MARCELO CLEÓN DE CASTRO SILVA

CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA BATATA EM DUAS ÉPOCAS DE PLANTIO

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

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

T
S586c
2007

Silva, Marcelo Cleón de Castro, 1973-
Critérios para o manejo da adubação nitrogenada da batata em duas épocas de plantio / Marcelo Cleón de Castro Silva. – Viçosa, MG, 2007.
xxxi, 144f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndice.
Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Batata - Nutrição. 2. Batata - Efeito do nitrogênio. 3. Batata - Adubos e fertilizantes. 4. Produtividade agrícola. 5. Batata - Semeadura. 6. Batata - Anatomia. I. Universidade Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 22.ed. 635.21891

MARCELO CLEÓN DE CASTRO SILVA

CRITÉRIOS PARA O MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA BATATA EM DUAS ÉPOCAS DE PLANTIO

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

APROVADA: 22 de março de 2007.

Prof. Renildes Lúcio Ferreira Fontes
(Co-orientador)

Prof. Francisco Affonso Ferreira

Dr. Maurício Bernardes Coelho

Dr. Rogério Faria Vieira

Prof. Paulo Cezar Rezende Fontes
(Orientador)

O Senhor é o meu pastor e nada me faltará.
Ele me faz descansar em campinas verdejantes
e me leva a águas tranqüilas.
O eterno me dá novas forças
e me guia no caminho certo,
como ele mesmo prometeu.
Ainda que eu caminhe por um vale escuro
como a própria morte, não temerei.

Pois tu, o DEUS, está comigo.
Tu me proteges e me diriges.
Preparas um banquete para mim
onde meus inimigos me possam ver,
sou teu convidado de honra e
enches meu copo até a borda.
Sei que a tua bondade e o teu perdão
ficarão comigo enquanto eu viver.
E todos os dias de minha vida,
morarei na tua casa.

Salmo 23

Aos agricultores de todo Brasil.

Ofereço.

Aos meus pais (João de Deus e Maria Salete) e a minha irmã (Otaciana Maria), pela enorme confiança depositada na minha pessoa.

Como também à minha noiva Maria Velúcia, exemplo de paciência, confiança, fidelidade e amor.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado primeiramente a vida, saúde, coragem e persistência para encerrar este importantíssimo capítulo.

À UFV, pela oportunidade de seleção no Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Fitotecnia e pela boa hospitalidade.

À FAPEMIG, pelo financiamento, e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Paulo Fontes, excelente professor e pesquisador, agradeço de coração pelos ensinamentos, pelas sugestões, pela paciência, enfim, pela ótima orientação.

Aos professores Renildes Lúcio Ferreira Fontes, Renata Maria Strozi Alves Meira e Glauco Vieira Miranda, pela co-orientação e pelas sugestões.

Ao professor Francisco Affonso Ferreira e aos pesquisadores Maurício Bernardes Coelho e Rogério Faria Vieira, pela participação na banca examinadora e sugestões.

Aos professores Mário Puiatti, Tocio Sediyama, Antônio Alberto da Silva, Lino Roberto Ferreira, Carlos Sigueyuki Sediyama, Derly José Henriques da Silva e Paulo Roberto Cecon, pelo ensino e pela boa amizade.

Aos funcionários da horta nova de pesquisa da UFV, Paulo Márcio e demais funcionários de campo (Antônio Carlos “Cesário”, Gerci Carlos, Wanderley Lopes “Derley”, Expedito Bonifácio, Juvercino Agripino, José Lopes “Catitú”, José Júlio “Mundinho”, José Bhering, José Moacil, Antônio

Freitas “Antônio Rosa”, José Brás e José Antônio), como também ao motorista José Alcides “Zé Broca”, pela imprescindível ajuda na área experimental.

Aos funcionários da pós-graduação do Departamento de Fitotecnia, nas pessoas de Mara Rodrigues e Vicente Madaleno, pelos esclarecimentos e pela ajuda.

Aos laboratoristas dos Departamentos de Fitotecnia e Biologia Vegetal, Marcos Bibiano, Domingos Sávio, Itamar Duarte e Vânia Valente, pela grande ajuda e pelas dicas durante as análises laboratoriais.

Aos amigos da república potiguar, Franciscleudo Costa e Roberto Cleiton, pela sincera amizade, pela união e pelo respeito.

Aos amigos esamianos, Pahlevi Augusto, Adriano Simões, Fábio Vinícius, Diolino Henriques “Galo”, Jaeveson da Silva, Sidney Praxedes, Maria de Lurdes “Lurdinha”, Ancélio Ricardo, Romeu Andrade, Diana Freitas, Adriana Guimarães, Railene Érika, Georgiana Souza, Francisco Hevilásio, Gualter Guenter, Ermelinda Mota, Júlio Gomes, Maria Letúzia, Paloma Magui, João Júnior, Marcelo Cid e Francisco Sólon, pela ótima convivência e pelo apoio.

Aos amigos discentes da UFV, Manoel Mota, Leonardo D’Antonino, Evander Alves, José Barbosa, Rafael Gomes “Pará”, Andréa Davi, Eugênio Oliveira, Francisco Cláudio, Charles Araújo, Júlio Cezar, Marialva Alvarenga, Marinalva Pedrosa, Aldo Mauri, Hugo Correa, José Sampaio, André Medeiros, Crislene Viana, Juliana Lana, Ana Maria, Camila Rodrigues, Claudia Pontes, Samuel Martin, Camilo Busato, Heder Braun, Fernando Freitas, Hélio Barros, Marcelo Guimarães, Leandro Bacci, Edson Matiello, Lindemberg Sarmento, Mara Rosane, André Quirino, Nelson Licínio, Bruno Vieira, Márcia Vitória, Rodrigo Sobreira, Aroldo Ferreira, Alessandra Ferreira, Aline Rocha, Milton Pereira, Jacimar Luiz, Fabiano Caliman, Rodolfo Ribas, Aurélio Vaz, Leandro Vagno, Diogo Almeida, Diego Rocha, Dimas Mendes e a Regina Celi “Carla”, dentre inúmeros outros não menos importante, que foram companheiros e ajudaram-me nas tarefas das disciplinas, análises de laboratório e exame de qualificação da UFV, como também responsáveis por momentos felizes.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, de alguma forma, para que este trabalho fosse realizado.

BIOGRAFIA

MARCELO CLEÓN DE CASTRO SILVA, filho de João de Deus de Castro e Maria Salete da Silva Castro, nasceu aos 12 dias do mês de janeiro de 1973, em Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte.

Em 1987, concluiu os estudos de 1º Grau no Centro de Educação Integrada Professor Eliseu Viana, na cidade de Mossoró.

Em 1991, finalizou o 2º Grau no União Colégio e Curso, no mesmo município.

Ingressou no Curso de Agronomia da Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM, em 1992, onde foi bolsista de iniciação tecnológica industrial, pelo CNPq, de 10/97 a 09/98, graduou-se em julho de 1998, defendendo monografia intitulada: Partição de assimilados e crescimento de cultivares de amendoim sob fertilização nitrogenada.

Em 2000, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, na Área de Produção e pós-colheita de frutos e hortaliças tropicais, na ESAM, atualmente Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), defendendo a dissertação em 8 de fevereiro de 2002, intitulada: Crescimento produtividade e qualidade de frutos do meloeiro sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e cobertura do solo.

Durante o ano de 2002, lecionou na Universidade Potiguar (Campus de Mossoró), disciplinas de Fundamentos de Estatística e Fundamentos de Matemática, no Curso de Administração.

Iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia, na Área de Nutrição mineral e adubação de plantas, na Universidade Federal de Viçosa em Minas Gerais, defendendo tese em 22 de março de 2007, intitulada: Manejo da adubação nitrogenada da batata sob diferentes critérios, em duas épocas de plantio.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xxvii
ABSTRACT	xxx
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
Nível crítico SPAD para avaliação do estado de nitrogênio da batata em duas épocas de plantio	5
Resumo	5
Abstract	6
1. Introdução	7
2. Material e métodos	11
2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais	11
2.2. Tratamentos e delineamento experimental	11
2.3. Instalação e condução dos experimentos no campo	16
2.4. Características avaliadas	17
2.4.1. Índice SPAD na quarta folha durante o ciclo	17
2.4.2. Índice SPAD crítico na quarta folha aos 21 DAE	18
2.4.3. Índice SPAD na folha velha	18
2.4.4. Produção comercial e total de tubérculos	18
2.5. Análise estatística	18

Página

3. Resultados e discussão 19

3.1. Experimento 1, época seca..... 19

3.1.1. Índice SPAD na quarta folha durante o ciclo..... 19
3.1.2. Índice SPAD crítico na quarta folha aos 21 DAE 19
3.1.3. Índice SPAD na folha velha..... 21
3.1.4. Produção total e comercial de tubérculos 22

3.2. Experimento 2, época das águas..... 25

3.2.1. Índice SPAD na quarta folha durante o ciclo..... 25
3.2.2. Índice SPAD crítico na quarta folha aos 21 DAE 26
3.2.3. Produção total e comercial de tubérculos 27

4. Conclusões 29

4.1. Experimento 1, época seca..... 29
4.2. Experimento 1, época das águas..... 29

Referências bibliográficas 29

Produção e lucratividade de batata em função dos critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada em duas épocas de plantio..... 36

Resumo..... 36
Abstract..... 37
1. Introdução 38
2. Material e métodos..... 40

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais..... 40
2.2. Tratamentos e delineamento experimental 40

2.2.1. Experimento 2, época seca..... 40
2.2.2. Experimento 2, época das águas..... 46

2.3. Instalação e condução dos experimentos no campo 49
2.4. Características avaliadas 51

2.4.1. Número e produção de tubérculos comerciais, não-comerciais e totais 51
2.4.2. Análise econômica 51

2.5. Análise estatística 51

Página

3. Resultados e discussão 52

3.1. Experimento 2, época seca..... 52

3.1.1. Número de tubérculos comercial, não comercial e total... 52
3.1.2. Produção comercial, não comercial e total..... 53
3.1.3. Análise econômica 54

3.2. Experimento 2, época das águas..... 56

3.2.1. Número de tubérculos comercial, não comercial e total... 56
3.2.2. Produção comercial, não comercial e total..... 57
3.2.3. Análise econômica 59

3.3. Análise conjunta da produção comercial e total de tubérculos obtidas no experimento 2, nas épocas da seca e das águas 61
3.4. Análise econômica conjunta da produtividade comercial obtida no experimento 2, nas épocas da seca e das águas .. 62

4. Conclusões 63

4.1. Experimento 2, época seca..... 63
4.2. Experimento 2, época das águas..... 63
4.3. Análise conjunta dos dois experimentos 64

Referências Bibliográficas..... 64

Eficiência de utilização do nitrogênio pela batata em função dos critérios para a adubação nitrogenada em duas épocas de plantio..... 67

Resumo..... 67
Abstract..... 68
1. Introdução 69
2. Material e métodos..... 71

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais..... 71
2.2. Tratamentos e delineamento experimental 72
2.3. Instalação e condução dos experimentos no campo 72
2.4. Características avaliadas 72

2.4.1. Produção de matéria seca e quantidade de N recuperado.. 72
2.4.2. Eficiência do uso do N (EUSN) 73
2.4.3. Eficiência de utilização do N (EUTN) 73
2.4.4. Eficiência de absorção do N (EABN) 73
2.4.5. Eficiência agronômica do uso do N (EAGN) 73
2.4.6. Eficiência fisiológica do N (EFN) 74
2.4.7. Eficiência de recuperação relativa do N (ERN)..... 74

Página

2.4.8. Índice de colheita do N (ICN) 74
2.4.9. Entrada e saída do N (Balanço do N) 74
2.4.10. Nitrato residual do solo (NRsolo) 75

2.5. Análise estatística 75

3. Resultados e discussão 76

3.1. Experimento 2, época seca..... 76

3.1.1. Eficiências do uso, utilização e de absorção do N 76
3.1.2. Eficiências agronômica, fisiológica e de recuperação do N. 78
3.1.3. Índice de colheita do N, balanço do N e nitrato residual do solo..... 79

3.2. Experimento 2, época das águas..... 80

3.2.1. Eficiências do uso, utilização e de absorção do N 80
3.2.2. Eficiências agronômica, fisiológica e de recuperação do N. 82
3.2.3. índice de colheita do N, balanço do N e nitrato residual do solo..... 84

4. Conclusões 86

4.1. Experimento 2, época seca..... 86
4.2. Experimento 2, época das águas..... 86

Referências bibliográficas 86

Morfo-anatomia foliar da batata em função do manejo da adubação nitrogenada em duas épocas de plantio..... 90

Resumo..... 90
Abstract..... 91
1. Introdução 92
2. Material e métodos..... 93

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais..... 93
2.2. Tratamentos e delineamento experimental 93

2.2.1. Época seca 93
2.2.2. Época das águas 94

2.3. Instalação e condução dos experimentos no campo 94
2.4. Características morfo-anatômicas avaliadas..... 94

2.4.1 Características morfológicas..... 94

Página

2.4.1.1. Área, largura e comprimento da quarta folha e diâmetro do entrenó abaixo da quarta folha..... 95

2.4.2. Características anatômicas..... 95

2.4.2.1. Número de tricomas, índice estomático, largura e comprimento das células guardas, número de cristais, comprimento dos parênquimas paliçádico, lacunoso e total, índice de vascularização e o comprimento do colênquima da nervura central..... 95

2.5. Análise estatística..... 96

3. Resultados e discussão..... 97

3.1. Experimento 2, época seca..... 97

3.1.1. Área, largura e comprimento da quarta folha (AQF, LQF e CQF)..... 97
3.1.2. Número de tricomas do folíolo da quarta folha (NTQF).... 98

3.1.2.1. NTQF na face abaxial..... 98
3.1.2.2. NTQF na face adaxial..... 98

3.1.3. Índice estomático do folíolo da quarta folha (IEQF)..... 100

3.1.3.1. IEQF na face abaxial..... 100
3.1.3.2. IEQF na face adaxial..... 101

3.1.4. Largura da célula guarda do estômato do folíolo da quarta folha (LCGQF)..... 101

3.1.4.1. LCGQF na face abaxial..... 101
3.1.4.2. LCGQF na face adaxial..... 102

3.1.5. Comprimento da célula guarda do estômato do folíolo da quarta folha (CCGQF)..... 102
3.1.6. Número de cristais do folíolo da quarta folha (NCQF)..... 103
3.1.7. Comprimento das células dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (CPT) do folíolo da quarta folha..... 104
3.1.8. Índice de vascularização do folíolo da quarta folha (IVQF). 105
3.1.9. Comprimento do colênquima do folíolo da quarta folha (CCQF)..... 105

3.1.9.1. CCQF acima da nervura central..... 105
3.1.9.2. CCQF abaixo da nervura central..... 105

Página

3.1.10. Correlação linear simples entre características morfo-anatômicas com as produções e critérios de N 106

3.2. Experimento 2, época das águas 107

3.2.1. Área da quarta folha (AQF) 107
3.2.2. Diâmetro do entrenó abaixo da quarta folha (DQF) 108
3.2.3. Número de tricomas do folíolo da quarta folha (NTQF).... 109

3.2.3.1. NTQF na face abaxial 109
3.2.3.2. NTQF na face adaxial 109

3.2.4. Índice estomático do folíolo da quarta folha (IEQF) 110

3.2.4.1. IEQF na face abaxial 110
3.2.4.2. IEQF na face adaxial 111

3.2.5. Largura da célula guarda do estômato do folíolo da quarta folha (LCGQF) 112

3.2.5.1. LCGQF na face abaxial 112
3.2.5.2. LCGQF na face adaxial 113

3.2.6. Comprimento da célula guarda do estômato do folíolo da quarta folha (CCGQF) 113

3.2.6.1. CCGQF na face abaxial 113
3.2.6.2. CCGQF na face adaxial 113

3.2.7. Número de cristais do folíolo da quarta folha (NCQF) 114
3.2.8. Comprimento das células dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (CPT) do folíolo da quarta folha 114
3.2.9. Índice de vascularização do folíolo da quarta folha (IVQF) . 115
3.2.10. Comprimento do colênquima do folíolo da quarta folha (CCQF) 116

3.2.10.1. CCQF acima da nervura central 116
3.2.10.2. CCQF abaixo da nervura central 116

3.2.11. Correlação linear simples entre características morfo-anatômicas com as produções e critérios de N 117

4. Conclusões 118

4.1. Experimento 2, época seca e das águas 118

Referências bibliográficas 118

Página

3. RESUMO GERAL E CONCLUSÕES..... 122

3.1. Experimentos da época seca..... 123
3.2. Experimentos da época das águas..... 124

APÊNDICE GERAL..... 125

APÊNDICE A 126

LISTA DE TABELAS

Página

Primeiro artigo

1 Total semanal de precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, temperatura média e umidade relativa do ar durante os diversos estádios da cultura, no período do experimento 1, época seca 12

2 Total semanal de precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, temperatura média e umidade relativa do ar durante os diversos estádios da cultura, no período do experimento 1, época das águas..... 13

3 Características químicas e físicas do amostradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, da área experimental, antes da aplicação de fertilizantes. Experimento 1, época seca 14

4 Características químicas e físicas do solo amostradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, da área experimental, antes da aplicação de fertilizantes. Experimento 1, época das águas 15

5 Médias da lâmina líquida de água e número de irrigação aplicados durante os diversos estádios da cultura. Experimento 1, época seca 17

Página

6 Relação entre o valor do índice SPAD (Y) determinado semanalmente na quarta folha de batata, em função de doses de nitrogênio em pré-plantio (NP) e em cobertura (NC). Experimento 1, época seca..... 19

7 Relação entre o valor do índice SPAD (Y) determinado na quarta folha de batata em função de doses de nitrogênio em pré-plantio (NP) e em cobertura (NC). Experimento 1, época seca..... 22

8 Relação entre o valor do índice SPAD (Y) determinado semanalmente na quarta folha de batata, em função de doses de nitrogênio em pré-plantio (NP) e em cobertura (NC). Experimento 1, época das águas..... 25

Segundo artigo

1 Total semanal de precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, temperatura média e umidade relativa do ar durante os diversos estádios da cultura, no período do experimento 2, época seca 41

2 Total semanal de precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, temperatura média e umidade relativa do ar durante os diversos estádios da cultura, no período do experimento 2, época das águas..... 42

3 Características químicas e físicas do solo amostraas na camada de 0 a 20 cm de profundidade da área experimental, antes da aplicação dos fertilizantes. Experimento 2, época seca..... 43

4 Características químicas e físicas do solo amostradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade da área experimental, antes da aplicação dos fertilizantes. Experimento 2, da época das águas 44

5 Nível crítico SPAD adotado (NC), índice SPAD obtido e dose de N aplicada na batata, em função dos critérios SPAD1S, SPAD2S e SPAD3S, aos 21 dias após a emergência. Experimento 2, época seca 46

6 Dose de nitrogênio aplicada na cultura da batata, em pré-plantio e em cobertura em função dos critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada. Experimento 2, época seca..... 46

Página

7 Nível crítico SPAD adotado (NC), índice SPAD obtido e dose de N aplicada na batata, em função dos critérios SPAD1A, SPAD2A e SPAD3A, aos 21 dias após a emergência. Experimento 2, época das águas 48

8 Nitrato inicial na camada 0-20 cm do solo (Nsolo) e aos 21 dias após a emergência (DAE) (mg kg^{-1}), e doses de N aplicadas em pré-plantio e em cobertura na cultura da batata em função dos critérios Solo1A e Solo2A. Experimento 2, época das águas 48

9 Dose de nitrogênio aplicada em batata, em pré-plantio e em cobertura em função dos critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada. Experimento 2, época das águas. 48

10 Médias da lâmina líquida de água e número de irrigação aplicados durante os diversos estádios da cultura. Experimento 2, época seca 50

11 Número de tubérculos comercial, não comercial e total produzidos por planta, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca..... 53

12 Produção (g) por planta de tubérculos comercial, não comercial e total em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca .. 53

13 Análise econômica da produtividade comercial (PC) de tubérculos em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época seca 55

14 Número de tubérculos comercial, não comercial e total produzidos por planta, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas..... 56

15 Produção (g) por planta de tubérculos comercial, não comercial e total em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas..... 58

16 Análise econômica da produtividade comercial (PC) de tubérculos em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época das águas 60

Página

17 Análise conjunta da produção (g) por planta de tubérculos comercial e total de batata em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, épocas seca e das águas..... 62

18 Análise econômica conjunta da produtividade comercial (PC) de tubérculos em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, épocas seca e das águas 63

Terceiro artigo

1 Eficiências do uso do nitrogênio (EUSN), de utilização do nitrogênio (EUTN) e de absorção do nitrogênio (EABN) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca 77

2 Eficiências agronômica do nitrogênio (EAGN), fisiológica do nitrogênio (EFN) e de recuperação do nitrogênio (ERN) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca 78

3 Índice de colheita do nitrogênio (ICN), balanço do nitrogênio e conteúdo de nitrato residual no solo (NRsolo) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca 79

4 Eficiências do uso do nitrogênio (EUSN), de utilização do nitrogênio (EUTN) e de absorção do nitrogênio (EABN) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas 81

5 Eficiências agronômica do nitrogênio (EAGN), fisiológica do nitrogênio (EFN) e de recuperação do nitrogênio (ERN) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas 83

6 Índice de colheita do nitrogênio (ICN), balanço do nitrogênio e conteúdo de nitrato residual no solo (NRsolo), em função de critério de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas 85

Quarto artigo

1 Área, Largura e comprimento da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca..... 97

Página

2 Número de tricomas/milhão de μm^2 na face adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 99

3 Índice estomático (%) da face abaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 100

4 Largura da célula guarda do estômato da face abaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 102

5 Comprimento da célula guarda do estômato das faces abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca..... 102

6 Número de cristais/milhão de μm^2 no folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 103

7 Comprimento do colênquima acima e abaixo da nervura principal do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 106

8 Coeficiente de correlação linear simples entre a área, largura, comprimento, comprimento do parênquima paliçádico, comprimento do parênquima lacunoso, comprimento total do parênquima, índice estomático das faces abaxial e adaxial medidos na quarta folha de batata com a produção comercial e total de tubérculos e com critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época seca 107

9 Área (cm^2) da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 107

10 Número de tricomas/milhão de μm^2 da face abaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 109

Página

11 Índice estomático da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 110

12 Largura da célula guarda (µm) do estômato da face abaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 112

13 Comprimento da célula guarda (µm) do estômato da face adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 113

14 Número de cristais/milhão de μm^2 no folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas..... 114

15 Comprimento das células dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (CPT) do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 115

16 Comprimento do colênquima acima e abaixo da nervura principal do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 116

17 Coeficiente de correlação linear simples entre a área, diâmetro do entrenó logo abaixo da quarta folha, comprimento do parênquima paliçádico, comprimento do parênquima lacunoso, comprimento total do parênquima, índice estomático das faces abaxial e adaxial medidos na quarta folha da batata com a produção comercial e total de tubérculos e com critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época das águas 117

Apêndice A

1A Resumo da análise de variância (ANAVA) dos dados do índice SPAD na quarta folha aos 21 DAE, produção total e produção comercial de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca 126

Página

2A Médias dos valores observados do índice SPAD (unidade SPAD) na quarta folha aos 21 DAE, produção total e comercial (g/planta) de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca 127

3A Resumo da Análise de regressão da relação entre o valor do índice SPAD determinado semanalmente na quarta folha marcada (FM) de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca 128

4A Média dos valores observados do índice SPAD semanal (unidade SPAD), na quarta folha de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca 129

5A Média dos valores observados do índice SPAD da folha marcada (unidade SPAD), na quarta folha de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca 130

6A Resumo da análise de variância (ANAVA) dos dados do índice SPAD na quarta folha aos 21 DAE, produção total e produção comercial de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época das águas 130

7A Médias dos valores observados do índice SPAD (unidade SPAD) na quarta folha aos 21 DAE, produção total e produção comercial (g/planta) de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época das águas 131

8A Resumo da Análise de regressão do índice SPAD determinado semanalmente, na quarta folha de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época das águas 131

9A Média dos valores observados do índice SPAD (unidade SPAD) semanal, na quarta folha de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época das águas 132

