
2	33,4 a	32,7 a	33,8 a	37,4 a
3	33,5 a	36,1 a	36,8 a	34,6 a
4	33,5 a	34,1 a	35,2 a	37,4 a
5	34,8 a	33,8 a	33,7 a	36,6 a
CV(%)	6,38			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 48 - Índice de flavonóide (FLV), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	1.2 a	1.4 a	1.2 a	1.2 a
2	1.0 a	1.3 a	1.1 a	1.1 a
3	1.3 a	1.2 a	1.2 a	1.1 a
4	1.2 a	1.2 a	1.2 a	1.2 a
5	1.1 a	1.2 a	1.1 a	1.1 a
CV(%)	13.16			
35 DAE				
1	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.1 a
2	0.9 a	1.0 a	0.9 a	0.9 a
3	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a
4	1.0 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a
5	1.1 a	0.9 a	1.0 a	0.9 a
CV(%)	8.91			
56 DAE				
1	0.9 a	0.9 a	0.8 a	0.8 a
2	0.8 a	0.9 a	0.8 a	0.8 a
3	0.8 a	0.8 a	0.8 a	0.8 a
4	0.9 a	0.9 a	0.8 a	0.8 a
5	0.8 a	0.9 a	0.9 a	0.8 a
CV(%)	13.38			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 49 - Índice de nitrato obtido pelo método da fita (NIF), em função das doses de N para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	25 a	32 a	42 a	27 a
2	28 a	33 a	23 a	33 a
3	40 a	33 a	38 a	33 a
4	43 a	40 a	43 a	30 a
5	42 a	37 a	32 a	35 a
CV(%)	31,43			
35 DAE				
1	35 a	23 a	25 a	28 a
2	25 a	23 a	25 a	28 a
3	30 a	28 a	23 a	33 a
4	25 a	25 a	25 a	30 a
5	20 a	23 a	28 a	33 a
CV(%)	29,55			
56 DAE				
1	33 a	32 a	40 a	40 a
2	37 a	30 a	33 a	43 a
3	35 a	37 a	43 a	43 a
4	30 a	37 a	40 a	40 a
5	43 a	47 a	40 a	43 a
CV(%)	17,32			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 50 - Índice numérico (IN), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	4,67 a	4,67 a	4,00 a	4,33 a
2	4,33 a	5,00 a	4,00 a	4,67 a
3	5,00 a	4,00 a	5,00 a	5,00 a
4	5,00 a	5,00 a	4,67 a	5,00 a
5	5,00 a	4,67 a	5,00 a	5,00 a
CV(%)	8,71			
35 DAE				
1	5,00 a	5,00 a	5,00 a	5,00 a
2	4,67 a	4,67 a	4,67 a	5,00 a
3	5,00 a	5,00 a	5,00 a	5,00 a
4	5,00 a	5,00 a	4,67 a	5,00 a
5	5,00 a	5,00 a	5,00 a	5,00 a
CV(%)	5,34			
56 DAE				
1	4,33 a	4,00 a	4,67 a	4,67 a
2	4,00 a	3,67 a	4,67 a	4,67 a
3	4,33 a	4,00 a	4,33 a	4,33 a
4	4,33 a	4,00 a	4,33 a	5,00 a
5	3,67 a	4,33 a	4,00 a	4,33 a
CV(%)	12,67			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 51 - Comprimento de folha (CF), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	15,10 a	14,87 a	15,40 a	16,13 a
2	16,10 a	18,33 a	13,27 a	16,00 a
3	16,97 a	17,27 a	17,37 a	15,07 a
4	17,07 a	13,77 a	15,30 a	16,23 a
5	19,30 a	14,77 a	15,43 a	14,67 a
CV(%)	12,23			
35 DAE				
1	26,97 a	26,87 a	26,27 a	26,63 a
2	27,63 a	29,73 a	27,57 a	25,40 a
3	28,33 a	28,57 a	28,27 a	23,30 a
4	27,13 a	26,97 a	28,57 a	26,97 a
5	27,20 a	26,50 a	26,90 a	27,83 a
CV(%)	6,32			
56 DAE				
1	26,10 a	28,97 a	26,97 a	28,63 a
2	28,63 a	25,97 a	28,20 a	28,43 a
3	24,60 a	28,93 a	29,03 a	29,20 a
4	30,43 a	25,83 a	28,33 a	28,37 a
5	27,23 a	27,33 a	27,70 a	31,07 a
CV(%)	8,74			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 52 - Largura de folha (LF), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	7,13 a	6,63 a	6,80 a	6,97 a