10A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados de Número de tubérculos comercial, não comercial e total produzidos por planta, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca 133

Página

11A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados de Produção (g) por planta de tubérculos comercial, não comercial e total, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca 133

12A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados de Número de tubérculos comercial, não comercial e total produzidos por planta, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas 134

13A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados de Produção (g) por planta de tubérculos comercial, não comercial e total, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas 134

14A Resumo da análise de variância (ANAVA) da análise conjunta dos dados da Produção (g) por planta de tubérculos comercial e total, em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época seca e das águas 135

15A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados das Eficiências de uso do N (EUSN), de utilização do N (EUTN) e de absorção do N (EABN), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca 135

16A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados das Eficiências agronômica do N (EAGN), fisiológica do N (EFN) e de recuperação do N (ERN), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca 136

17A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados do Índice de colheita do N (ICN), Balanço do N e do Nitrato residual do solo (NRsolo), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca 136

18A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados das Eficiências do uso do N (EUSN), de utilização do N (EUTN) e de absorção do N (EABN), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas 137

Página

19A Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados das Eficiências agronômica do N (EAGN), fisiológica do N (EFN) e de recuperação do N (ERN), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas 137

20A Resumo análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados do Índice de colheita do N (ICN), Balanço do N e do Nitrato residual do solo (NRsolo), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas 138

21A Resumo da ANAVA dos dados da Área, largura e comprimento da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 138

22A Resumo da ANAVA dos dados do Número de tricomas/milhão de μm^2 na face abaxial e adaxial e do Número de cristais/milhão de μm^2 no folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 139

23A Resumo da ANAVA dos dados do Índice estomático (%) da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 139

24A Resumo da ANAVA dos dados da Largura da célula guarda (µm) do estômato da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 140

25A Resumo da ANAVA dos dados do comprimento da célula guarda (µm) do estômato das faces abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 140

26A Resumo da ANAVA dos dados do comprimento da célula dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (µm), do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 141

Página

27A Resumo da ANAVA dos dados do comprimento dos colênquimas abaixo, e acima da nervura principal (µm) e índice de vascularização do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca 141

28A Resumo da ANAVA dos dados da Área foliar e diâmetro do entrenó do caule logo abaixo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas..... 142

29A Resumo da ANAVA dos dados do Número de tricomas/milhão de μm^2 na face abaxial e adaxial e número de cirstais do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 142

30A Resumo da ANAVA dos dados do Índice estomático (%) da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas..... 143

31A Resumo da ANAVA dos dados da Largura da célula guarda (µm) do estômato da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas..... 143

32A Resumo da ANAVA dos dados do comprimento da célula guarda (µm) do estômato da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas..... 144

33A Resumo da ANAVA dos dados do comprimento da célula dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (CPT) (µm), do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas 144

34A Resumo da ANAVA dos dados do comprimento dos colênquimas abaixo, acima da nervura principal (µm) e índice de vascularização do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas. 144

LISTA DE FIGURAS

Página

Primeiro artigo

1 Estimativa do índice SPAD aos 21 DAE na quarta folha de batata em função de dose de N aplicada em pré-plantio. Experimento 1, época seca 20

2 Estimativa da produção total de tubérculos de batata em função de dose de N aplicada em pré-plantio, na dose 0 kg ha^{-1} de N em cobertura. Experimento 1, época seca. 23

3 Estimativa da produção comercial de tubérculos de batata em função de dose de N aplicada em pré-plantio, na dose 0 kg ha^{-1} de N em cobertura. Experimento 1, época seca..... 23

4 Estimativa do índice SPAD aos 21 DAE na quarta folha de batata em função da dose de N aplicada em pré-plantio. Experimento 1, época das águas 26

5 Estimativa da produção total de tubérculos de batata em função de dose de N aplicada em cobertura, na dose 50 kg ha^{-1} de N em pré-plantio. Experimento 1, época das águas..... 28

6 Estimativa da produção comercial de tubérculos de batata em função de dose de N aplicada em cobertura, na dose 50 kg ha^{-1} de N em pré-plantio. Experimento 1, época das águas..... 28

Página

Quarto artigo

1 Tricomas da face adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Coleta realizada aos 63 dias após a emergência. Critérios TestS (A), FertotS (B) e QuinaprS (C). Experimento 2, época seca 99

2 Estômato da face abaxial (A) e adaxial (B) da quarta folha da batata. Experimento 2, época seca 101

3 Células dos parênquimas paliçádico, lacunoso e total (µm) do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Critérios TestS (A), FertotS (B) e QuinaprS (C). Experimento 2, época seca 104

RESUMO

SILVA, Marcelo Cleón de Castro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2007. **Critérios para o manejo da adubação nitrogenada da batata em duas épocas de plantio**. Orientador: Paulo Cezar Rezende Fontes. Co-orientadores: Renildes Lúcio Ferreira Fontes, Renata Maria Strozi Alves Meira e Glauco Vieira Miranda.

Os objetivos da tese foram: a) estabelecer o nível crítico SPAD na folha; b) quantificar as doses de nitrogênio (N) em pré-plantio e em cobertura para obter a máxima produtividade comercial de tubérculos; c) determinar a produtividade, lucratividade, eficiência de utilização de N e características morfo-anatômicas da quarta folha da batata em relação a critérios de manejo de N. Foram realizados experimentos nas épocas das águas e das secas, com a cultivar Monalisa e o sulfato de amônio. Nos primeiros experimentos foram combinadas cinco doses de N em pré-plantio (0, 50, 100, 200 e 300 kg ha^{-1}) com quatro em cobertura (0, 100, 200 e 300 kg ha^{-1}) aplicadas aos 21 dias após a emergência. O delineamento foi em blocos completos casualizados, com parcela subdividida, com quatro repetições. Nos últimos experimentos foram avaliados critérios de manejo do N, parcialmente derivados dos experimentos anteriores. Os critérios foram: 1) Test: testemunha não adubada com N; 2) Fertot: dose ótima de N determinada em experimento do ano anterior; 3) Quinapr: recomendação do Estado de MG; 4) Prodvin: dose de N baseada na produtividade esperada, sendo 20%

aplicada em pré-plantio; 5) Prodcin: igual ao 4, porém com 50% em pré-plantio; 6) Prodoit: igual ao 4, porém com 80% em pré-plantio; 7) Prodcem: igual ao 4, porém com 100% em pré-plantio; 8) SPAD1: dose de N em pré-plantio baseada na recomendação de MG e em cobertura baseada em 100% do nível crítico SPAD na folha (NC); 9) SPAD2: igual ao 8, porém baseando-se em 90% do NC; 10) SPAD3: igual ao 8, porém baseando-se em 110% do NC; 11) Solo1: conteúdo de N no solo + dose de N para completar a quantidade de N que propiciou a ótima produção comercial no ano anterior e 12) Solo2: conteúdo de N no solo + dose recomendada em MG. Os dois últimos critérios foram testados somente na época das águas. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com seis repetições. Na época seca, a máxima produtividade comercial de tubérculos foi 39,72 Mg ha^{-1} com 185,8 kg ha^{-1} de N aplicados em pré-plantio e na época das águas foi 44,36 Mg ha^{-1} com 205,85 kg ha^{-1}, sendo 50 kg ha^{-1} em pré-plantio. Associado à dose de N que proporcionou a máxima produtividade comercial de tubérculos nas épocas da seca e das águas, os valores do nível crítico SPAD foram 42,1 e 35,2, respectivamente, determinados no folíolo terminal da quarta folha da batata, aos 21 dias após a emergência. A análise conjunta dos experimentos mostrou que épocas e critérios de manejo do N influenciaram a produtividade comercial da batata. A maior produtividade foi obtida na época seca e o maior lucro líquido foi alcançado com o critério número 6. Nas duas épocas, as eficiências de absorção e agronômica do N foram influenciadas pelos critérios de manejo. Características morfo-anatômicas do folíolo terminal da quarta folha, como área, número de cristais, índice estomático na face abaxial, comprimento da célula guarda do estômato na face adaxial e comprimento do colênquima acima da nervura principal foram alteradas por épocas de plantio e critérios de manejo de N na cultura da batata.

ABSTRACT

SILVA, Marcelo Cleón Castro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March of 2007. **Nitrogen fertilizer management criteria for potato in two planting seasons.** Adviser: Paulo Cezar Rezende Fontes. Co-advisers: Renildes Lúcio Ferreira Fontes, Renata Maria Strozi Alves Meira and Glauco Vieira Miranda.

The objectives of the thesis were: a) to establish the leaf SPAD critical level; b) to quantify pre-planting and sidedress nitrogen (N) rates to obtain the maximum commercial potato yield; c) to determine the productivity, profitability, N use efficiency and morfo-anatomical characteristics of the potato fourth leaf in relation to N fertilizer management criteria. Experiments were set in the rain and dry seasons with Monalisa cultivar and ammonium sulphate. In the first experiments were combined five pre-planting N rates (0, 50, 100, 200 and 300 kg ha^{-1}) and four sidedress N rates (0, 100, 200 and 300 kg ha^{-1}) applied 21 days after plant emergence. The experiments were installed in randomized complete block split-plot design with four repetitions. In the last experiments, N fertilizer management criteria, partially derived from the previous experiments, were evaluated. The criteria were: 1) Test: no N fertilizer; 2) Fertot: optimum N rate determined from previous year experiment; 3) Quinapr: MG State recommendation; 4) Prodvin: N rate based on the expected tuber yield, being 20% of the N rate at pre-planting; 5) Prodcin: equal to 4, but with 50% at pre-planting; 6) Prodoit: equal to 4, but

with 80% at pre-planting; 7) Prodcem: equal to 4, but with 100% at pre-planting; 8) SPAD1: pre-planting N rate based on MG recommendation and sidedress N based on 100% of leaf SPAD critical value (CV); 9) SPAD2: equal to 8, but with 90% of CV; 10) SPAD3: equal to 8, but with 110% of CV; 11) Soil1: soil N content + N fertilizer rate to complete the N amount that propitiated the optimum commercial tuber yield in the previous year experiment and 12) Soil2: soil N content + MG State recommendation. The last two criteria were only tested at the wet seasons. The experiments were installed in randomized complete block design with six repetitions. In the dry season, the maximum commercial potato tuber yield was 39.72 Mg ha^{-1} with 185.8 kg ha^{-1} of N at pre-planting and in the wet season it was 44.36 Mg ha^{-1} with 205.85 kg ha^{-1}, being 50 kg ha^{-1} at pre-planting and the remainder as sidedress. Associated to the N rates that provided the maximum commercial yields in dry and wet seasons, SPAD critical values were 42.1 and 35.2, respectively, determined at 21 days after plant emergence in the fourth leaf leaflet. The conjunct analysis of the experiments showed that planting seasons and N fertilizer management criteria influenced the potato commercial yield. The highest yield was obtained in the wet season and the highest net profit was attained with number 6 criterion. In the two seasons, the absorption and agronomic N efficiencies were influenced by the N fertilizer management criteria. Fourth leaf leaflet morfo-anatomical characteristics, as area, crystal numbers, estomatic index in the abaxial face, stomata guard cell length in the adaxial face and above the main rib chollenchyma length were altered by planting seasons and N fertilizer management criteria in potato crop.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é originária da América do Sul e, por volta de 1570, foi introduzida na Europa pelos colonizadores espanhóis, tornando-se alimento importante, principalmente na Inglaterra. A partir daí foi disseminada para as regiões tropicais e subtropicais do mundo (PEREIRA e DANIELS, 2003). Cultivada em centenas de países, em 2006, a produção mundial de batata foi 323 milhões de toneladas, em 19 milhões de hectares. No Brasil, no mesmo ano, foram plantados 141 mil hectares com a produção de 3,0 milhões de toneladas, alcançando a produtividade média de 21 Mg ha^{-1}. Em Minas Gerais foram cultivados, nesse mesmo ano, 37 mil hectares e produzidas 982 mil toneladas, o que equivale a cerca de um terço da produção nacional (AGRIANUAL, 2007).

No intuito de obter alta produtividade na cultura da batata, agricultores dos diferentes países aplicam nitrogênio (N), sem critério, fato que pode provocar excesso ou carência desse nutriente nas plantas. Como conseqüência, pode haver gasto desnecessário, decréscimos de produtividade e de qualidade dos tubérculos (BELANGER *et al*., 2002), além de poluição do ambiente (ILIN *et al*., 2000).

Devido à alta demanda da planta de batata por N e o relativo baixo custo do fertilizante nitrogenado em relação a outros insumos agrícolas, os agricultores tendem a exceder na dose, resultando em elevados teores de nitrato no perfil do solo, contaminando solos e águas, pois a recuperação do N pela cultura dificilmente excede 70% (SAINJU *et al*., 1999).

Desta forma, importância deve ser atribuída a utilização de critérios de adubação nitrogenada na cultura da batata, para manejar adequadamente o programa de fertilização, bem como monitorar o estado de nitrogênio das plantas. Para esse monitoramento pode ser usada a análise química da matéria seca de folhas quanto aos teores de N-orgânico e de N-NO_3^-. Tais procedimentos são onerosos, demorados e realizados por pessoas com algum grau de instrução (FONTES, 2001).

Alternativamente, têm sido propostas técnicas de avaliação do estado nutricional do nitrogênio possíveis de serem realizadas de maneiras rápidas, eficazes, com custo relativamente baixo e em tempo real têm sido propostas. As mais comuns são as análises da concentração de nitrato na seiva do pecíolo, utilizando-se de fita indicadora ou microeletrodo (RODRIGUES *et al.*, 2000; SILVA e FONTES, 2005) e da intensidade do verde das folhas por meio de aparelho portátil SPAD-502 denominado clorofilômetro (GIL, 2001; GIANQUINTO *et al*., 2003; SAMPAIO JÚNIOR *et al*., 2005). Além destas, hipotetiza-se que características morfo-anatômica ou fitotécnica da planta possam ser usadas como índice de N na planta (FONTES, 2001).

Entretanto, seja qual for o teste, não é sabido se o valor crítico dos índices é o mesmo para o plantio de batata realizado em diferentes épocas do ano. Além disso, tais técnicas têm sido pouco avaliadas como ferramenta auxiliar no manejo do nitrogênio na cultura da batata.

Os objetivos da tese estão listados abaixo.

a) Determinar o nível crítico SPAD no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida da batateira e as doses de N em pré-plantio e em cobertura associadas à produtividade máxima comercial de tubérculos.

b) Avaliar a produtividade, lucratividade da cultura e a eficiência de utilização do nitrogênio pela batata em função de critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada.

c) Descrever as características morfo-anatômicas do folíolo da quarta folha de batata submetida à aplicação de N com base nos diferentes critérios de aplicação de N.

Todos os objetivos foram buscados em plantios da seca e das águas com a cultivar Monalisa.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. 12. ed. FNP Consultoria & Agroinformativos, 2007. 516 p.

BELANGER, G.; WALSH, J. R.; RICHARDS, J. E.; MILBURN, P. H.; ZIADI, N. Nitrogen fertilization and irrigation affect tuber characteristics of two potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, New Brunswick, v. 79, p. 269-279, 2002.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122 p.

GIANQUINTO, G.; SAMBO, P.; BONA, S. The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the nitrogen supply in potato crop: A methodological Approach. **Acta Horticulturae**, Brugge, v. 607, 2003.

GIL, P. T. **Índices e eficiência de utilização de nitrogênio pela batata influenciados por doses de nitrogênio em pré-plantio e em cobertura**. 2001. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001.

ILIN, Z.; DJUROVKA, M.; MARKOVIC, V.; BRANKA LAZIC, Dj. Bosnajk. Effect of mineral nitrogen concentration in soil and irrigation on NO_3 content in potato tubers. **Acta Horticulturae**, Brugge, v. 533, p. 411-417, 2000.

PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, 2003. 567 p.

RODRIGUES, F. A.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; MARTINEZ, H. E. P. Crescimento e teor crítico de N-NO_3 na seiva da batateira cultivada em solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 766-7, 2000.

SAINJU, U. M.; SINGH, B. P.; RAHMAN, S.; REDDY, V. R. Soil nitrate-nitrogen under tomato following tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 28, n. 6, p. 1837-1844, 1999.

SAMPAIO JÚNIOR, J. D.; MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; LANI, E. R. G. Índice SPAD e produção de minitubérculos de batata propagada por plantas oriundas de cultivo “in vitro” influenciados por doses de nitrogênio e substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, 2005. (Suplemento CD).

SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R. Teores de nitrato na seiva da batateira determinados por microeletrodo portátil e fita colorimétrica em função de doses de nitrogênio em época seca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.2, 2005 – Suplemento CD.

Nível crítico SPAD para avaliação do estado de nitrogênio da batata em duas épocas de plantio

Resumo: Objetivou-se determinar o nível crítico SPAD no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida da batateira e as doses de N em pré-plantio e em cobertura associadas à produtividade máxima comercial de tubérculos. Foram realizados dois experimentos. O experimento 1 foi realizado no período seco, com irrigação suplementar, de maio a setembro de 2004. O experimento 2 foi realizado no período chuvoso, de novembro de 2004 a fevereiro de 2005. Os tratamentos consistiram das combinações de cinco doses de nitrogênio (N) em pré-plantio (0, 50, 100, 200 e 300 kg ha^{-1}) com quatro doses em cobertura (0, 100, 200 e 300 kg ha^{-1}). O sulfato de amônio foi a fonte. A aplicação de N em pré-plantio foi realizada no sulco de plantio e as doses em cobertura foram distribuídas nos dois lados das plantas, aos 21 dias após a emergência (DAE), realizando-se em seguida a amontoa. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos completos casualizados, em parcela subdividida, com quatro repetições. Nas parcelas aplicaram-se as doses de N em pré-plantio. A cultivar foi a Monalisa. As seguintes características foram o índice SPAD na quarta folha durante todo ciclo, índice SPAD crítico na quarta folha aos 21 DAE, índice SPAD na folha velha e a produção comercial e total de tubérculos. Os dados foram submetidos a análise de regressão. Na época seca, o nível crítico SPAD foi 42,1. As máximas produtividades total e comercial de tubérculos de batata foram 40,94 e 39,72 Mg ha^{-1} com 179,9 e 185,8 kg ha^{-1} de N aplicados em pré-plantio, respectivamente. Na época das águas, o nível crítico SPAD foi 35,2 e as máximas produtividades total e comercial de tubérculos de batata foram 45,35 e 44,36 Mg ha^{-1} com 50 kg ha^{-1} aplicado em pré-plantio mais 197,6 e 205,9 kg ha^{-1} de N em cobertura.

Termos para indexação: *Solanum tuberosum* L., batata, nitrogênio em cobertura, clorofilômetro.

Spad critical level for potato nitrogen status evaluation in two planting seasons

Abstract: It was aimed at to determine the SPAD critical level in the terminal leaflet of the fourth completely expanded potato plant leaf and N rates pre-planting and sidedress applied associated to the maximum potato yield. Two experiments were set. The first one was set in the dry season, with supplemental irrigation, from May to September 2004. The second one was set in the wet season, from November 2004 to February 2005. The treatments consisted of the combination of five pre-planting nitrogen (N) rates (0, 50, 100, 200 and 300 kg ha^{-1}) with four sidedress rates (0, 100, 200 and 300 kg ha^{-1}). The ammonium sulfate was the source. Pre-planting N application was in the planting furrow and the sidedress rates were distributed in the two sides of the plants, at 21 days after planting emergence (DAE), immediately before the plant hill up. The experiment was in randomized complete block split plot design with four repetitions. In the plots were applied the N rates at pre-planting. The cultivar was Monalisa. The following characteristics were evaluated: the SPAD index on the fourth leaf during the entire cycle, the SPAD critical index on the fourth leaf at 21 DAE, SPAD index on the old leaf and both the commercial and total potato tuber yield. The data were submitted to regression analysis. At the dry season, the SPAD critical level was 42.1. Maximum total and commercial potato yields were 40.94 and 39.72 Mg ha^{-1} with 179.9 and 185.8 kg ha^{-1} of N at pre-planting, respectively. At the wet season, the SPAD critical level was 35.2 and the total maximum and commercial potato yields were 45.35 and 44.36 Mg ha^{-1} with 50 kg ha^{-1} of N pre-planting applied plus 197.6 and 205.9 kg ha^{-1} of N at sidedressed, respectively.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., potato, sidedress nitrogen, chlorophyll meter.

1. Introdução

Diferentemente do que ocorre nos países europeus, no Brasil planta-se e colhe-se batata durante todo o ano. Para efeito de planejamento, no centro-sul do país, as safras de batata são classificadas em seca, águas e de inverno. O plantio da safra na seca é realizado de fevereiro a abril. Nesse período, a temperatura e o fotoperíodo vão reduzindo-se ao longo do ciclo da cultura. Primeiramente, ocorrem dia longo, luminosidade e temperatura diurna altas, acarretando rápidas emergência e crescimento vegetativo. Posteriormente, a temperatura decresce, favorecendo o desenvolvimento da parte vegetativa, e o fotoperíodo reduzido estimula a tuberização e o crescimento dos tubérculos, favorecidos também pela redução da temperatura noturna. A demanda de água pela cultura, às vezes, é complementada pela irrigação. A colheita ocorre em período seco com temperatura amena, favorecendo a pós-colheita dos tubérculos.

Na bataticultura, é necessária a preocupação com a não-poluição do meio ambiente, com excesso de fertilizante contendo nitrogênio (N). Manejo incorreto do N pode acarretar poluição ambiental pela lixiviação de excesso do nitrato, principalmente em região onde ocorre elevado índice pluviométrico (HECKMAN, 2002). Adicionalmente, há prejuízo ao agricultor pelo gasto com o adubo perdido. Em qualquer época de plantio, uma das maneiras de aumentar a produtividade da cultura é a utilização de fertilizante, principalmente o nitrogenado. Para a obtenção do máximo retorno econômico é importante aplicar o fertilizante nitrogenado em época e quantidade apropriadas.

O nitrogênio é móvel no solo, estando sujeito às perdas por lixiviação, volatilização, denitrificação, entre outros. Desta forma, é importante que o fornecimento do nutriente seja feito em período no qual não seja lixiviado, e a batata tenha condições de absorvê-lo rápida e eficientemente. A fertilização com N influencia o crescimento da planta, a produção e a qualidade dos tubérculos. Como a batata é exigente em N e o custo do fertilizante é relativamente baixo quando comparado a outros insumos, muitos produtores elevam-lhe a dose nessa cultura. Recomendações de dose de N variam de 70 a 330 kg ha^{-1} nos países da Europa e nos Estados Unidos onde a cultura apresenta ciclo em torno de 5

meses (KOLBE e BECKMANN, 1997) e de 165 a 215 kg ha^{-1} (ZEBARTH e MILBURN, 2003), no Canadá. Nos estados do centro-sul do Brasil, a dose de N recomendada varia de 60 a 250 kg ha^{-1} (FONTES, 1997). Entretanto, na cultura comercial da batata brasileira, não é difícil encontrar produtores utilizando até 400 kg ha^{-1} de N. Zebarth e Milburn (2003) aplicaram 180 kg ha^{-1} de N, no plantio, na forma de nitrato de amônio e obtiveram 45,45 Mg ha^{-1} com a cultivar Superior, em sistema de sequeiro, no Canadá.

A recomendação da dose do fertilizante nitrogenado com base na análise de solo antes do plantio é incerta. Também é incerta a eficiência do N aplicado em cobertura, parecendo ser aceitável a aplicação de parte da dose de N em pré-plantio e o restante em cobertura (PORTER e SISSON, 1991). Rodrigues *et al*. (2005) testaram, em época seca, oito doses de N em pré-plantio (0, 50, 100, 200 e 300 kg ha^{-1} de N), na forma de uréia e estercos aviário, bovino e dejetos sólidos, em dose equivalente a 100 kg ha^{-1} de N na forma orgânico, combinadas com 5 doses de N em cobertura (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha^{-1} de N na forma de uréia). Os autores concluíram que a menor produtividade de tubérculos (32,9 Mg ha^{-1}) foi obtida com o tratamento testemunha e que doses altas em pré-plantio (200 e 300 kg ha^{-1} de N) propiciaram os menores rendimentos quando combinadas com a adubação de cobertura. Durante os três anos de estudo foram grandes as diferenças das doses de N em cobertura, que variaram de 0 a 149 kg ha^{-1}.

Além da aplicação do adubo em pré-plantio e em cobertura, há estudos em que o N também é aplicado no momento da emergência da planta. Errebhi *et al*. (1998), em batata irrigada, avaliaram o parcelamento de N aplicado no plantio, na emergência e em cobertura. A dose aplicada foi 270 kg ha^{-1} de N. Concluíram que pequena quantidade de N aplicada em pré-plantio resultou em menor quantidade de nitrato lixiviado, maior recuperação de N pela cultura e aumento na produção de tubérculos comerciais; no estudo ocorreu variação na recuperação do N de 25 a 40%.

Melhoria no manejo da fertilização nitrogenada pode ser obtida pelo monitoramento e avaliação do estado nutricional de N das plantas, com a análise do teor de N na matéria seca, com a determinação do teor de clorofila, mas ambas apresentam limitações, como custo alto e utilização excessiva do tempo em laboratório.

Estudos têm mostrado que o teor de N na folha correlaciona-se positivamente com a taxa fotossintética da planta, sendo a clorofila envolvida diretamente no processo de fotossíntese (MAKINO *et al*., 1994; VOUILLOT *et al.*, 1998). Deste modo, o teor de clorofila, no final da fase vegetativa, tem sido relacionado com o estado nutricional nitrogenado de algumas hortaliças como batata (VOS e BOM, 1993; MINOTTI *et al*., 1994; GIL, 2001), tomate (GUIMARÃES *et al*., 1996) e alface (FONTES *et al*., 1997).

O teor de clorofila ou verde da folha apresenta alta correlação com o teor de N na folha. Com aparelho portátil simples, denominado SPAD ou clorofilômetro, na faixa de comprimento de onda 645 a 663 nm verifica-se a atividade da clorofila (YADAVA, 1986). O aparelho fornece um número ou índice ou valor SPAD que é proporcional à quantidade de clorofila presente na folha (MINOLTA CÂMERA CO., 1989). Diversos estudos com o medidor SPAD, em diferentes espécies, têm demonstrado ser o aparelho útil para manejar a aplicação de N. Dentre as culturas estudadas podem ser citadas arroz (CARRERES *et al*., 2000), café (REIS *et al*., 2006), trigo (DENUIT *et al*., 2002; GIUNTA *et al*., 2002; LOPEZ-BELLIDO *et al*., 2003; MARTINEZ e GUIAMET, 2004; CARTELAT *et al*., 2005), cevada (GIUNTA *et al*., 2002), milho (ARGENTA *et al*., 2001; ARGENTA *et al*., 2002), beterraba (CAMPAGNA *et al*., 2000; SEXTON e CARROLL, 2002), pimentão (GODOY *et al*., 2003; MADEIRA *et al*., 2003), tomate (SANDOVAL-VILLA *et al*., 2000; FONTES e RONCHI, 2002; SANDOVAL-VILLA *et al*., 2002) e batata (DENUIT *et al*., 2002; GIANQUINTO *et al*., 2003).

O índice SPAD pode ser indicativo da necessidade da aplicação do N, desde que se conheça o nível crítico abaixo do qual a planta estaria deficiente nesse elemento e sejam considerados outros fatores que podem afetar o índice SPAD, como as condições edafoclimáticas, a cultivar, variações anuais e locais (BULLOCK e ANDERSON, 1999).

A medição do teor de clorofila pelo SPAD parece ser pouco influenciada pelo consumo de luxo de N pela cultura, devido a planta produzir somente a clorofila que necessita, indiferentemente do N encontrado na planta. A baixa sensibilidade do medidor de clorofila ao consumo de luxo de N é, possivelmente, devido à forma com que o excesso de N se encontra na folha. Quando absorvido em excesso, o N acumula-se

sob a forma de nitrato, não se associando à molécula de clorofila e, por isso, não é detectado pelo medidor SPAD (WOOD *et al*., 1992; BLACKMER e SCHEPERS, 1995).

Na cultura da batata, Gil *et al*. (2002) ao testarem doses de N aplicadas em pré-plantio (0, 25, 50, 100 e 200 kg ha^{-1}) combinadas com doses de N em cobertura (0, 90, 180 e 360 kg ha^{-1}), no período da seca, encontraram que o índice SPAD e o teor de N na matéria seca da 4ª folha, medidos no momento da amontoa, imediatamente antes da adubação de cobertura, aumentaram de forma quadrática em função das doses de N em pré-plantio, atingindo 44,9 unidades SPAD e 6,21 dag kg^{-1}, respectivamente. Houve correlação linear positiva entre os valores do SPAD e a produção de tubérculos, indicando que o índice SPAD pode ser usado no prognóstico da produtividade da cultura.

Na Itália, em plantios irrigados, na época seca, Gianquinto *et al*. (2003) utilizaram seis doses de N (0, 50, 100, 200, 300 e 400 kg ha^{-1}) na cultura de batata, em três tipos de solo (arenoso, siltoso e argiloso) e encontraram o valor crítico de 45,5 unidades SPAD, aos 44 dias após emergência (DAE). A partir dessa data, em todos os solos, o valor SPAD na folha de batata declinou.

No centro-sul do Brasil, o plantio na época das águas é realizado de setembro a novembro, normalmente em regiões altas. A irrigação quase sempre é dispensável, ou não utilizada, porém, o excesso de chuvas pode lixiviar e arrastar superficialmente o adubo nitrogenado. Nessa época ocorrem aumentos da temperatura, do fotoperíodo e da precipitação pluviométrica, condições desfavoráveis à cultura.

Na época das águas, o teor de nitrogênio no solo pode decrescer pela ação da água da chuva (OLIVEIRA *et al*., 2001; VIEIRA e CARDOSO 2003; ARAÚJO, 2004a; DYNIA *et al*., 2006). Esse fato precisa ser considerado no manejo do fertilizante nitrogenado. Talvez a quantidade de N requerida pela cultura, em diferentes épocas, não seja alterada, o que ocorre é o aumento na lixiviação e o escorrimento superficial do fertilizante, conseqüentemente poderá ocorrer menor eficiência do uso do nitrogênio pela cultura.

Objetivou-se determinar o nível crítico SPAD no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida da batateira e as doses de N em pré-plantio e em cobertura associadas à produtividade máxima comercial de tubérculos.

2. Material e métodos

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais

Foram realizados dois experimentos. O experimento 1 foi realizado no período seco, com irrigação suplementar, de 14 de maio a 03 de setembro de 2004. O experimento 2 foi realizado no período chuvoso, de 01 de novembro de 2004 a 06 de fevereiro de 2005. Ambos foram instalados na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa. A classificação climática do local, segundo Koeppen (1948), é do tipo “Cwa”, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Na estação meteorológica da UFV, instalada a aproximadamente 3 km da área experimental, os dados climáticos apresentados nas Tabelas 1 e 2, foram coletados diariamente durante o período experimental.

O solo da área experimental é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico (EMBRAPA, 1999). Foram coletadas 20 amostras de solo, na área experimental, nas profundidades de 0 a 20 cm. Essas amostras foram misturadas, secas ao ar, destorroadas, peneiradas em malha de 2 mm e levadas para laboratório para a realização das análises químicas e físicas (Tabelas 3 e 4).

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram das combinações de cinco doses de nitrogênio (N) em pré-plantio (0, 50, 100, 200 e 300 kg ha^{-1} de N) com quatro doses em cobertura (0, 100, 200 e 300 kg ha^{-1} de N). O sulfato de amônio foi a fonte de N (20% de N). A aplicação das doses de N em pré-plantio foi realizada no sulco de plantio e as doses em cobertura foram distribuídas

Tabela 1 – Total semanal de precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, temperatura média e umidade relativa do ar durante os diversos estádios da cultura, no período do experimento 1, época seca

Estádio	Semana	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Insolação (h)	Temperatura (ºC)	Umidade (%)
Emergência	1ª (14-20/05)	23,8	9,1	15,4	130,2	635,6
	2ª (21-27/05)	0,7	10,5	25,2	118,3	588,7
Vegetativo	3ª (28/05-03/06)	40,6	5,6	13,3	116,2	649,6
	4ª (04-10/06)	7,7	7,7	46,2	102,9	606,2
Tuberização	5ª (11-17/06)	1,4	7,7	25,9	109,2	611,8
	6ª (18-24/06)	0,7	13,3	47,6	109,9	579,1
	7ª (25/06-02/07)	2,8	9,8	30,8	119,0	615,3
	8ª (03-09/07)	0,0	11,2	33,6	119,7	609,7
	9ª (10-16/07)	16,1	11,2	32,9	119,0	625,1
	10ª (17-23/07)	16,8	10,5	28,00	100,8	603,4
	11ª (24-30/07)	0,0	19,6	60,2	95,2	564,9
	12ª (31/07-06/08)	0,0	14,7	52,5	110,6	579,6
Senescência	13ª (07-13/08)	0,0	18,2	55,3	100,1	558,6
	14ª (14-20/08)	0,0	13,3	47,6	112,0	580,3
	15ª (21-27/08)	0,0	19,6	53,2	134,4	558,6
	16ª (28/08-03/09)	0,0	28,0	56	136,5	523,6
Total no ciclo		110,6	212,8	616	1.836,8	9.508,8
Média diária		1,0	1,9	5,5	16,4	84,9

Tabela 2 – Total semanal de precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, temperatura média e umidade relativa do ar durante os diversos estádios da cultura, no período do experimento 1, época das águas

Estádio	Semana	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Insolação (h)	Temperatura (ºC)	Umidade (%)
Emergência	1ª (01-07/11)	74,2	13,3	11,9	146,3	605,5
	2ª (08-14/11)	4,9	23,1	53,2	150,5	532,7
Vegetativo	3ª (15-21/11)	36,4	9,8	14	143,5	616
	4ª (22-28/11)	86,1	14	25,9	154	616
Tuberização	5ª (29/11-05/12)	37,1	18,2	40,6	158,2	569,1
	6ª (06-12/12)	134,4	7	16,1	149,8	651
	7ª (13-19/12)	17,5	19,6	46,9	160,3	570,5
	8ª (20-26/12)	32,9	18,9	37,1	157,5	564,2
	9ª (27/12-02/01)	56,7	14,7	31,5	159,6	608,3
	10ª (03-09/01)	90,3	11,9	27,3	163,1	616
	11ª (10-16/01)	16,1	14	20,3	155,4	603,4
Senescência	12ª (17-23/01)	2,8	16,8	29,4	155,4	588
	13ª (24-30/01)	47,6	19,6	60,2	144,9	574
	14ª (31/01-06/02)	70,7	12,6	39,2	158,2	592,9
Total no ciclo		707,7	215,6	450,8	2.156	8.310,4
Média diária		7,2	2,2	4,6	22,0	84,8

Tabela 3 – Características químicas e físicas do amostradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, da área experimental, antes da aplicação de fertilizantes. Experimento 1, época seca

Característica	Valor
pH em água – 1:2,5	5,87
$N\text{-}NO_3^-$ (mg kg^{-1})[1]	1,50
Matéria orgânica (dag kg^{-1})[2]	4,52
P disponível (mg dm^{-3})[3]	123
K disponível (mg dm^{-3})[3]	153
Ca trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	6,57
Mg trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	0,83
Al trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	0,00
(H + Al) Acidez potencial ($cmol_c$ dm^{-3})[5]	5,30
Soma de bases trocáveis ($cmol_c$ dm^{-3})	7,79
CTC efetiva ($cmol_c dm^{-3}$)	7,79
CTC a pH = 7,0 ($cmol_c$ dm^{-3})	13,09
Saturação por bases (%)	59,50
Areia (%)	28,00
Argila (%)[6]	61,00
Silte (%)	11,00
Classificação textural	Muito argilosa
Equivalente da umidade (%)	34,00
Densidade aparente (g cm^{-3})[7]	1,14

[1] Extrator KCl 1 mol L^{-1} (YANG *et al.*, 1998).
[2] Matéria orgânica = carbono orgânico x 1,724 (WALKLEY e BLACK, 1934).
[3] Extrator Mehlich 1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[4] Extrator KCl 1 mol L^{-1} (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[5] Extrator $Ca(OAc)^2$ 0,5 mol L^{-1}, pH 7,0 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[6] Método da pipeta, dispersão NaOH 1 mol L^{-1} (EMBRAPA, 1999)
[7] Método da proveta.

Tabela 4 – Características químicas e físicas do solo amostradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade, da área experimental, antes da aplicação de fertilizantes. Experimento 1, época das águas

Característica	Valor
pH em água – 1:2,5	6,03
$N\text{-}NO_3^-$ (mg kg^{-1})[1]	2,00
Matéria orgânica (dag kg^{-1})[2]	3,52
P disponível (mg dm^{-3})[3]	54
K disponível (mg dm^{-3})[3]	149
Ca trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	6,27
Mg trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	0,71
Al trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	0,00
(H + Al) Acidez potencial ($cmol_c$ dm^{-3})[5]	3,50
Soma de bases trocáveis ($cmol_c$ dm^{-3})	7,36
CTC efetiva ($cmol_c$ dm^{-3})	7,36
CTC a pH = 7,0 ($cmol_c$ dm^{-3})	10,86
Saturação por bases (%)	67,80
Areia (%)	28,00
Argila (%)[6]	61,00
Silte (%)	11,00
Classificação textural	Muito argilosa
Equivalente da umidade (%)	34,00
Densidade aparente (g cm^{-3})[7]	1,14

[1] Extrator KCl 1 mol L^{-1} (YANG *et al.*, 1998).
[2] Matéria orgânica = carbono orgânico x 1,724 (WALKLEY e BLACK, 1934).
[3] Extrator Mehlich 1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[4] Extrator KCl 1 mol L^{-1} (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[5] Extrator $Ca(OAc)^2$ 0,5 mol L^{-1}, pH 7,0 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997) .
[6] Método da pipeta, dispersão NaOH 1 mol L^{-1} (EMBRAPA, 1999).
[7] Método da proveta.

nos dois lados das plantas, ao longo da fileira, aos 21 dias após a emergência, realizando-se em seguida a amontoa. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos completamente casualizados, em parcela subdividida, com quatro repetições. Nas parcelas aplicaram-se as doses de N em pré-plantio.

A subparcela mediu 4,5 m x 2,0 m, sendo composta de 6 fileiras de plantas, espaçadas de 0,75 m entre fileiras e 0,25 m entre plantas, constando de 48 plantas por subparcela. As 2 fileiras esternas e, as duas plantas das extremidades das fileiras atuaram como bordaduras.

2.3. Instalação e condução dos experimentos no campo

Os solos foram preparados com arado de aiveca e duas passagens de grade niveladora. A adubação consistiu da aplicação, no sulco, de 1.000 e 2.000 kg ha^{-1} de superfosfato simples, nas épocas seca e das águas, respectivamente. Os demais fertilizantes foram aplicados em quantidades iguais, em ambas as épocas, sendo 500 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, 200 kg ha^{-1} de sulfato de magnésio, 10 kg ha^{-1} de bórax, 10 kg ha^{-1} de sulfato de zinco, 10 kg ha^{-1} de sulfato de cobre e 250 g ha^{-1} de molibdato de sódio.

As batatas-sementes, de tamanho uniforme, peso médio de 75 g, foram plantadas previamente brotadas. A cultura foi conduzida segundo as recomendações de manejo preconizadas (FONTES, 2005). A cultivar foi a Monalisa, de origem holandesa, descrita como tendo plantas altas, com três a quatro hastes por planta, ciclo médio a precoce, tubérculos alongados, gemas rasas, e película amarelo-claro, lisa e brilhante. Apresenta alto potencial produtivo e alta percentagem de tubérculos graúdos, tendo potencial para fritura e purê (EPAGRI, 2002).

A irrigação foi realizada apenas na seca (experimento 1), utilizando-se o sistema de aspersão, constituída por aspersor rotativo, tubulações de PVC, acessórios (curvas, braçadeiras, registro, tripés e manômetro) e conjunto moto-bomba. A lâmina de irrigação foi estabelecida a partir da estimativa da evapotranspiração de referência e do coeficiente de cultura (Kc). A estimativa de evapotranspiração de referência foi realizada pelo método de Penman-Monteith, proposto pela FAO (ALLEN, 1993). O solo foi mantido com umidade próxima a capacidade de campo (Tabela 5).

Tabela 5 – Médias da lâmina líquida de água e número de irrigação aplicados durante os diversos estádios da cultura. Experimento 1, época seca

Estádio	Semana	Lâmina líquida (mm semana^{-1})	Número de irrigação (semana)
Emergência	1	11,70	2
	2	10,30	2
Vegetativo	3	13,80	2
	4	13,00	2
Tuberização	5	18,70	1
	6	18,80	1
	7	19,30	1
	8	19,50	1
	9	19,30	1
	10	18,50	1
	11	18,20	1
	12	13,80	1
Senescência	13	13,60	1
	14	13,90	1
	15	0,00	0
	16	0,00	0
		Total = 222,30	

2.4. Características avaliadas

2.4.1. Índice SPAD na quarta folha durante o ciclo

Aos 7 e 14 dias após a emergência (DAE), imediatamente antes da aplicação do N em cobertura, e aos 28, 35, 42, 49 e 56 DAE foi determinado o índice SPAD com o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (*Soil-Plant Analysis Development-502*). A medição foi feita no folíolo terminal da quarta folha completamente expandida, em quatro plantas de cada subparcela, entre 7 e 9 horas da manhã.

2.4.2. Índice SPAD crítico na quarta folha aos 21 DAE

O índice SPAD crítico ou nível crítico SPAD foi calculado com as medições obtidas aos 21 DAE utilizando-se a dose de N que proporcionou a maior produção comercial de tubérculos (Figura 3) aplicado na equação estimada da relação índice SPAD e doses de N (Figura 1).

2.4.3. Índice SPAD na folha velha

Determinou-se o índice SPAD no folíolo terminal da folha mais velha (folha fixa ou marcada) aos 42, 49 e 56 DAE. Foram utilizados os mesmos procedimentos mencionados em 2.2.4.1. Esta característica foi medida apenas na época seca (experimento 1).

2.4.4. Produção comercial e total de tubérculos

Uma semana após o total secamento da parte aérea, que ocorreu aos 77 e 70 DAE, para a época seca e das águas, respectivamente, quatro plantas competitivas foram colhidas, determinando-se a produção de tubérculos comercial, não comercial (com problemas de pragas, doenças, embonecamento, esverdeamento, dano mecânico, rachadura, etc.) e total (comercial e não comercial). Os tubérculos foram classificados de acordo com as normas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MARA, 1995).

2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de regressão, sendo utilizados os seguintes critérios estatísticos para escolha do modelo estimado: (1) biologia do fenômeno; (2) significância do quadrado médio da regressão; (3) não-significância da falta de ajustamento; (4) valor do coeficiente de determinação; e (5) significância dos parâmetros. As análises de regressão das produções de tubérculos foram feitas para cada nível do fator, ou seja, por quebra de nível. Utilizaram-se os programas *System Analysis Statistics* (SAS) (SAS, 1990) e Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG) (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3. Resultados e Discussão

3.1. Experimento 1, época seca

3.1.1. Índice SPAD na quarta folha durante o ciclo

Para o índice SPAD medido na quarta folha (QF), isto é, na folha jovem, ao longo do ciclo, dos 7 DAE aos 42 DAE ocorreu diferença significativa quando se aplicou N em pré-plantio, ocorrendo aumento linear do índice, o que sugere resposta à aplicação de nitrogênio em pré-plantio. Somente a partir dos 49 DAE foi verificado o efeito do N aplicado em cobertura aos 21 DAE, sendo observado aumento linear (Tabela 6).

Tabela 6 – Relação entre o valor do índice SPAD (Y) determinado semanalmente na quarta folha de batata, em função de doses de nitrogênio em pré-plantio (NP) e em cobertura (NC). Experimento 1, época seca

Característica	Equação ajustada	R^2
SPAD 07 DAE	$Y = + 38{,}1102 + 0{,}0009^{ns}NC + 0{,}0233^{**}NP$	0,70
SPAD 14 DAE	$Y = + 36{,}5583 + 0{,}0005^{ns}NC + 0{,}0263^{**}NP$	0,71
SPAD 28 DAE	$Y = + 31{,}2745 + 0{,}0017^{ns}NC + 0{,}0373^{**}NP$	0,90
SPAD 35 DAE	$Y = + 33{,}5470 + 0{,}0028^{ns}NC + 0{,}0300^{**}NP$	0,85
SPAD 42 DAE	$Y = + 32{,}8226 + 0{,}0032^{ns}NC + 0{,}0195^{**}NP$	0,76
SPAD 49 DAE	$Y = + 31{,}1775 + 0{,}0059^{*}NC + 0{,}0165^{**}NP$	0,75
SPAD 56 DAE	$Y = + 27{,}9388 + 0{,}0062^{*}NC + 0{,}0207^{**}NP$	0,73

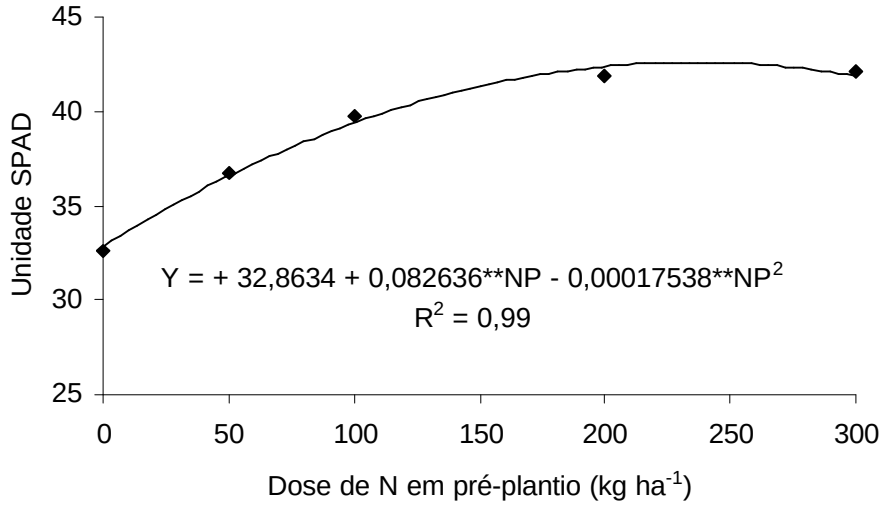
* e ** Significativo estatisticamente pelo teste t ($P<0{,}05$ e $P<0{,}01$, respectivamente). ns: Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Provavelmente, o nitrogênio aplicado em cobertura não foi prontamente translocado para a quarta folha. Este resultado foi muito próximo aos encontrados por Vos e Bom (1993), utilizando medidor portátil SPAD na cultura da batateira e doses variando de 0 a 200 kg ha^{-1} de N, tanto em pré-plantio quanto em cobertura.

3.1.2. Índice SPAD crítico na quarta folha aos 21 DAE

O índice SPAD na quarta folha, aos 21 DAE, época que foi determinado o nível crítico, pois é quando há a decisão de aplicar o N em

cobertura imediatamente antes da amontoa, foi influenciada pela aplicação do N em pré-plantio. Nessa ocasião ainda não tinha sido aplicado o N em cobertura. O índice SPAD aumentou com o aumento na dose de N em pré-plantio (NP) até alcançar o valor máximo de 42,6 unidades SPAD (US) com 236 kg ha^{-1} de NP (Figura 1). O nível crítico SPAD foi 42,1 US, associado a dose em pré-plantio de 185,8 kg ha^{-1} de N, a dose ótima.



** Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01).

Figura 1 – Estimativa do índice SPAD aos 21 DAE na quarta folha de batata em função de dose de N aplicada em pré-plantio. Experimento 1, época seca.

O valor de 42,1 US está abaixo do índice crítico SPAD encontrado por Gil (2001) no período de seca em MG, cujo valor foi de 45,3 US, com a dose de 158,46 kg ha^{-1} em pré-plantio, dose esta que propiciou a maior produção comercial. Embora os manejos utilizados por Gil (2001) e no presente trabalho tenham sido similares, verifica-se neste trabalho 1,5 mg kg^{-1} de nitrato inicialmente no solo (Tabela 3), valor muito menor do que o encontrado por Gil (2001), de 30,24 mg kg^{-1}. O teor de nitrato no solo resulta em variações na intensidade do verde da folha o que causa variações no índice crítico SPAD. Enquanto neste trabalho foram feitas 16 leituras SPAD por subparcela esta pesquisadora fez apenas 6 leituras. Entretanto, Arregui *et al*. (2000) sugerem fazer dez leituras em cada folíolo da batata e tentar evitar leitura na nervura principal, pois pode ocorrer variação no valor SPAD. Neste estudo foi medido o mesmo folíolo quatro vezes com o SPAD.