2	8,40 a	7,93 a	6,67 a	7,67 a
3	7,77 a	7,87 a	7,73 a	7,43 a
4	7,47 a	6,47 a	6,87 a	7,73 a
5	8,30 a	6,97 a	7,20 a	6,20 a
CV(%)	12,93			
35 DAE				
1	14,83 a	13,50 a	14,57 a	12,70 a
2	14,63 a	14,70 a	14,43 a	14,37 a
3	14,47 a	14,43 a	14,03 a	11,73 a
4	14,23 a	14,13 a	13,97 a	15,70 a
5	15,57 a	14,60 a	14,10 a	13,80 a
CV(%)	8,99			
56 DAE				
1	15,97 a	17,60 a	16,63 a	15,70 a
2	17,10 a	15,43 a	16,50 a	16,50 a
3	16,20 a	16,90 a	15,87 a	15,40 a
4	17,90 a	14,23 a	16,57 a	15,80 a
5	16,07 a	16,67 a	16,77 a	17,27 a
CV(%)	8,07			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 53 - Número de folíolos (NFO), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	11,67 a	13,00 a	13,00 a	13,00 a
2	13,67 a	16,33 a	10,33 a	14,33 a
3	14,33 a	13,67 a	14,33 a	10,33 a
4	13,67 a	12,33 a	13,00 a	15,00 a
5	15,00 a	13,00 a	12,33 a	13,00 a
CV(%)	13,70			
35 DAE				
1	13,67 a	14,00 a	14,00 a	13,67 ab
2	13,00 a	14,33 a	14,33 a	13,33 ab
3	15,00 a	14,33 a	15,00 a	10,33 b
4	14,33 a	13,67 a	13,67 a	13,67 ab
5	14,33 a	13,67 a	13,00 a	14,33 a
CV(%)	9,33			
56 DAE				
1	11,00 a	12,33 a	12,33 a	13,00 a
2	12,33 a	11,00 a	13,00 a	13,00 a
3	11,00 a	12,33 a	13,67 a	11,67 a
4	13,00 a	06,67 a	11,67 a	13,00 a
5	09,67 a	12,67 a	12,33 a	13,67 a
CV(%)	16,58			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 54 - Diâmetro da base de pecíolo (DP), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	3,46 a	3,69 a	3,08 a	3,49 a
2	3,66 a	4,11 a	3,02 a	3,50 a
3	3,84 a	3,68 a	3,64 a	3,51 a
4	3,81 a	3,18 a	3,64 a	3,57 a
5	4,00 a	3,36 a	3,40 a	3,57 a
CV(%)	9,23			
35 DAE				
1	5,12 a	4,95 a	4,82 b	5,20 ab
2	4,87 a	5,26 a	4,97 ab	4,89 ab
3	5,18 a	5,13 a	5,64 a	4,44 b
4	4,97 a	5,03 a	5,00 ab	5,06 ab
5	5,21 a	4,97 a	4,82 b	5,24 a
CV(%)	4,94			
56 DAE				
1	4,67 a	5,27 a	5,07 a	5,13 a
2	4,84 a	4,46 a	5,24 a	5,44 a
3	4,73 a	4,98 a	5,18 a	4,95 a
4	5,81 a	4,61 a	5,05 a	5,21 a
5	4,98 a	4,87 a	4,95 a	5,49 a
CV(%)	11,47			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 55 - Teor de N (TN), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	78,50 a	76,00 a	75,56 a	77,95 a
2	75,81 a	75,69 a	74,15 a	75,85 a
3	77,18 a	73,67 a	75,67 a	76,41 a
4	76,67 a	73,65 a	76,26 a	74,56 a
5	74,29 a	77,01 a	77,69 a	76,08 a
CV(%)	3,85			
35 DAE				
1	59,52 a	64,95 a	68,50 a	72,78 a
2	61,10 a	61,97 a	66,66 a	68,99 a
3	62,24 a	65,45 a	65,46 a	69,42 a
4	62,72 a	62,93 a	61,70 a	66,78 a
5	60,89 a	65,64 a	70,14 a	66,32 a
CV(%)	4,90			
56 DAE				
1	40,24 a	45,07 a	49,29 a	55,60 a
2	43,07 a	44,42 a	51,21 a	60,41 a
3	44,64 a	42,39 a	46,23 a	54,15 a
4	43,10 a	43,81 a	47,95 a	54,34 a
5	36,67 a	48,50 a	42,31 a	48,05 a
CV(%)	11,19			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 56 – Massa matéria fresca da quarta folha (MFF), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	1,574 a	1,538 a	1,540 a	1,760 a
2	1,959 a	2,393 a	1,358 a	1,799 a
3	2,094 a	2,051 a	2,028 a	1,635 a
4	1,992 a	1,347 a	1,593 a	1,884 a