Rodrigues (2004) encontrou um nível crítico SPAD de 52,8 US, com a dose em pré-plantio de 237,50 kg ha^{-1} de N, o que pode ser explicado pela localização do experimento que foi em Portugal, onde o clima é quente e seco no período do verão, o solo é arenoso e utilizou-se a cultivar Desirée. Todos esses fatores, provavelmente, contribuíram para a diferença nos resultados, quando comparados com os deste experimento.

Estudos utilizando o clorofilômetro para manejar a fertilização nitrogenada na cultura da batata (ARREGUI *et al*., 2000; GIANQUINTO *et al*., 2003) e em outras culturas (ARGENTA *et al*., 2002; LOPEZ-BELLIDO *et al*., 2003), mostram correlações entre índice SPAD e doses de N, produção e doses de N, e alta correlação do índice SPAD com a produção. Neste trabalho, verifica-se também alta correlação (R^2=0,88) (Figuras 1, 2 e 3), evidenciando que o teor de clorofila na folha da batata está associado com a produção de tubérculos e que pode substituir a determinação do teor de N na folha em laboratório para diagnosticar o nível deste nutriente na planta.

3.1.3. Índice SPAD na folha velha

Na medição do índice SPAD realizada na folha velha, também chamada de folha fixa ou marcada (FM), semanalmente, a partir dos 42 até 56 DAE, também ocorreu diferença significativa quando se aplicou N em pré-plantio, ocorrendo aumento linear no índice o que sugere que houve efeito da aplicação de NP. Somente a partir dos 49 DAE foi verificado o efeito do N em cobertura (NC) aplicado aos 21 DAE, o que ocorreu com aumento linear (Tabela 7). Os índices SPAD na folha mais velha aos 42, 49 e 56 DAE foram 36,7, 31,8 e 29,9 US, respectivamente, quando se aplicou a dose de N que proporcionou a máxima produção comercial de tubérculos (Figura 3) em cada equação ajustada (Tabela 7). Esse decréscimo com o passar do tempo mostra a importância de se padronizar a folha com a época de medição.

Com a mesma dose de NP e NC, como exemplo 179,93 e 0 kg ha^{-1} de N, a melhor dose em pré-plantio e em cobertura, respectivamente, para a produção total de tubérculos (Figura 2), obteve-se o índice SPAD aos 42, 49 e 56 DAE de 36,3, 34,1 e 31,6 US na folha mais jovem (quarta folha não marcada) (Tabela 6), respectivamente, porém, os valores correspondentes

Tabela 7 – Relação entre o valor do índice SPAD (Y) determinado na quarta folha de batata em função de doses de nitrogênio em pré-plantio (NP) e em cobertura (NC). Experimento 1, época seca

Característica	Equação ajustada	R^2
SPAD (FM) 42 DAE	$Y = + 31,8310 + 0,0040^{ns}NC + 0,0264^{**}NP$	0,80
SPAD (FM) 49 DAE	$Y = + 27,3891 + 0,0077^{**}NC + 0,0240^{**}NP$	0,81
SPAD (FM) 56 DAE	$Y = + 26,4287 + 0,0078^{**}NC + 0,0190^{**}NP$	0,82

** e ns: Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01), respectivamente.

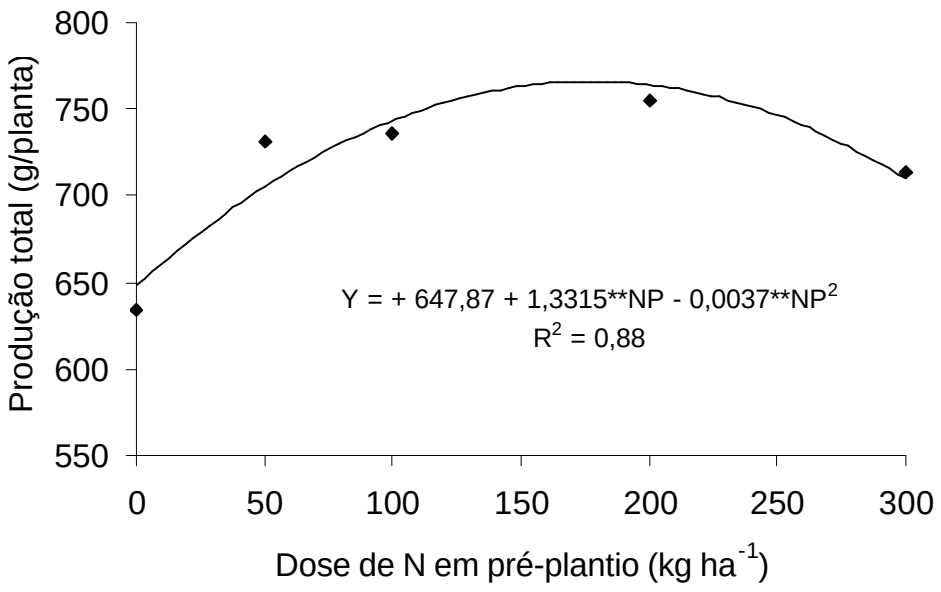
na folha mais velha (quarta folha marcada) foram 36,5, 31,7 e 29,8 US, respectivamente. Da mesma forma, tomando a melhor dose de NP e NC, 185,8 e 0 kg ha^{-1} de N, para a produção comercial dos tubérculos (Figura 3), o índice SPAD nas mesmas épocas foram 36,4, 34,2 e 31,7 US na folha mais jovem, e 36,7, 31,8 e 29,9 US na folha mais velha.

3.1.4. Produção total e comercial de tubérculos

As produções total e comercial de tubérculos não foram influenciadas pela aplicação de N em cobertura. No entanto, a aplicação de N em pré-plantio teve efeito significativo nessas características avaliadas. Por não ter havido efeito da aplicação de N em cobertura, só são mostrados os resultados da produção total e comercial de tubérculos em função de doses de N em pré-plantio quando se utilizou a dose 0 kg ha^{-1} de N em cobertura (Figuras 2 e 3). A produção total de tubérculos aumentou com o aumento na dose de N em pré-plantio até 179,93 kg ha^{-1} atingindo 767,66 g/planta (Figura 2), ou seja, correspondendo a 40,94 Mg ha^{-1}. Da mesma forma, a produção comercial de tubérculos aumentou com o aumento da dose de N em pré-plantio até 185,8 kg ha^{-1} atingindo 744,7 g/planta (Figura 3), correspondente a 39,72 Mg ha^{-1}.

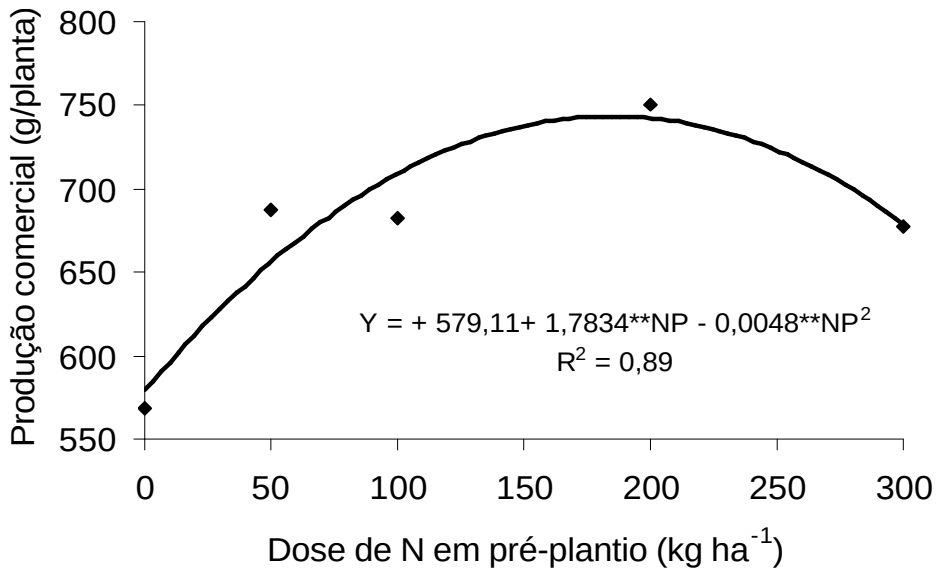
Comparados à produtividade média de Minas Gerais em 2006, que foi de 26,61 Mg ha^{-1} (AGRIANUAL, 2007), os valores encontrados no presente trabalho foram expressivos com produtividades total e comercial de 40,94 e 39,72 Mg ha^{-1}, respectivamente.

Estudando a cultivar de batata Snowden na época seca, para avaliar doses de fertilização com N aplicadas no plantio, em primeira adubação e



** Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01).

Figura 2 – Estimativa da produção total de tubérculos de batata em função de dose de N aplicada em pré-plantio, na dose 0 kg ha^{-1} de N em cobertura. Experimento 1, época seca.



** Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01).

Figura 3 – Estimativa da produção comercial de tubérculos de batata em função de dose de N aplicada em pré-plantio, na dose 0 kg ha^{-1} de N em cobertura. Experimento 1, época seca.

segunda adubação em cobertura (kg ha^{-1}), aos 42 e 78 dias após o plantio, na seguinte forma: 40-0-0; 40-60-40; 40-160-0 e 40-80-30, Oliveira (2000) encontrou o maior e o menor rendimento total (40,60 e 25,50 Mg ha^{-1}) com as formulações 40-80-30 e 40-0-0, respectivamente.

O N mineralizável e disponível existentes no solo, oriundos da decomposição da matéria orgânica, mais a dose de N adicionada no momento do plantio foram suficientes para atenderem à demanda de N pelas plantas de batata, não necessitando da dose de N em cobertura. Adicionalmente, a não-ocorrência de chuva, visto que a aplicação de água através da irrigação provavelmente lixiviou o fertilizante e conseqüentemente obteve-se a produção máxima, conforme também verificado por Westermann *et al*. (1988).

Apesar da economia por parte do agricultor quando se aplica somente N em pré-plantio, pode haver inconveniência quando se faz somente nesta aplicação. O motivo é que a aplicação de todo o N em pré-plantio torna impossível fazer correções de acordo com o requerimento atual da cultura durante todo período de cultivo (OLIVIER *et al*., 2006), conseqüentemente, não se pode manejar a aplicação do N em cobertura.

As doses de 179,93 e 185,8 kg ha^{-1} de N estão dentro das doses de fertilização de 70 a 330 kg ha^{-1} de N encontrada por Kolbe e Beckmann (1997) e de 60 a 250 kg ha^{-1} de N citadas por Fontes (1997). Gil (2001) utilizou no plantio doses de 0 a 200 kg ha^{-1} de N e em cobertura de 0 a 360 kg ha^{-1} de N (sulfato de amônio). Verificou que com o aumento das doses de N no plantio as respostas das produtividades total e comercial e tubérculos aumentaram de forma quadrática. Entretanto, no presente estudo não foi verificado efeito de dose de N em cobertura sobre as produtividades total e comercial de tubérculos, diferentemente do encontrado por Gil (2001) que encontrou produtividade comercial máxima de 24,75 Mg ha^{-1} com 158,46 kg ha^{-1} de N aplicado em pré-plantio e 360 kg ha^{-1} aplicado em cobertura. Diferença na produtividade comercial obtida neste estudo com os resultados encontrados por Gil (2001) deve ter ocorrido devido à baixa qualidade dos tubérculos plantados, ocorrência de doenças e competição com tiririca, conforme comenta a pesquisadora.

Em cultivos de batata, usando vários cultivares, durante a primavera e outono, no Rio Grande do Sul, Andreu (2005) verificou um rendimento médio de 18,43 e 11,29 Mg ha^{-1}, respectivamente, com número médio de tubérculos por plantas de 7,10 e 6,38, utilizando 100 kg ha^{-1} de N.

3.2. Experimento 2, época das águas

3.2.1. Índice SPAD na quarta folha durante o ciclo

Nas medidas tomadas na quarta folha, semanalmente, a partir dos 7 DAE até 28 DAE ocorreu aumento linear no índice SPAD, com resposta significativa à aplicação de N em pré-plantio. A partir dos 35 DAE, foi verificada também diferença significativa quando se aplicou o N em cobertura (21 DAE) sendo observado resposta linear ao N aplicado em cobertura (Tabela 8).

Tabela 8 – Relação entre o valor do índice SPAD (Y) determinado semanalmente na quarta folha de batata, em função de doses de nitrogênio em pré-plantio (NP) e em cobertura (NC). Experimento 1, época das águas

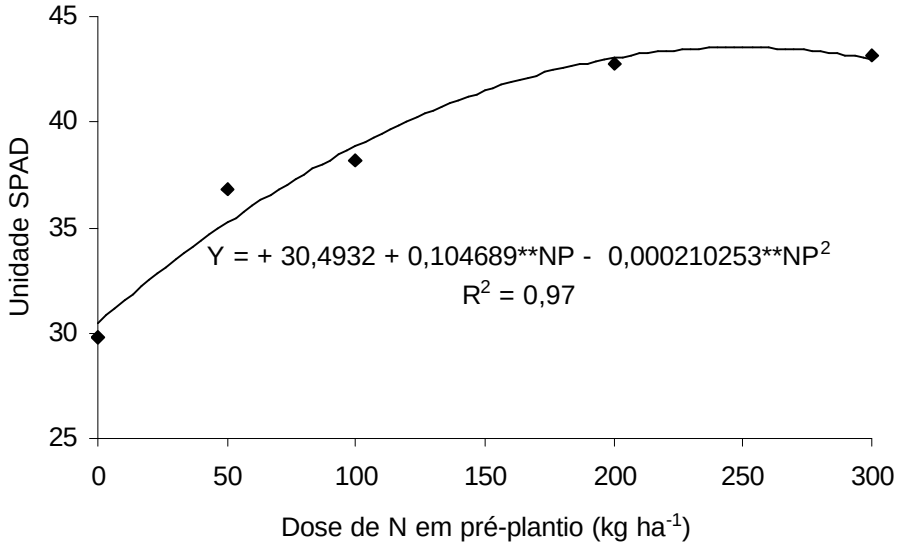
Característica	Equação ajustada	R^2
SPAD 07 DAE	$Y = + 41{,}8550 + 0{,}0003^{ns}NC + 0{,}0307^{**}NP$	0,79
SPAD 14 DAE	$Y = + 36{,}2112 + 0{,}0008^{ns}NC + 0{,}0282^{**}NP$	0,89
SPAD 28 DAE	$Y = + 31{,}9256 + 0{,}0055^{ns}NC + 0{,}0400^{**}NP$	0,84
SPAD 35 DAE	$Y = + 33{,}5403 + 0{,}0082^{**}NC + 0{,}0169^{**}NP$	0,71
SPAD 42 DAE	$Y = + 35{,}7731 + 0{,}0062^{**}NC + 0{,}0104^{**}NP$	0,74
SPAD 49 DAE	$Y = + 34{,}4805 + 0{,}0078^{**}NC + 0{,}0099^{**}NP$	0,80
SPAD 56 DAE	$Y = + 34{,}1242 + 0{,}0064^{*}NC + 0{,}0104^{**}NP$	0,60

* e ** Significativo estatisticamente pelo teste t ($P<0{,}05$ e $P<0{,}01$, respectivamente). ns: Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Provavelmente, o nitrogênio aplicado em cobertura não foi prontamente translocado para a quarta folha, embora, quando comparado com o experimento 1 (época seca) verificou-se duas semanas de antecedência, iniciando-se aos 49 e 35 DAE nas épocas seca e das águas, respectivamente. Os índices SPAD decresceram com o passar do tempo, de 43,4 a 35,9 US, medidos aos 7 e 56 DAE, respectivamente, semelhantemente ao ocorrido no experimento 1 na época seca.

3.2.2. Índice SPAD crítico na quarta folha aos 21 DAE

A variação dos valores de SPAD em função das doses de N em pré-plantio apresentou resposta quadrática com o valor máximo de 43,5 US para a dose de 248,96 kg ha^{-1} de NP (Figura 4). Substituindo-se na equação, a dose comercial em pré-plantio (50 kg ha^{-1} de N) encontra-se o nível crítico SPAD de 35,2 US aos 21 DAE.



** Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01).

Figura 4 – Estimativa do índice SPAD aos 21 DAE na quarta folha de batata em função da dose de N aplicada em pré-plantio. Experimento 1, época das águas.

Esses valores estão abaixo do índice crítico SPAD de 46,3 US (dose 237,88 kg ha^{-1} de N) encontrado por Gil (2001) no período de inverno em MG Diferenças na época de plantio, no número de leituras SPAD na quarta folha e na produtividade comercial devem ter causado a variação dos dados do presente trabalho em comparação aos de Gil (2001).

Na cultura do melão, Coelho (2001) determinou, na época das águas, o índice SPAD crítico no limbo da 5ª folha totalmente expandida, no início da frutificação. Verificou que os índices aumentavam com o incremento das doses de N. Para a dose de N que propiciou a máxima produtividade comercial (312 kg ha^{-1}) correspondeu o índice crítico foi de 40,7 US. Neste trabalho também houve elevação nos valores SPAD com o aumento das doses de N.

3.2.3. Produção total e comercial de tubérculos

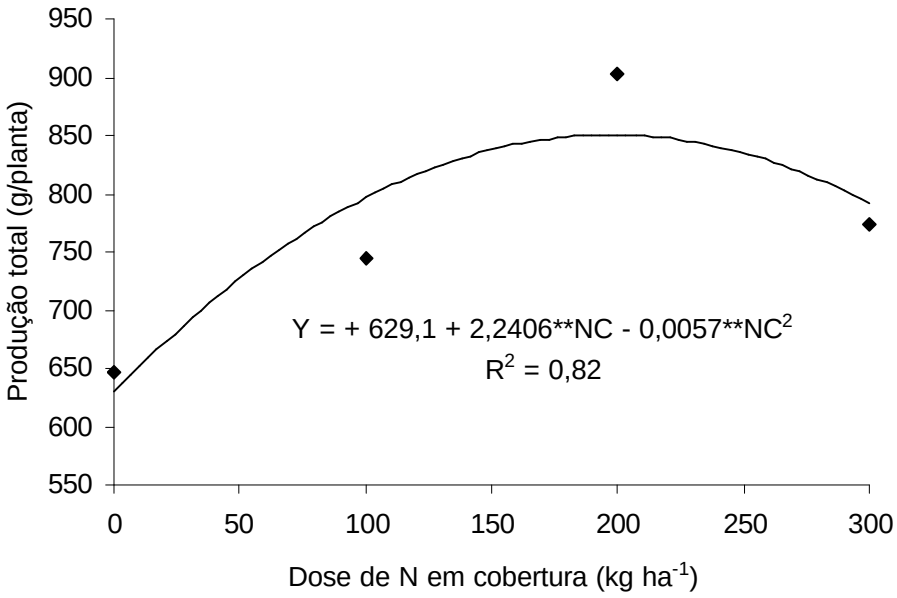
Ocorreu efeito significativo da aplicação de N em pré-plantio e em cobertura entre ambas as adubações sobre a produção total e comercial dos tubérculos.

Nas Figuras 5 e 6 encontra-se a produção total e comercial, respectivamente, quando utilizou-se a dose 50 kg ha^{-1} de N em pré-plantio. A produção total de tubérculos elevou-se com o aumento na dose de N em cobertura até 197,58 kg ha^{-1} alcançando 850,45 g/planta, correspondendo a 45,35 Mg ha^{-1} (Figura 5). A produção comercial de tubérculos aumentou com o aumento na dose de N em cobertura até 205,85 kg ha^{-1} atingindo 833,66 g/planta, correspondente a 44,46 Mg ha^{-1} (Figura 6).

O alto volume de água precipitado, cerca de três vezes superior ao aplicado como irrigação na época seca, deve ter proporcionado, certamente, lixiviação do fertilizante, mas como a dose foi 205,85 kg ha^{-1} em cobertura, quantidade que não foi afetada pela água da chuva e consequentemente proporcionou a melhor produção comercial, provavelmente uma menor dosagem de N ocorreria perdas por lixiviação no momento de grande necessidade de N por parte da planta, ocasionando uma menor eficiência do uso do N e conseqüentemente a uma menor produção de tubérculos comercial.

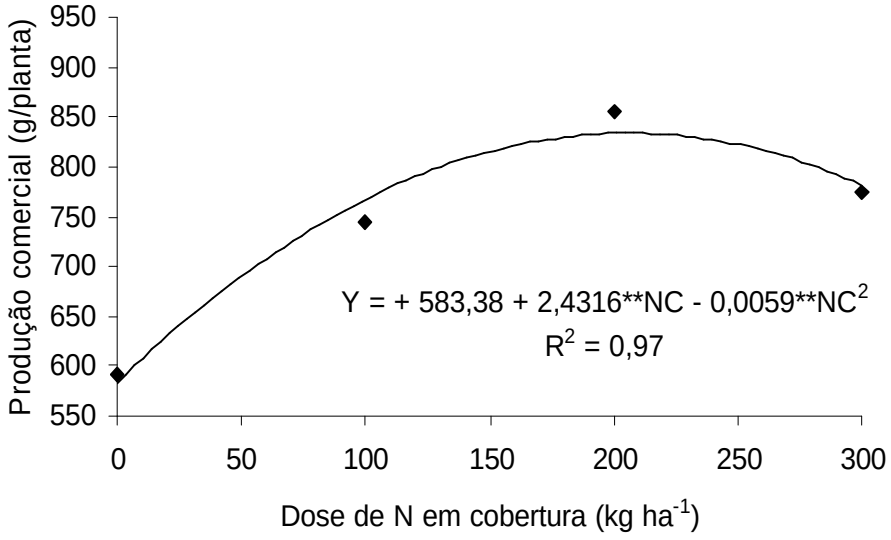
Comparando-se os resultados obtidos na época das águas com a produtividade média do estado de Minas Gerais em 2006 (26,61 Mg ha^{-1}) (AGRIANUAL, 2007), verifica-se que os valores encontrados neste experimento foram expressivos, com as produtividades total e comercial iguais a 45,35 e 44,46 Mg ha^{-1}, respectivamente. Isto é devido a contabilização por parte do Agrianual (2007) de produtividade de todas as regiões do Estado de Minas Gerais, utilizando diversas doses de N em diferentes épocas de plantio, inúmeras cultivares de batatas, distintos solos, tipos de sementes e preparo do solo.

Recomenda-se aplicar baixa dose de N em pré-plantio, visto que o solo libera, lentamente, N mineral para a planta (WALTHER *et al*., 1996), colocando-se o restante em cobertura (WESTERMANN e SOJKA, 1996), reduzindo-se as perdas de N. O parcelamento do N não elevou a absorção



** Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01).

Figura 5 – Estimativa da produção total de tubérculos de batata em função de dose de N aplicada em cobertura, na dose 50 kg ha^{-1} de N em pré-plantio. Experimento 1, época das águas.



** Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01).

Figura 6 – Estimativa da produção comercial de tubérculos de batata em função de dose de N aplicada em cobertura, na dose 50 kg ha^{-1} de N em pré-plantio. Experimento 1, época das águas.

do N e a produtividade de batata (HONG *et al*., 2003). Estes pesquisadores sugerem que a aplicação do N pode ocorrer em tempo real de acordo com o requerimento da cultura, variando a época de aplicação e a quantidade do N parcelado ou através de modelos estatísticos para predizer o balanço do N e conseqüentemente recomendar a dose de N.

4. Conclusões

4.1. Experimento 1, época seca

O nível crítico SPAD foi 42,1.

As máximas produtividades total e comercial de tubérculos de batata foram 40,94 e 39,72 Mg ha^{-1} com 179,93 e 185,8 kg ha^{-1} de N aplicados em pré-plantio, respectivamente.

4.2. Experimento 1, época das águas

O nível crítico SPAD foi 35,2.

As máximas produtividades total e comercial de tubérculos de batata foram 45,35 e 44,36 Mg ha^{-1} com 197,58 e 205,85 kg ha^{-1}, respectivamente, devendo 50 kg ha^{-1} serem aplicados em pré-plantio.

Referências bibliográficas

AGRIANUAL – **Anuário da Agricultura Brasileira**. 12. ed., FNP Consultoria & Agroinformativos, 2007. 516 p.

ALLEN, R. G. New approaches to estimating crop evapotranspiration. **Acta Horticulturae**, Brugge, v. 335, p. 287-293, 1993.

ANDREU, M. A. Associação entre características agronômicas da batata nos plantios de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 925-929, 2005.

ARAÚJO, A. R.; CARVALHO, J. L. N.; GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Movimentação de nitrato e amônio em colunas de solo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 537-541, 2004a.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 519-527, 2002.

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

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertirrigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.8, p.56-60, 1995.

BULLOCK, D. G.; ANDERSON, D. S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, p. 741-755, 1999.

CAMPAGNA, G.; ZAVANELLA, M.; LANDI, D. La concimazione azotata dalla dotazione del terreno. **Informatore Agrario**, Verona, v. 56, n. 3, p. 35-40, 2000.

CAMPAGNA, G.; ZAVANELLA, M.; LANDI, D. La concimazione azotata dalla dotazione del terreno. **Informatore Agrario**, Verona, v. 56, n. 3, p. 35-40, 2000.

CARRERES, R.; SENDRA, J.; BALLESTEROS, R.; CUADRA, J. G. Effects of preflood nitrogen rate and midseason nitrogen timing on flooded rice. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 134, n. 4, p. 379-390, 2000.

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. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 91, p. 35-49, 2005.

COELHO, E. L. **Produtividade e qualidade de frutos de melão produzidos na estufa e no campo influenciadas por doses de nitrogênio aplicadas por gotejamento**. 2001. 79 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO A. C. **Análise química do solo**. 2 ed. Viçosa-MG: UFV, 1997. 26 p.

DENUIT, J. P.; OLIVIER, M.; GOFFAUX, M. J.; HERMAN, J. L.; GOFFART, J. P.; DESTAIN, J. P.; FRANKINET, M. Management of nitrogen fertilization of winter wheat and potato crops using chlorophyll meter for crop nitrogen status assessment. **Agronomie**, Avignon, v. 22, p. 847-853, 2002.

DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R. C. Lixiviação de nitrato em latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 885-862, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de janeiro, RJ) **Sistema brasileiro de classificação de solos** – Brasília: Embrapa. Produção de informação; Rio de janeiro: Embrapa. Solos, 1999. 412 p.

EPAGRI. **Sistemas de produção para batata-consumo e batata semente em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. 123 p. (Epagri. Sistema de Produção, 2).

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

FONTES, P. C. R. **Preparo do solo, nutrição mineral e adubação da batateira**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 42 p.

FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; CONDE, R. M. Critical chlorophyll, total N, and NO_3^-N in leaves associated to maximum lettuce yield. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, p. 1061-1068, 1997.

FONTES, P. C. R.; RONCHI, C. P. Critical values of nitrogen indices in tomato plants grown in soil and nutrient solution determined by different statistical procedures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1421-1429, 2002.

GIANQUINTO, G.; SAMBO, P.; BONA, S. The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the nitrogen supply in potato crop: A methodological Approach. **Acta Horticulturae**, Brugge, v. 607, 2003.

GIL P. T.; FONTES P. C. R.; CECON P. R.; FERREIRA F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, 2002.

GIL, P. T. **Índices e eficiência de utilização de nitrogênio pela batata influenciados por doses de nitrogênio em pré-plantio e em cobertura**.

2001. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001.

GIUNTA, F.; MOTZO, R.; DEIDDA, M. SPAD readings and associated leaf traits in durum wheat, barley and triticale cultivars. **Euphytica**, New York, v. 125, p. 197-205, 2002.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BULL, L. T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1049-1056, 2003.

GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ V., V. H.; MONNERAT, P. H. Utilização dos teores de clorofila determinados pelo método padrão e pelo medidor portátil SPAD-502, para a avaliação do estado nitrogenado do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, p. 88, 1996.

HECKMAN, J. R. In-season soil nitrate testing as a guide to nitrogen management for annual crops. **HortTechnology**, Alexandria, v. 12, n. 4, p. 706-710, 2002.

KOEPPEN, W. **Climatologia**. Tradução: Pedro R. H. Perez. Buenos Aires, Gráfica Panamericana, 1948. 478 p.

KOLBE, H.; BECKMANN, S. E. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). I. leaf and stem. **Potato Research**, Wageningen, v. 40, p. 111-129, 1997.

LOPEZ-BELLIDO, R. J.; SHEPHERD, C. E.; BARRACLOUGH, P. B. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. **European Journal Agronomy**, Bolognap, p. 1-9, 2003. (article in press).

MADEIRA, A. C.; FERREIRA, A.; VARENNES, A.; VIEIRA, M. I. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 34, n. 17-18, p. 2461-2470, 2003.

MAKINO, A.; NAKANO, H.; MAE, T. Responses of ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase, cytochrome f, and sucrose synthesis enzymes in rice leaves to leaf nitrogen and their relationships to photosynthesis. **Plant Physiology**, Palo Alto, v. 105, p. 173-179, 1994.

MARTINEZ, D. E.; GUIAMET, J. J. Distortion SPAD 502 chlorophyll meter readings by changes in irradiance and leaf water status. **Agronomie**, Avignon, v. 24, p. 41-46, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO-MARA. Portaria nº 69, de 21 fevereiro de 1995. **Norma de identidade, qualidade, acondicionamento, embalagem para fins de comercialização**.

MINOLTA Camera Co. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Japan: Minolta Camera Co., Ltd., 1989. 22 p.

MINOTTI, P. L.; HALSETH, D. E.; SIECZKA, J. B. Field chlorophyll measurements to asses the N status of potato varieties. **HortScience**, Alexandria, v. 29, p. 1497-1500, 1994.

OLIVEIRA, C. A. S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 939-950, 2000.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; MORAES, S. O. Lixiviação de nitrato em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 171-180, 2001.

OLIVIER, M.; GOFFART, J. P.; LEDENT, J. F. Threshold value for chlorophyll meter as decision tool for nitrogen management of potato. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 496-506, 2006.

PORTER, G. A.; SISSON, J. A. Petiole nitrate content of Maine-grown russet Burbank and Shepody potatoes in response to varying N rate. **American Potato Journal**, Calgary, v.68, p.493-505, 1991.

REIS, A. R.; FURLANI JÚNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 163-171, 2006.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

RODRIGUES, M. A Establishment of continuous critical levels for indices of plant and presidedress soil nitrogen status in the potato crop. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v.35, n.13 e 14, p.2067-2085, 2004.

RODRIGUES, M. A.; COUTINHO, J.; MARTINS, F.; ARROBAS, M. Quantitative sidedress nitrogen recommendations for potatoes based upon crop nutritional indices. **European Journal Agronomy**, Bologna, v. 23, p. 79-88, 2005.

SANDOVAL-VILLA, M.; GUERTAL, E. A.; WOOD, C. W. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 23, n. 5, p. 649-661, 2000.

SANDOVAL-VILLA, M.; WOOD, C. W.; GUERTAL, E. A. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 10, p. 2129-2142, 2002.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT** User's Guide. Version 6, 4. ed., v. 2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1990.

SEXTON, P.; CARROLL, J. Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugar beet. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 9, p. 1975-1986, 2002.

VIEIRA, R. F.; CARDOSO, A. A. Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 867-874, 2003.

VOS, J.; BOM, M. Hand-held chlorophyll meter: a promising tool to assess the N status of potato foliage. **Potato Research**, Wageningen, v. 36, p. 301-308, 1993.

VOUILLOT, M. O.; HUET, P.; BOISSARD, P. Early detection of N deficiency in wheat crop using physiological and radiometric methods. **Agronomie**, Avignon, v. 18, p. 117-130, 1998.

WALKLEY, A.; BLACK, L. A. An examination Degtjareff metod of determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Philadelphia, v. 37, p. 29-38, 1934.

WALTHER, U.; SCHUBIGER, F. X.; JAGGLI, F. N-Aufnahme durch Kartoffeln und Nmin-Gehalte des Bodens. **Agrarforschung**, Zuruck, v. 3, n. 2, p. 61-64, 1996.

WESTERMANN, D. T.; KLEINKOPF, G. E.; PORTER, L. K. Nitrogen fertilizer efficiencies on potatoes. **American Potato Journal**, Calgary, v. 65, p. 377-386, 1988.

WESTERMANN, D. T.; SOJKA, R. E. Tillage and nitrogen placement effects on nutrient uptake by potato. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 60, p. 1448-1453, 1996.

WOOD, C. W.; TRACY P. W.; REEVES, D. W.; EDMISTEN, K. L. Determination of cotton nitrogen status with a hand held chlororophyll meter. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 15, n. 9, p. 1435-1448, 1992.

YADAVA, U. L. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. **Hortscience**, Alexandria, v. 21, p. 1449-1450, 1986.

YANG, J. E.; SKOGLEY, E. O.; SCHAFF, B. E.; KIM, J. J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 62, p. 1108-1115, 1998.

ZEBARTH, B. J.; MILBURN, P. H. Spatial and temporal distribution of soil inorganic nitrogen concentration in potato hills. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 83, p. 183-195, 2003.

Produção e lucratividade de batata em função dos critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada em duas épocas de plantio

Resumo: Objetivou-se avaliar a produtividade e a lucratividade da batata, em função de critérios utilizados para o manejo da adubação com nitrogênio (N). O experimento 1 foi realizado no período seco, com irrigação suplementar, de abril a agosto de 2005. O experimento 2 foi realizado no período chuvoso, de novembro de 2005 a fevereiro de 2006. Os critérios foram: 1 – Test: testemunha que não recebeu N; 2 – Fertot: dose ótima de N determinada em experimento do ano anterior; 3 – Quinapr: recomendação do estado de Minas Gerais; 4 – Prodvin: dose de N baseada na produtividade esperada, sendo 20% em pré-plantio; 5 – Prodcin: igual ao número 4, mas com 50% em pré-plantio; 6 – Prodoit: igual ao número 4, mas com 80% em pré-plantio; 7 – Prodcem: igual ao número 4, mas com 100% em pré-plantio; 8 – SPAD1: dose de N em pré-plantio baseada na recomendação do estado de Minas Gerais, e dose de N em cobertura baseada em 100% do nível crítico (NC) SPAD na folha; 9 – SPAD2: igual ao número 8, mas com 90% do NC; 10 – SPAD3: igual ao número 8, mas com 110% do NC; 11 – Solo1A: dose de N baseada na análise de solo e calculada para completar a dose que propiciou a ótima produção comercial no experimento do ano anterior e 12 – Solo2A: idem anterior, para completar a dose recomendada pela recomendação do estado de Minas Gerais. Os critérios baseados na análise de solos apenas foram testados na época das águas. A aplicação do N sob a forma de sulfato de amônio foi realizada em pré-plantio no sulco de plantio e as doses em cobertura foram distribuídas em dois lados das plantas, aos 21 dias após a emergência (DAE), realizando-se em seguida a amontoa. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com seis repetições. A cultivar foi a Monalisa. Na época seca, a produtividade de batata não foi influenciada pelos critérios de manejo de N e o maior lucro líquido foi obtido com o critério número 10. Na época das águas, a produtividade de batata foi influenciada pelos critérios de manejo de N e o maior lucro líquido foi obtido com o critério número 6. Através da análise conjunta, as épocas e critérios de manejo do N influenciaram a produtividade comercial de tubérculos e a maior produtividade foi obtida na época seca e o maior lucro líquido foi obtido com o critério número 6.

Termos para indexação: *Solanum tuberosum* L., adubação nitrogenada, nitrogênio em cobertura, produtividade, análise econômica.

Potato yield and profitability according to criteria for nitrogen fertilizer management in two planting seasons

Abstract: It was aimed to evaluate the potato tuber yield and profitability according to criteria used for nitrogen (N) fertilizer management. Experiment 1 was set at dry season, with supplemental irrigation, from April to August 2005 and the experiment 2 was at rainy season, from November 2005 to February 2006. The defined following The criteria were: 1 - Test: control, no N fertilizer; 2 - Fertot: optimum N rate determined from previous year experiment; 3 - Quinapr: MG State fertilizer recommendation; 4 - Prodvin: N rate based on the expected tuber yield, being 20% at pre-planting; 5 - Prodcin: equal number 4 but with 50% at pre-planting; 6 - Prodoit: equal number 4 but with with 80% at pre-planting; 7 - Prodcem: equal to number 4 but with 100% at pre-planting; 8 - SPAD1: pre-planting N rate based on MG State recommendation and side-dress N based on 100% of leaf SPAD critical level; 9 - SPAD2: equal to 8 but with 90% of SPAD critical level; 10 - SPAD3: equal to 8 but with 110% of SPAD critical level); 11 – Soil 1A: N rate based on the soil analysis and calculated to complete the N rate which had propitiated the optimum commercial yield in previous year experiment and 12 – Soil 2A: equal to the previous one but N rate to complete the MG State recommendation. The criteria based on soil analysis were only tested at the wet season. The pre-planting N, as ammonium sulfate, was applied in the planting furrow and the sidedress rates were distributed at two plant sides, at 21 days after the emergence (DAE), immediately before the plant hill up. The experiment was set as randomized blocks with six repetitions. The cultivar was Monalisa. In the dry season the potato yield was not affected by N management criteria and the highest net profit was obtained with number 10 criterion. In the wet season, the potato yield was influenced by the N management criteria and the largest net profit was obtained with the number 6 criterion. By the conjunct analysis, it was observed seasons and N management criteria effects on commercial potato tuber yield and net profit with the highest yield at the dry season and the largest net profit with the number 6 criterion.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., nitrogen fertilization, sidedress, yield, economical analysis.

1. Introdução

É importante manejar adequadamente a adubação nitrogenada para otimizar o uso de nitrogênio (N) pelas plantas, reduzir os custos, aumentar a lucratividade e minimizar a poluição das águas de superfície e subterrâneas. Entretanto, a tarefa de estabelecer a quantidade e a época correta de aplicar N é difícil devido à variabilidade causada por fatores como solo, clima, época de plantio e manejo da cultura. A recomendação da dose de N com base em estudos anteriores ajuda na decisão. A aplicação do fertilizante nitrogenado na quantidade e na época correta deve ser feita com base em critérios originados de estudos anteriores. Existem critérios, ainda raramente utilizados, para determinar a necessidade de N de uma cultura, seja pela análise do solo, antes ou após o plantio, ou pela análise de partes da planta, tanto no campo quanto em laboratório.

No solo, há o teste do conteúdo de nitrato em pré-plantio e em cobertura, chamado de PPNT ou PSNT (*Pre-plant* ou *Pre-sidedress soil nitrate test*). Esses testes são usados, ainda com restrições, em outros países, para manejar o N em culturas como milho (BUNDY e ANDRASKI, 1995), sorgo granífero (FRANK e ROETH, 1996) e beterraba (BILBAO *et al*., 2004).

No milho, em sistema de plantio direto, o PSNT refletiu adequadamente a disponibilidade de N no solo, podendo ser usado como uma ferramenta complementar no manejo do N (ROZAS *et al*., 2000). Pesquisas indicam que o PSNT tem, aproximadamente, 85% de precisão em fazer prognóstico correto sobre as aplicações do N na cultura do milho (FOX *et al*., 1989). No entanto, no mundo há pouca pesquisa, e no Brasil não há na literatura estudo com o PSNT como critério de recomendar adubação nitrogenada na cultura da batata com base na análise de solo.

Existem também critérios que utilizam a análise na planta, a concentração de clorofila, que se correlaciona positivamente com a concentração de N foliar, tem sido um índice usado para o manejo da adubação com N. Para isto, o aparelho portátil SPAD é utilizado no campo, de forma simples, prática e sem destruir a folha. Em tomateiro, Araújo *et al*. (2004b), na época das águas, determinaram a quantidade e o momento da

aplicação do fertilizante nitrogenado no tomateiro utilizando-se de critérios baseados em três valores do índice SPAD nas folhas, valor crítico, 10% acima e 20% abaixo.

Outro critério utiliza a dose ótima de N determinada em experimentos realizados na localidade, em anos anteriores. Silva e Fontes (2005) encontraram em experimentos realizados no ano anterior, 185,8 e 0 kg ha^{-1} de N para a obtenção da máxima produção comercial na época seca e 50 e 205,85 kg ha^{-1} na época das águas, em pré-plantio e em cobertura, respectivamente. Essas doses proporcionaram os níveis críticos de 42,1 e 35,2 (US) para os índices SPAD medidos na quarta folha completamente expandida da batateira, aos 21 DAE.

Outro critério foi sugerido por Fontes (1997), com a recomendação da dose de N baseando-se na necessidade da cultura da batata, na produtividade esperada de tubérculos multiplicada pelo fator médio de N nos tubérculos e na eficiência de utilização do N do fertilizante, não considerando o tipo de solo, a contribuição do N mineral e a época de plantio. Não é comum avaliar o efeito de época de plantio sobre a necessidade de N das culturas. No tomateiro, Vavrina *et al*. (1998) verificaram, em casa de vegetação, que na primavera a produção total de frutos aumentou com o aumento da fertilização nitrogenada, ocorrendo o oposto na época do outono.

Todos os critérios têm limitações, visto que não consideram, de um lado, variações nos teores disponíveis de N em função da taxa de decomposição da matéria orgânica do solo e as perdas de N decorrentes da fixação, lixiviação e denitrificação e de outro, a exata necessidade da planta.

O cultivo comercial de batata é realizado em diversas épocas do ano, porém, são raros os estudos de viabilidade econômica do uso do N. Ao adubar, é importante conhecer o custo de produção com o fertilizante e o lucro proprocionado, ou seja, a análise econômica de utilização do adubo. O ótimo econômico de um insumo depende das condições do solo, clima, vegetal e manejo da cultura (ALVAREZ V., 1994; SANTOS *et al*., 2006).

O objetivo do presente estudo foi avaliar a produtividade e a lucratividade da batata, em função de critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada.

2. Material e métodos

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais

Foram realizados dois experimentos, denominados de número 1 e 2, na Horta de Pesquisa do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa-MG. O experimento 1 foi realizado no período seco, com irrigação suplementar, de 25 de abril a 14 de agosto de 2005. O experimento 2 foi realizado no período chuvoso, de 1 de novembro de 2005 a 6 de fevereiro de 2006. A classificação climática do local, segundo Koeppen (1948) é do tipo “Cwa” caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Os dados climáticos foram coletados, diariamente, durante todo período experimental na estação meteorológica da UFV, instalada aproximadamente a 3 km da área experimental, descritos nas Tabelas 1 e 2.

O solo da área experimental é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico (EMBRAPA, 1999). Foram coletadas 20 amostras de solo, na área experimental, nas profundidades de 0 a 20 cm. Essas amostras foram misturadas, seca ao ar, destorroada, peneirada em malha de 2 mm e levada para laboratório para a realização das análises químicas e físicas (Tabelas 3 e 4).

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

2.2.1. Experimento 2, época seca

Foram desenvolvidos e avaliados dez critérios (tratamentos) de aplicação de N. Esses critérios foram, em parte, derivados do experimento do ano anterior, realizado na época seca. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com seis repetições.

Os critérios abaixo definidos direcionaram a aplicação das quantidades de N aplicadas em pré-plantio e em cobertura (Tabela 6).

Tabela 1 – Total semanal de precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, temperatura média e umidade relativa do ar durante os diversos estádios da cultura, no período do experimento 2, época seca

Estádio	Semana	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Insolação (h)	Temperatura (ºC)	Umidade (%)
Emergência	1ª (25/04-01/05)	0	16,1	51,1	150,5	573,3
	2ª (02-08/05)	30,1	11,2	21,0	137,9	603,4
Vegetativo	3ª (09-15/05)	28,7	11,2	42,7	123,2	571,9
	4ª (16-22/05)	0	13,3	42,0	133,0	595,7
Tuberização	5ª (23-29/05)	0	13,3	50,4	135,1	600,6
	6ª (30/05-05/06)	39,9	11,2	23,8	134,4	626,5
	7ª (06-12/06)	2,8	13,3	41,3	130,2	599,9
	8ª (13-19/06)	0	11,2	40,6	123,2	606,2
	9ª (20-26/06)	0	13,3	43,4	116,2	618,8
	10ª (27/06-03/07)	29,4	11,9	30,1	121,8	602,0
	11ª (04-10/07)	0	9,1	25,2	112,0	620,2
	12ª (11-17/07)	0	16,1	47,6	113,4	606,9
Senescência	13ª (18-24/07)	1,4	12,6	47,6	99,4	586,6
	14ª (25-31/07)	16,1	13,3	32,9	109,9	608,3
	15ª (01-07/08)	2,8	11,9	35,0	119,0	605,5
	16ª (08-14/08)	4,2	31,5	58,1	107,8	569,1
Total no ciclo		155,4	212,8	627,2	1.960	9.587,2
Média diária		1,4	1,9	5,6	17,5	85,6

Tabela 2 – Total semanal de precipitação pluviométrica, evaporação, insolação, temperatura média e umidade relativa do ar durante os diversos estádios da cultura, no período do experimento 2, época das águas

Estádio	Semana	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Insolação (h)	Temperatura (ºC)	Umidade (%)
Emergência	1ª (01-07/11)	28,7	17,5	29,4	156,1	581,7
	2ª (08-14/11)	25,9	11,9	9,1	145,6	604,1
Vegetativo	3ª (15-21/11)	3,5	19,6	11,2	147,7	569,8
	4ª (22-28/11)	14,0	14,0	0	144,9	608,3
Tuberização	5ª (29/11-05/12)	24,5	7,0	23,1	151,9	584,5
	6ª (06-12/12)	36,4	28,7	38,5	154,0	548,1
	7ª (13-19/12)	14,0	27,3	30,1	151,9	553,0
	8ª (20-26/12)	14,0	16,1	32,2	156,8	569,8
	9ª (27/12-02/01)	29,4	21,7	52,5	160,3	548,1
	10ª (03-09/01)	35,0	28,7	77,0	161,7	501,2
	11ª (10-16/01)	137,2	32,9	51,1	169,4	536,2
Senescência	12ª (17-23/01)	40,6	23,8	60,2	164,5	564,2
	13ª (24-30/01)	57,4	24,5	113,4	166,6	611,8
	14ª (31/01-06/02)	6,3	16,1	49,7	165,9	627,2
Total no ciclo		466,9	284,2	568,4	2.195,2	8.006,6
Média diária		4,8	2,9	5,8	22,4	81,7

Tabela 3 – Características químicas e físicas do solo amostraas na camada de 0 a 20 cm de profundidade da área experimental, antes da aplicação dos fertilizantes. Experimento 2, época seca

Característica	Valor
pH em água – 1:2,5	6,05
$N\text{-}NO_3^-$ (mg kg^{-1})[1]	1,06
Matéria orgânica (dag kg^{-1})[2]	3,10
P disponível (mg dm^{-3})[3]	29
K disponível (mg dm^{-3})[3]	146
Ca trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	4,41
Mg trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	0,64
Al trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	0,00
(H + Al) Acidez potencial ($cmol_c$ dm^{-3})[5]	4,2
Soma de bases trocáveis ($cmol_c$ dm^{-3})	5,42
CTC efetiva ($cmol_c$ dm^{-3})	5,42
CTC a pH = 7,0 ($cmol_c$ dm^{-3})	9,62
Saturação por bases (%)	56,30
Areia (%)	28,00
Argila (%)[6]	61,00
Silte (%)	11,00
Classificação textural	Muito argilosa
Equivalente da umidade (%)	34,00
Densidade aparente (g cm^{-3})[7]	1,14

[1] Extrator KCl 1 mol L^{-1} (YANG *et al.*, 1998).
[2] Matéria orgânica = Carbono orgânico x 1,724 (WALKLEY e BLACK, 1934).
[3] Extrator Mehlich 1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[4] Extrator KCl 1 mol L^{-1} (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[5] Extrator $Ca(OAc)^2$ 0,5 mol L^{-1}, pH 7,0 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997) .
[6] Método da pipeta, dispersão NaOH 1 mol L^{-1} (EMBRAPA, 1999).
[7] Método da proveta.