5	2,609 a	1,494 a	1,688 a	1,546 a
CV(%)	23,71			
35 DAE				
1	6,085 a	5,644 a	5,401 a	5,312 a
2	6,049 a	6,741 a	6,322 a	5,488 a
3	6,332 a	6,176 a	6,397 a	3,954 a
4	5,815 a	6,034 a	5,945 a	6,261 a
5	6,710 a	5,764 a	5,703 a	5,935 a
CV(%)	15,31			
56 DAE				
1	6,359 a	8,513 a	6,674 a	6,809 a
2	8,315 a	5,647 a	6,749 a	7,191 a
3	5,892 a	7,200 a	7,091 a	5,536 a
4	9,092 a	5,221 a	6,680 a	6,672 a
5	7,056 a	7,033 a	7,181 a	8,558 a
CV(%)	21,44			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 57 – Massa matéria seca da quarta folha (MSF), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	0,178 a	0,178 a	0,165 a	0,195 a
2	0,226 a	0,272 a	0,146 a	0,206 a
3	0,242 a	0,223 a	0,230 a	0,177 a
4	0,223 a	0,163 a	0,179 a	0,206 a
5	0,300 a	0,171 a	0,188 a	0,180 a
CV(%)	23,03			
35 DAE				
1	0,653 a	0,608 a	0,583 a	0,568 a
2	0,657 a	0,713 a	0,660 a	0,571 a
3	0,703 a	0,648 a	0,697 a	0,409 a
4	0,635 a	0,648 a	0,628 a	0,642 a
5	0,739 a	0,616 a	0,594 a	0,610 a
CV(%)	16,17			
56 DAE				
1	0,792 a	1,062 a	0,775 a	0,783 a
2	0,876 a	0,691 a	0,774 a	0,737 a
3	0,682 a	0,896 a	0,854 a	0,628 a
4	1,015 a	0,617 a	0,745 a	0,768 a
5	0,866 a	0,843 a	0,885 a	1,013 a
CV(%)	19,74			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 58 – Quantidade de N acumulada (QNA), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	13,98 a	13,53 a	12,43 a	15,20 a
2	17,27 a	20,66 a	10,86 a	15,60 a
3	18,66 a	16,54 a	17,42 a	13,54 a
4	17,12 a	11,99 a	13,54 a	15,35 a
5	22,37 a	13,18 a	14,58 a	13,66 a
CV(%)	23,89			
35 DAE				
1	38,83 a	39,46 a	40,10 a	41,24 a
2	40,15 a	44,21 a	44,12 a	39,15 a
3	43,80 a	42,39 a	45,61 a	28,46 a
4	39,75 a	40,45 a	38,87 a	42,84 a
5	44,89 a	40,54 a	41,85 a	40,26 a
CV(%)	17,20			
56 DAE				
1	31,12 a	47,41 a	37,77 a	43,52 a
2	37,94 a	30,88 a	39,65 a	44,34 a
3	30,20 a	37,85 a	38,68 a	33,50 a
4	43,62 a	26,47 a	34,76 a	41,71 a
5	31,74 a	40,90 a	37,59 a	48,13 a
CV(%)	18,35			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%

Tabela 59 – Área foliar (ARF), em função das doses de N, para cada modo de aplicação, aos 21, 35 e 56 DAE.

Modos	Doses (mg dm ⁻³)			
	0	115	230	460
21 DAE				
1	44,4889 a	35,6615 a	40,8137 a	42,6040 a
2	53,3529 a	58,4813 a	35,4681 a	48,0687 a
3	51,6776 a	55,2723 a	50,0113 a	42,0986 a
4	49,1826 a	34,3685 a	38,8094 a	47,7099 a
5	68,7225 a	36,4979 a	43,5825 a	36,3006 a
CV(%)	24,79			
35 DAE				
1	152,9648 a	134,3356 a	134,4126 a	133,0879 a
2	154,9356 a	158,7881 a	156,4320 a	112,5584 a
3	156,4156 a	146,1501 a	141,2300 a	115,7782 a
4	144,6001 a	154,5008 a	147,4815 a	157,5043 a
5	165,0892 a	143,3192 a	146,3351 a	145,2551 a
CV(%)	14,89			
56 DAE				
1	163,4582 a	210,6238 a	185,0515 a	182,8260 a
2	204,8358 a	155,9119 a	183,9040 a	186,8140 a
3	156,5082 a	190,7901 a	187,2036 a	150,3914 a
4	210,0225 a	134,1639 a	175,9797 a	173,2733 a
5	173,6471 a	190,7365 a	192,1806 a	208,8095 a
CV(%)	16,16			

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%