Tabela 4 – Características químicas e físicas do solo amostradas na camada de 0 a 20 cm de profundidade da área experimental, antes da aplicação dos fertilizantes. Experimento 2, da época das águas

Característica	Valor
pH em água – 1:2,5	6,06
$N\text{-}NO_3^-$ (mg kg^{-1})[1]	3,00
Matéria orgânica (dag kg^{-1})[2]	4,48
P disponível (mg dm^{-3})[3]	230
K disponível (mg dm^{-3})[3]	236
Ca trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	6,62
Mg trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	0,66
Al trocável ($cmol_c$ dm^{-3})[4]	0,10
(H + Al) Acidez potencial ($cmol_c$ dm^{-3})[5]	2,90
Soma de bases trocáveis ($cmol_c$ dm^{-3})	7,88
CTC efetiva ($cmol_c$ dm^{-3})	7,98
CTC a pH = 7,0 ($cmol_c$ dm^{-3})	10,78
Saturação por bases (%)	73,1
Areia (%)	28,00
Argila (%)[6]	61,00
Silte (%)	11,00
Classificação textural	Muito argilosa
Equivalente da umidade (%)	34,00
Densidade aparente (g cm^{-3})[7]	1,14

[1] Extrator KCl 1 mol L^{-1} (YANG *et al.*, 1998).
[2] Matéria orgânica = Carbono orgânico x 1,724 (WALKLEY e BLACK, 1934).
[3] Extrator Mehlich 1 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[4] Extrator KCl 1 mol L^{-1} (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997).
[5] Extrator $Ca(OAc)^2$ 0,5 mol L^{-1}, pH 7,0 (DEFELIPO e RIBEIRO, 1997) .
[6] Método da pipeta, dispersão NaOH 1 mol L^{-1} (EMBRAPA, 1999).
[7] Método da proveta.

Os critérios foram:

1 – TestS: considerado como testemunha e não recebeu dose de N;

2 – FertotS: baseado na fertilização que propiciou a ótima produção comercial de tubérculos no experimento do ano anterior (primeiro experimento da época seca);

3 – QuinaprS: foi seguida a recomendação para a cultura da batata, da 5ª aproximação (FONTES, 1999);

4 – ProdvinS: a quantidade de N a ser aplicada foi estimada utilizando-se o critério de multiplicar a produtividade total obtida no experimento anterior (40 Mg ha^{-1}) pelo fator 6,2 kg Mg^{-1} (quantidade de N por quantidade de tubérculo), conforme Fontes (1997). Apenas 20% da dose foi aplicada em pré-plantio e o restante em cobertura;

5 – ProdcinS: idem anterior (Critério 4), com a diferença que 50% da dose foi aplicada em pré-plantio e o restante em cobertura;

6 – ProdoitS: idem Critério 4, com a diferença que 80% da dose foi aplicada em pré-plantio e o restante em cobertura;

7 – ProdcemS: idem Critério 4, com a diferença que 100% da dose foi aplicada em pré-plantio;

8 – SPAD1S: baseado na fertilização de N recomendada em pré-plantio pela 5ª aproximação, juntamente com fertilização de N aplicada em cobertura, baseada no nível crítico SPAD igual a 42,1 (Tabela 5);

9 – SPAD2S: baseado na fertilização de N recomendada em pré-plantio pela 5ª aproximação, juntamente com fertilização de N aplicada em cobertura, baseada em 90% do nível crítico SPAD igual a 37,9 (Tabela 5);

10 – SPAD3S: baseado na fertilização de N recomendada em pré-plantio pela 5ª aproximação, juntamente com fertilização de N aplicada em cobertura, baseada em 110% do nível crítico SPAD igual a 46,3 (Tabela 5).

A parcelas mediram 4,5 m x 2,0 m, sendo composta de 6 fileiras de plantas, espaçadas de 0,75 m entre fileiras e 0,25 m entre plantas, constando de 48 plantas por parcela, sendo 2 fileiras de bordaduras. Também, as duas plantas das extremidades das fileiras foram bordaduras.

Tabela 5 – Nível crítico SPAD adotado (NC), índice SPAD obtido e dose de N aplicada na batata, em função dos critérios SPAD1S, SPAD2S e SPAD3S, aos 21 dias após a emergência. Experimento 2, época seca

Critério	NC SPAD*	Índice SPAD	Dose de N aplicada (kg ha^{-1}) #
SPAD1S	42,1	38,9	64
SPAD2S	37,9	40,3	- 48
SPAD3S	46,3	39,7	132

* Nível crítico obtido através da equação da Figura 1. # Valor negativo indica a não necessidade de aplicar N.

Tabela 6 – Dose de nitrogênio aplicada na cultura da batata, em pré-plantio e em cobertura em função dos critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada. Experimento 2, época seca

Critério	Dose de N (kg ha^{-1})		Total N (kg ha^{-1})
	Pré-plantio	Cobertura	
1-TestS	0	0	0
2- FertotS	185,8	0	185,8
3- QuinaprS	38	152	190
4- ProdvinS	49,5	198,5	248
5- ProdcinS	124	124	248
6- ProdoitS	198,5	49,5	248
7- ProdcemS	248	0	248
8- SPAD1S	38	64	102
9- SPAD2S	38	0	38
10- SPAD3S	38	132	170

2.2.2. Experimento 2, época das águas

Foram desenvolvidos e avaliados doze critérios (tratamentos) de aplicação de N. Esses critérios foram, em parte, derivados do experimento do ano anterior, realizado na época das águas. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com 6 repetições. Os critérios abaixo definidos propiciaram a aplicação das quantidades de N aplicadas em pré-plantio e em cobertura (Tabela 9).

Os critérios foram:

1 – TestA: considerado como testemunha e não recebeu dose de N;

2 – FertotA: baseado na fertilização que propiciou a ótima produção comercial de tubérculos no experimento do ano anterior (primeiro experimento da época das águas);

3 – QuinaprA: foi seguida a recomendação para a cultura da batata, da 5ª aproximação (FONTES, 1999);

4 – ProdvinA: a quantidade de N a ser aplicada foi estimada utilizando-se o critério de multiplicar a produtividade total obtida no experimento anterior (45,35 Mg ha^{-1}) pelo fator 6,2 kg Mg^{-1} (quantidade de N por quantidade de tubérculo), conforme Fontes (1997). Apenas 20% da dose foi aplicada em pré-plantio e o restante em cobertura;

5 – ProdcinA: idem anterior (Critério 4), com a diferença que 50% da dose foi aplicada em pré-plantio e o restante em cobertura;

6 – ProdoitA: idem Critério 4, com diferença que 80% da dose foi aplicada em pré-plantio e o restante em cobertura;

7 – ProdcemA: idem Critério 4, com diferença que 100% da dose foi aplicada em pré-plantio;

8 – SPAD1A: baseado na fertilização de N recomendada em pré-plantio pela 5ª aproximação, juntamente com fertilização de N aplicada em cobertura, baseada no nível crítico SPAD igual a 43,1 (Tabela 7);

9 – SPAD2A: baseado na fertilização de N recomendada em pré-plantio pela 5ª aproximação, juntamente com fertilização de N aplicada em cobertura, baseada em 90% do nível crítico SPAD igual a 38,8 (Tabela 7);

10 – SPAD3A: baseado na fertilização de N recomendada em pré-plantio pela 5ª aproximação, juntamente com fertilização de N aplicada em cobertura, baseada em 110% do nível crítico SPAD igual a 47,4 (Tabela 7);

11 – Solo1A: fertilização de N em pré-plantio baseada no resultado da análise da amostra de solo. Foi usada a quantidade de completar a dose que propiciou a ótima produção comercial no experimento do ano anterior e fertilização em cobertura, baseada no resultado da análise da amostra de solo para completar a dose que propiciou a ótima produção comercial no experimento do ano anterior (Tabela 8);

Tabela 7 – Nível crítico SPAD adotado (NC), índice SPAD obtido e dose de N aplicada na batata, em função dos critérios SPAD1A, SPAD2A e SPAD3A, aos 21 dias após a emergência. Experimento 2, época das águas

Critério	NC SPAD*	Índice SPAD	Dose de N aplicada (kg ha^{-1})$^{\#}$
SPAD1A	43,1	36,9	101
SPAD2A	38,8	39,4	- 9,77
SPAD3A	47,4	36,9	171

* Nível crítico obtido através da equação da Figura 4. # Valor negativo indica a não necessidade de aplicar N.

Tabela 8 – Nitrato inicial na camada 0-20 cm do solo (Nsolo) e aos 21 dias após a emergência (DAE) (mg kg^{-1}), e doses de N aplicadas em pré-plantio e em cobertura na cultura da batata em função dos critérios Solo1A e Solo2A. Experimento 2, época das águas

Critério	Nsolo inicial	Dose de N aplicada em pré-plantio (kg ha $^{-1}$)	Nsolo 21 DAE	Dose de N aplicada em cobertura (kg ha $^{-1}$)
Solo1A	3,0	43,40	19,51	162,93
Solo2A	3,0	31,40	10,42	129,08

Tabela 9 – Dose de nitrogênio aplicada em batata, em pré-plantio e em cobertura em função dos critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada. Experimento 2, época das águas

Critério	Dose de N (kg ha^{-1})		Total N (kg ha^{-1})
	Pré-plantio	Cobertura	
1-TestA	0	0	0
2- FertotA	50	205,85	255,85
3- QuinaprA	38	152	190
4- ProdvinA	56,23	224,94	281,17
5- ProdcinA	140,59	140,59	281,17
6- ProdoitA	224,93	56,23	281,17
7- ProdcemA	281,17	0	281,17
8- SPAD1A	38	101	139
9- SPAD2A	38	0	38
10- SPAD3A	38	171	209
11- Solo1A	43,40	162,93	206,33
12- Solo2A	31,40	129,08	160,48

12 – Solo2A: fertilização de N em pré-plantio baseada no resultado da análise da amostra de solo. Foi usada a quantidade de completar à dose recomendada pela 5ª aproximação (FONTES, 1999) e fertilização com N em cobertura, baseada no resultado da análise da amostra de solo para completar a dose recomendada pela 5ª aproximação (FONTES, 1999) (Tabela 8).

Esses dois últimos critérios (Solo1A e Solo2A) tiveram como base o PPNT e PSNT.

A adubação com N em pré-plantio foi feita em sulcos e a aplicação de N em cobertura foi realizada aos 21 dias após a emergência (DAE), sendo o adubo colocado 10 cm ao lado das plantas, logo em seguida, a amontoa. O sulfato de amônio foi a fonte de N.

Foram usados tubérculos-sementes médios da cultivar Monalisa. As parcelas tinham 1,5 m x 3,0 m sendo compostas de 4 fileiras de plantas, espaçadas de 0,75 m entre fileiras e 0,25 m entre plantas, constando de 24 plantas por parcela, tendo 2 fileiras de bordadura. Também, as duas plantas das extremidades das fileiras foram bordaduras. Ao final do ciclo, foi avaliada a produção de tubérculos de quatro plantas competitivas.

2.3. Instalação e condução dos experimentos no campo

Os solos foram preparados com a utilização de arado de aiveca e duas passagens de grade niveladora. A adubação de fundação do segundo experimento da seca consistiu em 3.000 kg ha^{-1} de superfosfato simples, 500 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, 200 kg ha^{-1} de sulfato de magnésio, 10 kg ha^{-1} de bórax, 10 kg ha^{-1} de sulfato de zinco, 10 kg ha^{-1} de sulfato de cobre e 250 g ha^{-1} de molibdato de sódio.

Para o segundo experimento da época das águas, o solo foi preparado da mesma forma do experimento anterior e a adubação de fundação foi de 500 kg ha^{-1} de superfosfato simples, 250 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, 200 kg ha^{-1} de sulfato de magnésio, 10 kg ha^{-1} de bórax, 10 kg ha^{-1} de sulfato de zinco, 10 kg ha^{-1} de sulfato de cobre e 250 g ha^{-1} de molibdato de sódio.

Após o plantio das batatas-sementes previamente brotadas foi feito o controle de pragas, doenças e plantas daninhas de acordo com as recomendações de manejo da cultura (FONTES, 2005).

Irrigações foram realizadas por aspersão apenas no experimento da época seca. A lâmina de irrigação foi estabelecida a partir da estimativa da evapotranspiração de referência e do coeficiente de cultura (Kc). A estimativa de evapotranspiração de referência foi realizada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN, 1993). O solo foi mantido com umidade próxima a capacidade de campo (Tabela 10). Uma semana antes da colheita foi suspensa a irrigação.

Tabela 10 – Médias da lâmina líquida de água e número de irrigação aplicados durante os diversos estádios da cultura. Experimento 2, época seca

Estádio	Semana	Lâmina líquida (mm semana^{-1})	Número de irrigação (semana)
Emergência	1	12,50	2
	2	12,30	2
Vegetativo	3	13,80	2
	4	16,60	2
Tuberização	5	21,90	1
	6	21,90	1
	7	21,50	1
	8	19,70	1
	9	18,70	1
	10	19,70	1
	11	18,70	1
	12	13,80	1
Senescência	13	13,20	1
	14	13,40	1
	15	0,00	0
	16	0,00	0
		Total = 237,72	

2.4. Características avaliadas

2.4.1. Número e produção de tubérculos comerciais, não-comerciais e totais

Uma semana após o total secamento da parte aérea (77 e 70 DAE, para o plantio da seca e das águas, respectivamente), quatro plantas competitivas foram colhidas e determinados o número e a produção de tubérculos comerciais (sem problemas de pragas, doenças, emboneca-mento, esverdeamento, dano mecânico, rachadura, etc.), não comerciais (com problemas anteriormente citados) e total (comercial e não comercial). Os tubérculos foram classificados de acordo com as normas do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MARA, 1995).

2.4.2. Análise econômica

Para os cálculos foram utilizados os valores médios de cada tratamento. Assim, considerou-se a produtividade comercial da batata (kg ha^{-1}) em cada critério de manejo de N. A dose de nitrogênio utilizada como base para os cálculos foi 190 kg ha^{-1} e os custos de produção total (fixos e variáveis) foram baseados em Fontes (2005) que calculou em 10.000 R$ ha^{-1} em ambas as épocas de plantio, e o preço do sulfato de amônio foi 0,66 R$ kg^{-1}. O lucro líquido foi calculado multiplicando o preço obtido com a venda da batata (R$ kg^{-1}) *versus* a produtividade comercial da batata (lucro bruto) menos os custos de produção total (ALVAREZ V., 1994). Os preços da batata foram 0,60 e 1,20 R$ kg^{-1} para a época seca e das águas, respectivamente.

2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste t, utilizando-se contrastes ortogonais, ao nível de 5% de probabilidade, seguindo os procedimentos recomendados por

Gomes (2000). Para isso, foram utilizados os softwares SAS (SAS, 1990) e SAEG (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

Os critérios (tratamentos) de N foram divididos em grupos devido terem a mesma origem e, analisados os contrastes pelo teste t, da seguinte forma: grupo 1 (critérios: 1, 2 e 3), grupo 2 (critérios: 4, 5, 6 e 7), grupo 3 (critérios: 8, 9 e 10) e grupo 4 (critérios: 11 e 12). Este último grupo foi estudado apenas no experimento 2 das águas, pois no experimento 2 da época seca não foram incluídos os critérios 11 e 12. Os critérios foram comparados dentro de cada grupo, bem como os grupos comparados entre si, da seguinte forma entre os grupos: grupo (gr)1 *versus* (*vs*) gr2, gr1 *vs* gr3, gr1 *vs* gr4, gr2 *vs* gr3, gr2 *vs* gr4 e gr3 *vs* gr4, e dentro de grupos: gr1 (Critério ou Tratamento (T1) *vs* T2, e T1 *vs* T3), gr2 (T4 *vs* T5, T4 *vs* T6 e T4 *vs* T7), gr3 (T8 *vs* T10 e T9 *vs* T10) e gr4 (T11 *vs* T12).

As produções de tubérculos comerciais e a análise econômica dos dois experimentos foram comparadas por meio de análise conjunta, não considerando os critérios 11 e 12 que somente foram estudados no experimento da época das águas.

3. Resultados e discussão

3.1. Experimento 2, época seca

3.1.1. Número de tubérculos comercial, não comercial e total

O número de tubérculos comerciais, não comerciais e total não diferiu estatisticamente em função dos critérios de aplicação de N (Tabela 11). Pesquisa realizada por Breganoli (2006) também não verificou diferenças quanto ao número de tubérculos, quando se estudou três cultivares de batata em São Paulo, utilizando NPK, na mesma época de plantio.

Tabela 11 – Número de tubérculos comercial, não comercial e total produzidos por planta, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	Número comercial	Número não comercial	Número total
1 - TestS	0	1	6,8 A*	0,1 A	6,9 A
2 - FertotS	185,8	1	7,4 A	0,1 A	7,5 A
3 - QuinaprS	190	1	7,7 A	0,0 A	7,7 A
4 - ProdvinS	248	2	8,0 A	0,1 A	8,1 A
5 - ProdcinS	248	2	7,8 A	0,0 A	7,8 A
6 - ProdoitS	248	2	7,9 A	0,0 A	7,9 A
7 - ProdcemS	248	2	8,0 A	0,1 A	8,1 A
8 - SPAD1S	102	3	7,7 A	0,0 A	7,7 A
9 - SPAD2S	38	3	6,7 A	0,0 A	6,7 A
10 - SPAD3S	170	3	7,1 A	0,0 A	7,1 A

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P<0,05).

3.1.2. Produção comercial, não comercial e total

Para as características produção comercial, não comercial e total de tubérculos, também não se verificou diferença estatística significativa, quando se utilizou os diferentes critérios de manejo de N (Tabela 12).

Tabela 12 – Produção (g) por planta de tubérculos comercial, não comercial e total em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	Produção comercial	Produção não comercial	Produção total
1 - TestS	0	1	532,71 A*	10,42 A	543,13 A
2 - FertotS	185,8	1	619,58 A	9,79 A	629,38 A
3 - QuinaprS	190	1	687,50 A	0,00 A	687,50 A
4 - ProdvinS	248	2	564,79 A	5,83 A	570,63 A
5 - ProdcinS	248	2	581,88 A	0,00 A	581,88 A
6 - ProdoitS	248	2	605,83 A	8,54 A	614,38 A
7 - ProdcemS	248	2	599,58 A	9,38 A	608,96 A
8 - SPAD1S	102	3	617,71 A	3,75 A	621,46 A
9 - SPAD2S	38	3	559,38 A	0,00 A	559,38 A
10 - SPAD3S	170	3	689,79 A	0,00 A	689,79 A

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P<0,05).

Na primavera e outono, no Rio Grande do Sul, Andreu (2005) verificou rendimentos médios de 18,43 e 11,29 Mg ha^{-1}, respectivamente, com número médio de tubérculos por plantas de 7,10 e 6,38, utilizando 100 kg ha^{-1} de N. Considerando o SPAD1S (Critério 8), utilizando praticamente essa mesma dose de N, foi encontrado rendimento próximo ao dobro (33,14 Mg ha^{-1}) do encontrado na região gaúcha, com número de tubérculos por planta também próximos (7,7). Com a cultivar Snowden cultivada na época seca para avaliar fertilização com N no plantio (primeira adubação) e em cobertura (adubação aos 42 e 78 dias após o plantio), Oliveira (2000) encontrou o maior e o menor rendimentos (40,60 e 25,50 Mg ha^{-1}) com as formulações 40-80-30 e 40-0-0, respectivamente, sendo essa última dose muito próxima à aplicada no critério SPAD2S, onde o rendimento ultrapassou 29,83 Mg ha^{-1} encontrado por Oliveira (2000).

Comparando-se a resposta à dose recomendada no experimento anterior (185,8 kg ha^{-1} de N em pré-plantio e 0 kg ha^{-1} de N em cobertura) que proporcionou a máxima produção comercial de tubérculos de 744,76 g por planta, com a produção comercial de tubérculos (619,58 g por planta) com a mesma dose no presente experimento, verifica-se uma diferença de 126,61 g por planta, ou seja, 20% menos. Isso foi devido ao efeito de ano e qualidade de sementes, pelo menos. Apesar do critério FertotS não ter proporcionado a maior produção comercial de tubérculos, essa não diferiu quando comparada com a produção comercial proporcionada pelos demais critérios (Tabela 12).

3.1.3. Análise econômica

Assumindo como ótima a população de 53.333 plantas ha^{-1}, os valores estimados da produtividade comercial variaram de 28.411 a 36.789 kg ha^{-1} (Tabela 13) e o gasto com adubo nitrogenado de 0,00 a R$ 818,40. O maior e o menor lucro líquido foram obtidos quando se utilizou o SPAD3S (Critério 10) e o TestS (Critério1), respectivamente. A diferença de lucro líquido entre os Critérios 10 e 1 foi de 4.465,80 R$, o que equivale a 58% a mais.

Tabela 13 – Análise econômica da produtividade comercial (PC) de tubérculos em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época seca

Critério	Total N (kg ha^{-1})	PC (kg ha^{-1})	Gasto com N (R$ ha^{-1})	Custo total (R$ ha^{-1})	Lucro bruto (R$ ha^{-1})	Lucro líquido (R$ ha^{-1})
1 - TestS	0	28.411	0,00	9.373,00	17.046,60	7.673,60
2 - FertotS	185,8	33.044	607,20	9.980,20	19.826,40	9.846,20
3 - QuinaprS	190	36.666	627,00	10.000,00	21.999,60	11.999,60
4 - ProdvinS	248	30.122	818,40	10.191,40	18.073,20	7.881,80
5 - ProdcinS	248	31.033	818,40	10.191,40	18.619,80	8.428,40
6 - ProdoitS	248	32.310	818,40	10.191,40	19.386,00	9.194,60
7 - ProdcemS	248	31.977	818,40	10.191,40	19.186,20	8.994,80
8 - SPAD1S	102	32.944	336,60	9.709,00	19.766,40	10.057,40
9 - SPAD2S	38	29.833	125,40	9.498,40	17.899,80	8.401,40
10 - SPAD3S	170	36.789	561,00	9.934,00	22.073,40	12.139,40

Estudos realizados com batata (DENUIT *et al*., 2002; GIL *et al*., 2002; GIANQUINTO *et al*., 2003), utilizando-se o medidor SPAD, demonstraram que o clorofilômetro é ferramenta útil no manejo da aplicação de N, conseqüentemente, proporcionando ótima produção de tubérculos e maior lucro ao produtor.

Esperava-se que o critério TestS proporcionasse menor produção e pequeno lucro líquido, porque não se aplicou N tanto em pré-plantio quanto em cobertura.

3.2. Experimento 2, época das águas

3.2.1. Número de tubérculos comercial, não comercial e total

Não houve efeito significativo de número comercial, não comercial e total de tubérculos produzidos por planta, quando comparou-se os diferentes critérios de manejo de N (Tabela 14).

Tabela 14 – Número de tubérculos comercial, não comercial e total produzidos por planta, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	Número comercial	Número não comercial	Número total
1 - TestA	0,00	1	7,3 A*	0,5 A	7,8 A
2 - FertotA	255,85	1	4,4 A	0,8 A	5,2 A
3 - QuinaprA	190,00	1	7,3 A	0,8 A	8,1 A
4 - ProdvinA	281,17	2	4,9 A	1,0 A	5,9 A
5 - ProdcinA	281,17	2	8,4 A	1,4 A	9,8 A
6 - ProdoitA	281,17	2	7,8 A	0,6 A	8,4 A
7 - ProdcemA	281,17	2	8,4 A	0,9 A	9,3 A
8 - SPAD1A	139,00	3	6,7 A	0,6 A	7,3 A
9 - SPAD2A	38,00	3	5,9 A	0,5 A	6,4 A
10 - SPAD3A	209,00	3	7,0 A	0,8 A	7,8 A
11 - Solo1A	206,33	4	6,8 A	1,1 A	7,9 A
12 - Solo2A	160,48	4	8,3 A	0,4 A	8,7 A

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($P<0,05$).

O critério de aplicação de N adotado na época das águas (Tabela 14), similar ao utilizado no experimento da época seca (Tabela 11), não influenciou o número de tubérculos produzidos. Esses resultados concordam com os encontrados por Breganoli (2006), quando estudou três cultivares de batata em São Paulo, utilizando NPK, na época seca.

3.2.2. Produção comercial, não comercial e total

Ocorreu diferença estatística para produção comercial quando confrontou-se o grupo 1 (gr1) *versus* (*vs*) o grupo 2 (gr2) (Tabela 15). Nos critérios 1 e 6 evidenciou-se esta diferença, com o critério ProdoitA proporcionando aumento de 135% na produção comercial, comparado com o critério TestA. Também verificou-se diferença entre os gr2 e gr3, com o critério ProdoitA proporcionando aumento de 181% na produção comercial, comparado com o critério SPAD3A. Dentro do gr2 verifica-se diferença estatística entre os critérios 6 e 4, com este primeiro proporcionando produção comercial em torno de 118% maior. Com relação à produção total, percebeu-se diferença entre os gr2 e gr3, onde os critérios 5 e 6 superaram o critério 10 verificando-se, também diferença entre os gr1 e gr2, com o critério 6 proporcionando maiores valores de produção total quando comparado com o critério 1. Na característica produção não comercial não se percebeu diferenças estatísticas (Tabela 15).

O critério TestA, sem adição de N, proporcionou as menores produções de tubérculos na época das águas, evidenciando a importância da aplicação de N para obtenção de maior produção. No critério SPAD3A verificaram-se as menores produções nesta época de plantio, assim sendo, não recomenda-se o seu uso na época das águas. Esses resultados não concordam com trabalhos realizados na cultura da batata utilizando-se o medidor SPAD para manejar a aplicação de N (DENUIT *et al*., 2002; GIANQUINTO *et al*., 2003), provavelmente porque com o critério SPAD3A utilizou-se 10% a mais do valor do nível crítico SPAD, o que ocasionou menor produção. Assim, os demais critérios, exceto o TestA, ProdvinA e SPAD3A, podem ser recomendados para obtenção de maior produção comercial de tubérculos de batata. Os resultados do presente trabalho

Tabela 15 – Produção (g) por planta de tubérculos comercial, não comercial e total em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	Produção comercial	Produção não comercial	Produção total
1 - TestA	0,00	1	259,93 BC**	47,78 A	307,71 BC
2 - FertotA	255,85	1	357,50 ABC	41,60 A	399,10 ABC
3 - QuinaprA	190,00	1	351,38 ABC	54,45 A	405,80 ABC
4 - ProdvinA	281,17	2	279,55 BC	88,05 A	367,60 ABC
5 - ProdcinA	281,17	2	556,68 AB	68,87 A	625,60 AB
6 - ProdoitA	281,17	2	610,53 A	32,22 A	642,80 A
7 - ProdcemA	281,17	2	503,21 ABC	73,55 A	576,80 ABC
8 - SPAD1A	139,00	3	444,88 ABC	26,95 A	471,80 ABC
9 - SPAD2A	38,00	3	366,93 ABC	37,50 A	404,40 ABC
10 - SPAD3A	209,00	3	217,48 C	38,60 A	256,10 C
11 - Solo1A	206,33	4	368,75 ABC	59,87 A	428,60 ABC
12 - Solo2A	160,48	4	473,60 ABC	52,22 A	525,80 ABC

** Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P<0,01).

também são diferentes dos encontrados por Araújo (2004), que, na cultura do tomate, verificou que o critério baseado no índice crítico SPAD proporcionou maiores produções comercial e total. Entretanto, esse autor verificou que na testemunha houve menores produções de tomate apesar do teor de nitrato inicial do solo ser alto (293,6 kg ha^{-1}). Ademais, houve alta precipitação no primeiro mês após o transplantio, o que pode ter causado lixiviação, e sugere que o índice SPAD pode ser utilizado tanto para o diagnóstico do estado nutricional nitrogenado quanto para o prognóstico da produção de frutos.

Embora a quantidade total de N aplicada tenha sido a mesma nos critérios ProdvinA e ProdoitA (281,17 kg ha^{-1}), a aplicação em pré-plantio foi muito diferente, 20 e 80% do valor total desta dose, para ProdvinA e ProdoitA, respectivamente. Como a precipitação pluviométrica foi igual na área experimental, a lixiviação provavelmente propiciou no critério ProdvinA menor quantidade de N disponível para a batata, o que pode ter proporcionado menor produção comercial.

No primeiro experimento da época das águas, comparando com o segundo na mesma época, os resultados mostram produções comerciais diferenciadas proporcionadas pelo critério FertotA (50 e 205,85 kg ha^{-1} de N em pré-plantio e cobertura, respectivamente) (Figura 6 do primeiro artigo e Tabela 15), com 833,66 e 357,50 g/planta, respectivamente. O critério ProdoitA (224,93 e 56,23 kg ha^{-1} de N em pré-plantio e cobertura, respectivamente) (Tabela 15) proporcionou maiores valores de produção comercial, muito embora não tenha diferido estatisticamente do valor proporcionado pelo critério FertotA. Isto provavelmente ocorreu devido a diferença na quantidade de água precipitada nos dois experimentos (Tabela 2 do primeiro artigo e Tabela 2), principalmente nos estádios de emergência e vegetativo, percebe-se que as doses aplicadas são praticamente o inverso. Assim, em época das águas, com chuvas excessivas é preferível aplicar o critério FertotA, e com volume menor de água, o critério ProdoitA. Como a precipitação é algo que não se pode controlar, talvez seria interessante utilizar toda dose do critério ProdoitA (281,17 kg ha^{-1} de N) em pré-plantio na época das águas.

Confrontando os resultados de produção da época seca com o da época das águas, verifica-se maior produção na primeira época. Segundo Pereira e Daniels (2003) altas temperaturas acarretam menor área foliar, redução no crescimento das raízes, o que é uma desvantagem para a absorção de água e nutrientes e conseqüentemente redução na produção de tubérculos. Conforme Davenport *et al*. (2002), a variação de solo para solo e de época para época, acarretam inconsistência dos resultados e de suas interações (solo e época), dificultando a interpretação do rendimento dos tubérculos em função da quantidade aplicada de N.

3.2.3. Análise econômica

O maior lucro líquido foi alcançado quando se utilizou o critério ProdoitA (28.772,34 R$ ha^{-1}) com a dose de 281,17 kg ha^{-1}, e o menor foi 3.856,10 R$ ha^{-1} obtido com o critério SPAD3A com a dose de 209 kg ha^{-1} de N (Tabela 16), sendo a diferença 24.916,20 R$ ha^{-1}, o que equivale a um lucro líquido 646% maior.

Tabela 16 – Análise econômica da produtividade comercial (PC) de tubérculos em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época das águas

Critério	Total N (kg ha^{-1})	PC (kg ha^{-1})	Custo do N (R$ ha^{-1})	Custo total (R$ ha^{-1})	Lucro bruto (R$ ha^{-1})	Lucro líquido (R$ ha^{-1})
1 - TestA	0,00	13.863	0,00	9.373,00	16.635,60	7.262,60
2 - FertotA	255,85	19.067	844,30	10.217,30	22.880,40	12.663,10
3 - QuinaprA	190,00	18.740	627,00	10.000,00	22.4880	12.488,00
4 - ProdvinA	281,17	14.909	927,90	10.300,86	17.890,80	7.589,94
5 - ProdcinA	281,17	29.689	927,90	10.300,86	35.626,80	25.325,94
6 - ProdoitA	281,17	32.561	927,90	10.300,86	39.073,20	28.772,34
7 - ProdcemA	281,17	26.838	927,90	10.300,86	32.205,60	21.904,74
8 - SPAD1A	139,00	23.727	458,70	9.831,70	28.472,40	18.640,70
9 - SPAD2A	38,00	19.569	125,40	9.498,40	23.482,80	13.984,40
10 - SPAD3A	209,00	11.599	689,70	10.062,70	13.918,80	3.856,10
11 - Solo1A	206,33	19.667	680,90	10.053,88	23.600,40	13.546,52
12 - Solo2A	160,48	25.259	529,60	9.902,58	30.310,80	20.408,22

O critério SPAD3A não é eficiente na época das águas para a obtenção de altos lucros (diferentemente do que ocorreu na época seca), provavelmente pela lixiviação da pequena quantidade de N aplicada em pré-plantio (38 kg ha^{-1}). No critério ProdoitA percebe-se que em época chuvosa a necessidade de aplicar maiores doses de N em pré-plantio (224,93 kg ha^{-1}) e baixas doses de N em cobertura (56,23 kg ha^{-1}), para se obter altos rendimentos e conseqüentemente maior lucro líquido, o que indica que mesmo tendo ocorrido lixiviação esta não foi suficiente para deixar o solo com deficiência de nitrato e prejudicar a cultura.

3.3. Análise conjunta da produção comercial e total de tubérculos obtidas no experimento 2, nas épocas da seca e das águas

Ocorreu interação significativa entre os fatores épocas de plantio e critérios para a recomendação de N nas produções comercial e total (Tabela 17). Ambas as produções comercial e total, em cada critério, foram maiores, de modo geral, na época seca. Na época seca não houve diferença significativa, sendo a produção comercial média por planta 605,66 g, porém, na época das águas os critérios 5, 6 e 7 proporcionaram as maiores produções comerciais com 556,68, 610,53 e 503,20 g/planta, respectivamente.

Os resultados indicam que a época seca é a mais propícia para a cultura independente do critério de manejo de N utilizado. Na época das águas, os critérios 5, 6 e 7, foram os mais indicados, pois propiciaram as maiores produções comerciais de tubérculos (Tabela 17). Esses três critérios têm em comum a dose de 281,17 kg ha^{-1} de N, aplicadas 50, 80 e 100% em pré-plantio, assim, provavelmente, o volume e a distribuição da chuva (Tabela 2) lixiviaram apenas parte do fertilizante, mas não o suficiente para que causassem deficiência de N para as plantas. Assim, o fertilizante nitrogenado aplicado na época chuvosa, quando a perda por lixiviação é grande (ERREBHI *et al*., 1998) deve ser parcelado em cobertura, conforme os critérios 5 e 6, com os quais foram obtidos as maiores produções (no critério 7 essa aplicação de N em cobertura não foi realizada).

Tabela 17 – Análise conjunta da produção (g) por planta de tubérculos comercial e total de batata em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, épocas seca e das águas

Critério	Produção comercial		Produção total	
	Época de plantio		Época de plantio	
	Seca	Águas	Seca	Águas
1	532,71 A*	259,93 B	543,12 A	307,72 A
2	619,58 A	357,50 B	629,38 A	399,10 B
3	687,50 A	351,38 B	687,50 A	405,83 B
4	564,79 A	279,55 B	570,62 A	367,60 B
5	581,88 A	556,68 A	581,88 A	625,55 A
6	605,83 A	610,53 A	614,38 A	642,75 A
7	599,58 A	503,20 A	608,96 A	576,76 A
8	617,71 A	444,88 B	621,46 A	471,83 A
9	559,38 A	366,93 B	559,38 A	404,43 A
10	689,79 A	217,48 B	689,79 A	256,08 B

* Para cada característica, médias na linha seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P<0,05).

No Rio Grande do Sul estudou-se cultivares de batata, em duas épocas de plantio, Andreu (2005) verificou na época seca, utilizando-se irrigação complementar, menor produção comercial (271,07 g/planta) quando comparada com a produção da época das águas (442,33 g/planta). Segundo Pereira e Campos (1999), isso ocorreu devido principalmente ao fotoperíodo mais curto na safra de outono (seca) que, combinado às baixas temperatura e alta umidade do ar, dificultaram a expansão da área foliar e, conseqüentemente, da taxa fotossintética, resultando num menor crescimento dos tubérculos. Os resultados de Andreu (2005) diferiram dos encontrados no presente trabalho, provavelmente devido à utilização de várias combinações de genotípos, ambientais e de manejo.

3.4. Análise econômica conjunta da produtividade comercial obtida no experimento 2, nas épocas da seca e das águas

A maior lucratividade foi alcançada quando se utilizou o critério 6 (18.983,47 R$ ha^{-1}), e a menor com o critério 1 (7.468,10 R$ $ha^{-}1$) (Tabela 18), sendo a diferença 11.515,37 R$ ha^{-1} o que equivale a um lucro líquido 154% maior.

Tabela 18 – Análise econômica conjunta da produtividade comercial (PC) de tubérculos em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, épocas seca e das águas

Critério	PC (kg ha^{-1})	Gasto com N (R$ ha^{-1})	Custo total (R$ ha^{-1})	Lucro bruto (R$ ha^{-1})	Lucro líquido (R$ ha^{-1})
1	21.137	0,00	9.373,00	16.841,10	7.468,10
2	26.056	725,75	10.098,75	21.353,40	11.254,65
3	27.703	627,00	10.000,00	22.243,80	12.243,80
4	22.516	873,15	10.246,13	17.982,00	7.735,87
5	30.361	873,15	10.246,13	27.123,30	16.877,17
6	32.436	873,15	10.246,13	29.229,60	18.983,47
7	29.408	873,15	10.246,13	25.695,90	15.449,77
8	28.336	397,65	9.770,35	24.119,40	14.349,05
9	24.701	125,40	9.498,40	20.691,30	11.192,90
10	24.194	625,35	9.998,35	17.996,10	7.997,75

A análise conjunta econômica indicou que ao não aplicar N (critério 1) o produtor de batata não terá o maior lucro e que o critério 6 indica que é importante parcelar a quantidade do fertilizante e aplicar alta dose de N em pré-plantio e baixa dose de N em cobertura, aos 21 DAE.

4. Conclusões

4.1. Experimento 2, época seca

A produtividade de batata não foi influenciada pelos critérios de manejo de N.

O maior lucro líquido foi obtido com o critério número 10.

4.2. Experimento 2, época das águas

A produtividade de batata foi influenciada pelos critérios de manejo de N.

O maior lucro líquido foi obtido com o critério número 6.

4.3. Análise conjunta dos dois experimentos

Épocas e critérios de manejo do N influenciaram a produtividade comercial de tubérculos.

A maior produtividade foi obtida na época seca.

O maior lucro líquido foi obtido com o critério número 6.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R. G. New approaches to estimating crop evapotranspiration. **Acta Horticulturae**, Brugge, v. 335, p. 287-293, 1993.

ALVAREZ V., V. H. **Avaliação da fertilidade do solo**. Universidade Federal de Viçosa. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Solos. Viçosa. Editora: UFV, 75 p. 1994.

ANDREU, M. A. Associação entre características agronômicas da batata nos plantios de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 925-929, 2005.

ARAÚJO, A. R.; CARVALHO, J. L. N.; GUILHERME, L. R. G.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Movimentação de nitrato e amônio em colunas de solo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 537-541, 2004a.

ARAÚJO, C. **Critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido e no campo**. 2004. 220 f. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2004.

BILBAO, M.; MARTÍNEZ, J. J.; DELGADO, A. Evaluation of soil nitrate as a predictor of nitrogen requirement for sugar beet grown in a Mediterranean climate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 96, p. 18-25, 2004.

BREGANOLI, M. **Qualidade e produtividade de cultivares de batata para indústria sob diferentes adubações**. 2006. 141 p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2006.

BUNDY, L. G.; ANDRASKI, T. W. Soil yield potential effects on performance of soil nitrate tests. **Journal Production Agriculturae**, Madison, v. 8, p. 561-568, 1995.

DAVENPORT, J. R.; REDULLA, C. A.; EVANS, R. G.; HATTENDORF, M. J.; ALVA, A. K.; BOYDSTON, R. A. Relating potato yield and quality field scale variability in soil characteristics. **American Journal of Potato Research**, New Brunswick, v. 29, p. 317-323, 2002.

DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO A. C. **Análise química do solo**. 2 ed. Viçosa: UFV, 1997. 26 p.

DENUIT, J. P.; OLIVIER, M.; GOFFAUX, M. J.; HERMAN, J. L.; GOFFART, J. P.; DESTAIN, J. P.; FRANKINET, M. Management of nitrogen fertilization of winter wheat and potato crops using chlorophyll meter for crop nitrogen status assessment. **Agronomie**, Avignon, v. 22, p. 847-853, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de janeiro, RJ) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de informação. Rio de janeiro: Embrapa. Solos, 1999. 412 p.

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

FONTES, P. C. R. Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa-MG, 1999. 359 p.

FONTES, P. C. R. **Olericultura**: teoria e prática. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 486 p.

FONTES, P. C. R. **Preparo do solo, nutrição mineral e adubação da batateira**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 42 p.

FOX, R. H.; ROTH, G. W.; IVERSON, K. V.; PIEKIELEK, W. P. Soil and tissue nitrate tests compared for predicting soil nitrogen availability to corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 971-974, 1989.

FRANK, K. D.; ROETH, F. W. Using soil organic matter to help make fertilizer and pesticide recommendations. In: MAGDOOF, F. R.; TABATABAI, M. A.; HANLON, E. A., JR (Ed.) **Soil organic matter**: Analysis and interpretation. SSSA Spec. Publ. 46, p. 33-40, SSSA. Madison, WI. 1996.

GIANQUINTO, G.; SAMBO, P.; BONA, S. The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the nitrogen supply in potato crop: A methodological Approach. **Acta Horticulturae**, Brugge, v. 607, 2003.

GIL P. T.; FONTES P. C. R.; CECON P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, 2002.

KOEPPEN, W. **Climatologia**. Tradução: Pedro R. H. Perez. Buenos Aires, Gráfica Panamericana, 1948. 478 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO – MARA. Portaria nº 69 de 21 fevereiro de 1995. **Norma de identidade, qualidade, acondicionamento, embalagem para fins de comercialização**.

OLIVEIRA, C. A. S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 939-950, 2000.

PEREIRA, A. S.; CAMPOS, A. Teor de açúcar em genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 13-16, 1999.

PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Clima Temperado, 2003. 567 p.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

ROZAS, H. S.; ECHEVERRÍA, H. E.; STUDDERT, G. A.; DOMÍNGEZ, G. Evaluation of the presidedress soil nitrogen test for no-tillage maize fertilized at planting. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 1176-1183, 2000.

SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; BRITO, C. H.; DORNELAS, C. S. M.; NÓBREGA, J. P. R. Produção de batata-doce adubada com esterco bovino em solo com baixo teor de matéria orgânica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 103-106, 2006.

SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R. Teores de nitrato na seiva da batateira determinados por microeletrodo portátil e fita colorimétrica em função de doses de nitrogênio em época seca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, 2005. (Suplemento CD).

VAVRINA, C. S.; HOCHMUTH, G. J.; CORNELL, J. A.; OLSON, S. M. Nitrogen fertilization of Florida-grown tomato transplants: seasonal variation in greenhouse and field performance. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 2, p. 251-254, 1998.

YANG, J. E.; SKOGLEY, E. O.; SCHAFF, B. E.; KIM, J. J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 62, p. 1108-1115, 1998.

Eficiência de utilização do nitrogênio pela batata em função dos critérios para a adubação nitrogenada em duas épocas de plantio

Resumo: Objetivou-se avaliar a eficiência de utilização de nitrogênio pela batata em função de critérios para a adubação nitrogenada em duas épocas de plantio. Foram avaliados dez critérios de aplicação de N, na época seca e, doze critérios de N, na época das águas. Esses critérios foram, em parte, derivados do experimento do ano anterior, realizado em ambas as épocas de plantio. Os critérios foram: 1 – Test: testemunha que não recebeu N; 2 – Fertot: dose ótima de N determinada em experimento do ano anterior; 3 – Quinapr: recomendação do estado de Minas Gerais; 4 – Prodvin: dose de N baseada na produtividade esperada, sendo 20% em pré-plantio; 5 – Prodcin: igual ao número 4, mas com 50% em pré-plantio; 6 – Prodoit: igual ao número 4, mas com 80% em pré-plantio; 7 – Prodcem: igual ao número 4, mas com 100% em pré-plantio; 8 – SPAD1: dose de N em pré-plantio, baseada na recomendação do estado de Minas Gerais, e dose de N em cobertura baseada em 100% do nível crítico (NC) SPAD na folha; 9 – SPAD2: igual ao número 8, mas com 90% do NC; 10 – SPAD3: igual ao número 8, mas com 110% do NC; 11 – Solo1A: dose de N baseada na análise de solo e calculada para completar a dose que propiciou a ótima produção comercial no experimento do ano anterior e 12 – Solo2A: idem anterior, para completar a dose recomendada pela recomendação do estado de Minas Gerais. Os critérios baseados na análise de solos apenas foram testados na época das águas. A aplicação do N sob a forma de sulfato de amônio foi realizada em pré-plantio no sulco de plantio e as doses em cobertura foram distribuídas em dois lados das plantas, aos 21 dias após a emergência (DAE), realizando-se em seguida a amontoa. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições. A cultivar foi a Monalisa. Na época seca, as eficiências de uso, de utilização, de absorção e agronômica do N foram inversamente proporcionais às quantidades de N aplicadas. Os critérios de manejo influenciaram o balanço do N no sistema solo-planta e as eficiências de utilização, de absorção e agronômica do N. Na época das águas, os critérios de manejo influenciaram o índice de colheita, o teor de nitrato residual no solo e as eficiências de uso, de absorção, de recuperação e agronômica do N.

Termos para indexação: *Solanum tuberosum* L., adubação nitrogenada, adubação parcelada, eficiência de uso, utilização.

Nitrogen utilization efficiency by potato plants according to nitrogen fertilizer management criteria in two planting seasons

Abstract: It was aimed to evaluate the nitrogen (N) utilization efficiency by potato plants according to N fertilizer management criteria in two planting seasons. Ten criteria were evaluated in the dry season and twelve in the wet season. These criteria were partly derived from previous year experiment, set in both planting seasons. The defined following The criteria were: 1 - Test: control, no N fertilizer; 2 - Fertot: optimum N rate determined from previous year experiment; 3 - Quinapr: MG State fertilizer recommendation; 4 - Prodvin: N rate based on the expected tuber yield, being 20% at pre-planting; 5 - Prodcin: equal number 4 but with 50% at pre-planting; 6 - Prodoit: equal number 4 but with with 80% at pre-planting; 7 - Prodcem: equal to number 4 but with 100% at pre-planting; 8 - SPAD1: pre-planting N rate based on MG State recommendation and side-dress N based on 100% of leaf SPAD critical level; 9 - SPAD2: equal to 8 but with 90% of SPAD critical level; 10 - SPAD3: equal to 8 but with 110% of SPAD critical level); 11 – Soil 1A: N rate based on the soil analysis and calculated to complete the N rate which had propitiated the optimum commercial yield in previous year experiment and 12 – Soil 2A: equal to the previous one but N rate to complete the MG State recommendation. The criteria based on soil analysis were only tested at the wet season. The pre-planting N, as ammonium sulfate, was applied in the planting furrow and the sidedress rates were distributed at two plant sides, at 21 days after the emergence (DAE), immediately before the plant hill up. The experiment was set as randomized blocks with four repetitions. The cultivar was Monalisa. On the dry season, the N efficiencies of use, utilization, absorption and agronomic were inversely proportional to N rates. The management criteria influenced the N balance in the soil-plant system and also the N efficiencies of utilization, absorption and agronomic. In the wet season, the management criteria influenced the harvest index, the residual nitrate contents in the soil and the N efficiencies of use, absorption, recovery and agronomic.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., nitrogen fertilization, sidedress, use efficiency, utilization.

1. Introdução

Há na literatura diversos componentes para definir a eficiência nutricional, como: eficiência de absorção, de utilização, agronômica, fisiológica e de recuperação do nutriente (LI *et al*., 1991; FURTINI NETO, 1994; GOURLEY *et al*., 1994; FAGERIA, 1998). Importância deve ser dada ao genótipo, métodos de cultivo, fertilidade natural do solo, exigências nutricionais (VOSE, 1987), morfologia e fisiologia da raiz (SAUERBECK e HELAL, 1990), alelopatia, clima e manejo de pragas, doenças e plantas daninhas (FAGERIA, 1998). A eficiência nutricional nitrogenada na batata, em termos amplos, é a quantidade de tubérculos produzidos por unidade de nitrogênio aplicado, levando em consideração o N existente no solo e na água de irrigação.

Alta eficiência no uso do N é importante para os cultivos sendo alcançada com o manejo correto da adubação nitrogenada. O procedimento de recomendação da dose de N a ser aplicada é importante, podendo-se aplicar o fertilizante de maneira fracionada, em pré-plantio e em cobertura, concomitantemente com a demanda da planta (BINDER *et al*., 2000). A eficiência no uso do N aplicado como adubo pode ser elevada o que permite a redução da dose do fertilizante para uma quantidade que propicie ótima produtividade (FERNÁNDEZ *et al*., 1998).

Por causa da dinâmica do N no solo, a sua quantificação no solo, para recomendação de adubação, tem sido pouco utilizada. Alguns estudos de campo mostram não ocorrer correlação entre as quantidades de nitrato no solo e a produção, ou mesmo com o conteúdo de N na planta (FAGERIA *et al*., 1999). Dentre os principais problemas com interpretação dos resultados da análise de N no solo destacam-se: dificuldade de amostragem apropriada (a água da chuva pode levar o nitrato para camadas profundas); a atividade microbiológica na amostra deve ser paralisada, a fim de se evitar a nitrificação; o conteúdo de nitrato medido em um dia pode ser perdido no outro; o conteúdo de nitrato no solo em determinado dia pode não correlacionar com o conteúdo de nitrato disponível ao longo do ciclo de uma cultura (FAGERIA *et al*., 1999). Entretanto, não se pode descartar a determinação do teor de nitrato no solo como ferramenta no processo de

recomendação de adubação. Essa técnica é utilizada em cultura de ciclo curto (DAHNKE e JOHNSON, 1990) e, em regiões em que não ocorram excessivas lixiviações (RAIJ, 1981).

Segundo Neeteson e Zwetsloot (1989), a batateira tem desempenho prejudicado quando o conteúdo de N do solo é muito elevado, mostrando que a planta responde a esse nutriente no solo. Isso pode suscitar a possibilidade de usar a análise de solo para correta fertilização nitrogenada. Pesquisa realizada por Magdoff *et al*. (1984) mostra correlação entre o conteúdo de $N\text{-}NO_3^-$ na camada de 0-30 cm antes da aplicação do N em cobertura e a produtividade de milho à quantidade do fertilizante aplicada em cobertura definida com base na análise do solo. É possível conjecturar que a análise do solo pode indicar o nível crítico de nitrato acima do qual a aplicação de fertilizante nitrogenado em cobertura não aumentaria a produção.

Aplicação excessiva do fertilizante nitrogenado pode resultar em acúmulo de nitrato no solo, o qual é suscetível a lixiviação, denitrificação ou volatilização. A lixiviação do nitrato é amplamente influenciada pela quantidade de N mineral e volume de água aplicado no solo. Magdoff (1991) encontrou que 40 a 150 kg ha^{-1} de $N\text{-}NO_3^-$ permaneciam no solo após o cultivo do milho, até mesmo quando não se colocava excesso do fertilizante.

A eficiência de utilização do N aplicado como fertilizante, não considerando a contribuição do solo, pode variar de 53 a 81% (SOWERS *et al*., 1994) em época chuvosa. Em tomateiro, há registros de 12 a 28% (SAINJU *et al*., 1999), raramente alcançando 50% (SWEENEY *et al*., 1987) em época não chuvosa, mas podendo alcançar 61 a 96%, quando se utilizou manejo correto de irrigação (SCHOLBERG *et al*., 2000).

Portanto, a determinação do conteúdo de nitrato do solo, pode servir como ferramenta para ajudar no prognóstico da suficiência do suprimento do N do solo para as culturas. O chamado PSNT (*Presidedress soil nitrate test*) que se iniciou com estudos na cultura do milho, hoje é estudado em inúmeras culturas (HARTZ *et al*., 2000; HECKMAN *et al*., 2002). O PSNT deve ser manejado por meio do entendimento da dinâmica do nitrato do solo e da demanda de absorção de nitrato pela cultura. O N disponível do solo verificado pelo PSNT pode variar rapidamente, e o resultado da análise de

conteúdo de nitrato do solo deve ser utilizado no instante atual do status do N do solo que reflete a habilidade do solo em disponibilizar o suprimento do N para a cultura.

Em solos tropicais, as concentrações de amônio são geralmente baixas porque o amônio é convertido rapidamente em nitrato. Conseqüentemente, o nitrato é a forma primária de N mineral absorvida pelas culturas. Esse fato é a razão pela qual o teste de nitrato no solo é mais usado do que o teste de amônio para predizer a suficiência do suprimento do N mineral do solo para as culturas (HECKMAN *et al*., 1995).

Em locais onde ocorrem chuvas intensas pode haver a lixiviação de nitrato para região abaixo da zona radicular, e ele pode não ser contabilizado pelo PSNT determinado em amostras de 0 a 30 cm de profundidade. Parte do nitrato lixivia para abaixo da camada agricultável, e outra parte é convertido, em formas gasosas de N e perde-se na atmosfera pelo processo de denitrificação (HECKMAN, 2002). Não se verifica estudo relacionando a eficiência do uso do nitrogênio em diferentes épocas de plantio.

Além da época de plantio, importância também deve ser atribuída aos critérios de manejo do fertilizante nitrogenado, tanto com relação à quantidade quanto à época de aplicação. Existem estudos com diversos critérios de manejo do N, em diversos países da Europa (NEETESON, 1994; VERHAGEN, 1997) e nos EUA (PORTER e SISSON, 1991; MEYER e MARCUM, 1998) com a cultura da batata. Entretanto, no Brasil, não foram encontrados trabalhos de pesquisas sobre critérios de aplicação de N para o manejo da cultura da batata. Critérios de aplicação de N podem levar a diferenças na eficiência nutricional do N em diferentes épocas de plantios.

Objetivou-se avaliar a eficiência de utilização de nitrogênio pela batata em função de critérios utilizados para o manejo da adubação nitrogenada.

2. Material e métodos

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais

Estes tópicos estão descritos no segundo artigo.

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

Foram usados os mesmos mencionados no segundo artigo, porém foram utilizadas quatro repetições.

2.3. Instalação e condução dos experimentos no campo

Estes procedimentos foram semelhantes aos descritos no segundo artigo.

2.4. Características avaliadas

2.4.1. Produção de matéria seca e quantidade de N recuperado

Em cada parcela foram coletadas quatro plantas, aleatoriamente, aos 63 e 56 DAE, na época seca e das águas, respectivamente, datas em que a planta apresentou os primeiros sinais de senescência. Essas foram separadas em caules, folhas e tubérculos, que foram colocadas em estufa, a 70 ºC, até atingirem massa constante, para a obtenção da massa seca de cada órgão.

Posteriormente, as matérias secas do caule, folha e tubérculo foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de malha 20 mesh e armazenadas, para posterior determinação do teor de N-NH_4, utilizando-se o reagente de Nessler (JACKSON, 1958). Em outra subamostra, o N-NO_3 foi extraído com água desmineralizada, em banho-maria, a 45 ºC, sendo a concentração de N-NO_3 determinada por colorimetria, em espectrofotômetro, a 410 nm segundo metodologia de Cataldo *et al*. (1975). O teor do N-total foi determinado pela soma do N-NH_4 com o N-NO_3.

Com os dados de massas secas e das concentrações de N nelas foram calculadas as quantidades de N em cada órgão e na planta. Com esses foram calculados diversos índices de eficiências, seguindo-se os mesmos procedimentos adotados por Araújo (2004). Os índices foram:

2.4.2. Eficiência do uso do N (EUSN)

$$EUSN\ (kg\ kg^{-1}) = PC\ Nx\ (Nx + Nsolo + Nágua)^{-1}$$

em que

PC Nx = produção de tubérculos comerciais no tratamento Nx (kg ha^{-1});

Nx = dose de N aplicada em cada tratamento (kg ha^{-1});

Nsolo = quantidade inicial de N-NO_3 no solo (kg ha^{-1}); e

Nágua = quantidade de N-NO_3 na água de irrigação (kg ha^{-1}).

2.4.3. Eficiência de utilização do N (EUTN)

$$EUTN\ (kg\ kg^{-1}) = PC\ Nx\ QNP^{-1}$$

em que

PC Nx = produção de tubérculos comerciais no tratamento Nx (kg ha^{-1}); e

QNP Nx = quantidade de N na planta no tratamento Nx (kg ha^{-1}).

2.4.4. Eficiência de absorção do N (EABN)

$$EABN\ (kg\ kg^{-1}) = QNP\ Nx\ (Nx + Nsolo + Nágua)^{-1}$$

em que

QNP Nx = quantidade de N na planta no tratamento Nx (kg ha^{-1});

Nx = dose de N aplicada em cada tratamento (kg ha^{-1});

Nsolo = quantidade inicial de N-NO_3 no solo (kg ha^{-1}); e

Nágua = quantidade de N-NO_3 na água de irrigação (kg ha^{-1}).

2.4.5. Eficiência agronômica do uso do N (EAGN)

$$EAGN\ (kg\ kg^{-1}) = (PC\ Nx – PC\ N0)\ Nx^{-1}$$

em que

PC Nx = produção de tubérculos comerciais na dose Nx (kg ha^{-1});

PC N0 = produção de tubérculos comerciais na dose N0 (kg ha^{-1}); e

Nx = dose de N aplicada em cada tratamento (kg ha^{-1}).

2.4.6. Eficiência fisiológica do N (EFN)

$$EFN\ (kg\ kg^{-1}) = (PC\ Nx - PC\ N0)\ (\ QNP\ Nx - QNP\ N0)^{-1}$$

em que:

PC Nx = produção de tubérculos comerciais na dose Nx (kg ha^{-1});

PC N0 = Produção de tubérculos comerciais na dose N0 (kg ha^{-1});

QNP Nx = Quantidade de N na planta no tratamento Nx (kg ha^{-1}); e

QNP N0 = Quantidade de N na planta no tratamento N0 (kg ha^{-1}).

2.4.7. Eficiência de recuperação relativa do N (ERN)

$$ERN\ (\%) = ((QNP\ Nx – QNP\ N0)\ Nx^{-1})x100$$

em que

QNP Nx = quantidade de N na planta no tratamento Nx (kg ha^{-1});

QNP N0 = quantidade de N na planta no tratamento N0 (kg ha^{-1}); e

Nx = dose de N aplicada em cada tratamento (kg ha^{-1}).

2.4.8. Índice de colheita do N (ICN)

$$ICN = QNtub\ Nx\ QNP\ Nx^{-1}$$

em que

QNtub Nx = quantidade de N nos tubérculos no tratamento Nx (kg ha^{-1}); e

QNP Nx = quantidade de N na planta no tratamento Nx (kg ha^{-1}).

2.4.9. Entrada e saída do N (Balanço do N)

A diferença entre a entrada e a saída de N do sistema foi calculada utilizando a aproximação do balanço de massa (ERREBHI *et al.*, 1998), descrito a seguir:

$$Entrada\ de\ N = Nsolo + Nx + Nágua$$

em que

Nsolo = quantidade inicial de N-NO_3 no solo (kg ha^{-1}) na camada de 0-20 cm do solo (kg ha^{-1} de N-NO_3);

Nx = dose do fertilizante nitrogenado aplicado em pré-plantio e em cobertura (kg ha^{-1} de N);

Nágua = quantidade de nitrato encontrada na água de irrigação (kg ha^{-1} de N-NO_3). A quantidade de N originada da mineralização não foi calculada.

Saída de N = QNP Nx + NRsolo

em que

QNP Nx = quantidade de N absorvida na planta (kg ha^{-1} de N);

NRsolo = quantidade de nitrato na camada de 0-20 cm de solo, no final do cultivo (kg ha^{-1} de N-NO_3). A quantidade de N lixiviado não foi calculada.

2.4.10. Nitrato residual do solo (NRsolo)

Em cada parcela, após o secamento da parte aérea da batateira foram retiradas vinte amostras simples de solo, na profundidade de 0-20 cm. Estas amostras foram retiradas na linha de cultivo da batateira e transformadas em uma amostra composta. Em cada amostra composta foi determinado o teor de NRsolo, segundo metodologia de Cataldo (1975). As coletas foram realizadas nos dois últimos experimentos de cada época, onde foram avaliados os critérios de manejo de adubação nitrogenada aos 77 e 70 DAE, nos plantios da seca e das águas, respectivamente.

2.5. Análise estatística

Os procedimentos estatísticos foram os mesmos descritos no segundo artigo.

3. Resultados e discussão

3.1. Experimento 2, época seca

3.1.1. Eficiências do uso, utilização e de absorção do N

As eficiências do uso, utilização e de absorção do N em cada critério de manejo no experimento 2, da época seca, encontram-se na Tabela 1. De modo geral, o critério TestS resultou nos maiores valores de eficiências. Isto é, não aplicar N propiciou os maiores valores de EUSN, EUTN e EABN, indicando haver quantidade de N no solo.

Dos critérios, o TestS parece ter sido mais adequado para recomendação da adubação nitrogenada da batateira por ter propiciado, com menor quantidade de N aplicado, produção comercial e total igual estatisticamente aos demais critérios (Tabela 12 do segundo artigo). Assim, o N existente no solo supriu a necessidade da planta, indicando que a determinação do teor de nitrato no solo antes do plantio possa ser útil para determinar a dose adequada de N. Isso poderia permitir a otimização da produção, alta EUSN e redução da lixiviação abaixo da zona radicular (MEYER e MARCUM, 1998). Para Sainju *et al*. (1999) na cultura do tomateiro, há registros de EUTN variando de 12 a 28%, raramente alcançando 50% (SWEENEY *et al*., 1987) em época não chuvosa, mas podendo alcançar 61 a 96%, quando se utilizou manejo correto de irrigação (SCHOLBERG *et al*., 2000). Em solo argiloso na Holanda, estudando-se as culturas de beterraba e batata, Neeteson e Zwetsloot (1989) encontraram 74% de EUTN. A redução da EUTN com o aumento das doses deve-se ao menor aproveitamento pelas plantas, as maiores perdas por lixiviação (MELO, 1987) e talvez ao desequilíbrio nutricional propiciado por altas doses (DOUGHERTY e RYKERD, 1985). Esses valores de EUTN seriam menores se fosse considerado que parte do N absorvido pela planta é decorrente da mineralização da matéria orgânica do solo, conforme Porter e Sisson (1991). Quanto maior o conteúdo deste N mineral no solo menor a EUTN.

Tabela 1 – Eficiências do uso do nitrogênio (EUSN), de utilização do nitrogênio (EUTN) e de absorção do nitrogênio (EABN) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	Produtividade comercial (kg ha^{-1})	EUSN (kg kg^{-1})	EUTN (kg kg^{-1})	EABN (kg kg^{-1})
1 - TestS	0	1	31.683	13598 A*	94,94 A	8,15 A
2 - FertotS	185,8	1	32.033	172 B	61,80 B	2,97 BC
3 - QuinaprS	190	1	35.233	183 B	66,30 AB	2,64 CD
4 - ProdvinS	248	2	29.400	117 B	64,58 AB	1,90 ED
5 - ProdcinS	248	2	30.433	122 B	66,82 AB	1,90 ED
6 - ProdoitS	248	2	31.267	125 B	73,61 AB	1,71 E
7 - ProdcemS	248	2	32.150	128 B	74,87 AB	1,86 ED
8 - SPAD1S	102	3	33.583	322 B	85,81 AB	3,59 B
9 - SPAD2S	38	3	25.467	631 B	71,27 AB	8,89 A
10 - SPAD3S	170	3	39.117	227 B	67,52 AB	3,71 B

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P<0,05).

3.1.2. Eficiências agronômica, fisiológica e de recuperação do N

As eficiências agronômica (EAGN), fisiológica (EFN) e de recuperação (ERN) do N para os critérios de manejo estudados encontram-se na Tabela 2. O critério SPAD2S propiciou a menor EAGN, embora não diferisse dos critérios do grupo 2, exceto do critério ProdcemS. Os valores de EFN e ERN não foram influenciados pelos critérios de manejo de N.

Tabela 2 – Eficiências agronômica do nitrogênio (EAGN), fisiológica do nitrogênio (EFN) e de recuperação do nitrogênio (ERN) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	EAGN (kg kg^{-1})	EFN (kg kg^{-1})	ERN (%)
1 - TestS	0	1	—	—	—
2 - FertotS	185,8	1	1,91 A*	- 55,96 A	95,00 A
3 - QuinaprS	190	1	18,68 A	73,47 A	93,70 A
4 - ProdvinS	248	2	- 9,21 AB	- 142,56 A	39,30 A
5 - ProdcinS	248	2	- 5,04 AB	53,41 A	40,10 A
6 - ProdoitS	248	2	- 1,69 AB	68,71 A	29,30 A
7 - ProdcemS	248	2	1,88 A	93,43 A	33,10 A
8 - SPAD1S	102	3	18,63 A	134,37 A	36,30 A
9 - SPAD2S	38	3	- 163,60 B	72,88 A	30,80 A
10 - SPAD3S	170	3	43,73 A	32,62 A	137,20 A

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($P<0,05$).

Com a aplicação do N em época seca não ocorre elevadas perdas deste nutriente por lixiviação após a irrigação, devido aos elevados valores de ERN proporcionado por todos os critérios, independentemente se o fertilizante é aplicado parcelado ou não, como verificado na ERN (Tabela 2). Errebhi *et al*. (1998), estudaram o parcelamento de N em batata verificaram recuperação do N que variou de 25 a 40%, resultados que discordam do presente trabalho.

Os valores negativos de EAGN indicam que a produção de tubérculos comerciais, quando não se aplicou o fertilizante nitrogenado, foi maior do que quando se aplicou o fertilizante.

Para a característica EFN percebe-se alguns valores negativos, estes são oriundos de altos valores de produção comercial de tubérculos proporcionado pelo critério TestS, quando comparados com os valores de produção comercial oriundos dos demais critérios com N, ou de valores de quantidade de N na planta quando aplicado o critério TestS, superiores aos valores desta característica quando aplicou-se critérios que continham N.

3.1.3. Índice de colheita do N, balanço do N e nitrato residual do solo

Na Tabela 3 estão mostrados o índice de colheita do N (ICN), balanço do N e o conteúdo de nitrato residual do solo (NRsolo). O ICN e o NRsolo não foram influenciados pelos critérios de N. Apenas o balanço do N foi influenciado pelos critérios de N.

Tabela 3 – Índice de colheita do nitrogênio (ICN), balanço do nitrogênio e conteúdo de nitrato residual no solo (NRsolo) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	ICN	Balanço do N (kg ha^{-1})	NRsolo (mg kg^{-1})
1 - TestS	0	1	0,21 A*	- 425,19 AB#	33,64 A
2 - FertotS	185,8	1	0,21 A	- 409,18 AB	30,55 A
3 - QuinaprS	190	1	0,22 A	- 406,54 AB	30,63 A
4 - ProdvinS	248	2	0,17 A	- 283,32 AB	37,62 A
5 - ProdcinS	248	2	0,17 A	- 293,03 AB	41,04 A
6 - ProdoitS	248	2	0,21 A	- 235,88 A	27,33 A
7 - ProdcemS	248	2	0,15 A	- 227,57 A	19,19 A
8 - SPAD1S	102	3	0,17 A	- 347,73 AB	27,95 A
9 - SPAD2S	38	3	0,21 A	- 390,11 AB	29,65 A
10 - SPAD3S	170	3	0,17 A	- 503,99 B	40,74 A

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P<0,05).
# Valores negativos correspondem à quantidade provável de N mineralizado.

A lixiviação do nitrato é bastante influenciada pela quantidade de N mineral, estudos realizados por Magdoff (1991) encontrou 40 a 150 kg ha^{-1} de N-NO_3^- no solo após o cultivo do milho, até mesmo quando não se colocava excesso do fertilizante nitrogenado.

Nenhum dos critérios de manejo proporcionou perdas de N no sistema solo-planta, como pode ser verificado pelo balanço do N o que difere dos resultados de Araújo (2004), que encontrou perdas de N, provavelmente através da lixiviação, volatilização ou desnitrificação em estudo utilizando critérios de manejo de N em tomateiro. Os elevados valores negativos do balanço do N indica a máxima quantidade mineralizável na batateira, porém, quando a parte aérea é incorporada esse N retorna para a matéria orgânica do solo.

3.2. Experimento 2, época das águas

3.2.1. Eficiências do uso, utilização e de absorção do N

As eficiências do uso, utilização e de absorção do N em cada critério de manejo no experimento 2, da época das águas, encontram-se na Tabela 4. O critério TestS obteve, geralmente, os maiores valores na EUSN e EABN, muito embora não tenha diferido estatisticamente do valor de EABN proporcionado pelo critério SPAD2A. Os valores de EUTN não foram influenciados pelos critérios de manejo de N.

Quanto maior a dose aplicada menor foi a EUSN e EABN e vice-versa, indicando que maior proporção de N fornecido não foi recuperado pelos tecidos da planta ou ficou retido no perfil da zona radicular, sendo perdido para camadas profundas. Conforme Sowers *et al*. (1994), a perda de N por lixiviação foi o fator controlador em reduzir a absorção e o uso do N. Segundo, NEETESON e ZWETSLOOT (1989), a batateira é menos eficiente na utilização do N quando o conteúdo de N do solo é muito elevado, mostrando que a planta responde melhor quando se conhece a quantidade deste nutriente no solo, fornecendo assim subsídios para uma correta fertilização. Esses resultados (Tabela 4), de modo geral, não estão de acordo com os encontrados por Sowers *et al*. (1994), que encontraram que a eficiência de utilização do N aplicado como fertilizante, não considerando a contribuição do solo, pode variar de 53 a 81% em época chuvosa. Porém, alguns valores de EUTN (24 e 28%) se aproximam dos encontrados por Sainju *et al*. (1999), que em tomateiro verificou EUTN de 12 a 28%.

Tabela 4 – Eficiências do uso do nitrogênio (EUSN), de utilização do nitrogênio (EUTN) e de absorção do nitrogênio (EABN) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	Produtividade comercial (kg ha^{-1})	EUSN (kg kg^{-1})	EUTN (kg kg^{-1})	EABN (kg kg^{-1})
1 - TestA	0	1	29.017	1972,92 A*	33,80 A	7,91 A
2 - FertotA	255,85	1	17.533	66,80 C	49,17 A	1,39 D
3 - QuinaprA	190	1	18.444	93,80 C	38,04 A	2,63 BCD
4 - ProdvinA	281,17	2	12.388	43,10 C	24,01 A	1,85 CD
5 - ProdcinA	281,17	2	25.512	88,70 C	30,35 A	2,66 BCD
6 - ProdoitA	281,17	2	31.664	110,10 C	48,37 A	2,39 BCD
7 - ProdcemA	281,17	2	26.723	92,90 C	58,09 A	1,88 CD
8 - SPAD1A	139	3	19.044	130,80 C	35,84 A	3,21 BC
9 - SPAD2A	38	3	21.844	489,80 B	50,99 A	8,73 A
10 - SPAD3A	209	3	11.865	55,00 C	28,88 A	1,96 CD
11 - Solo1A	206,33	4	22.212	104,30 C	42,59 A	1,95 CD
12 - Solo2A	160,48	4	23.267	139,30 C	37,71 A	3,60 B

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($P<0,05$).

Comparando-se os resultados de EUTN, EABN, EFN, ERN e ICN da época seca com a época das águas, verificam-se maiores valores na época seca. De acordo com Pereira e Daniels (2003), altas temperaturas acarretam diminuição no crescimento das raízes, o que é uma desvantagem para a absorção de água e nutrientes. Isto explica porque na época das águas estes resultados foram inferiores (Tabelas 4, 5 e 6).

Em tomateiro, Araújo (2004) testando critérios relativos à aplicação de N verificou, que o critério usando o clorofilômetro SPAD proporcionou maiores valores de EABN, visto que se aplicou pequena quantidade de N no momento do transplantio, e alta dose de N em cobertura, porém no critério SPAD2A deste experimento não se aplicou N em cobertura, isto indica que provavelmente o nitrato do solo supriu a batateira.

A temperatura do solo influencia a taxa de liberação de nutrientes da matéria orgânica, a absorção pelas raízes e a subseqüente translocação e utilização de nutrientes em várias partes da planta, sendo a temperatura ótima entre 20 e 30ºC (FAGERIA, 1998).

3.2.2. Eficiências agronômica, fisiológica e de recuperação do N

As eficiências agronômica (EAGN), fisiológica (EFN) e de recuperação (ERN) do N nos critérios de manejo de N no experimento 2, da época das águas, encontram-se na Tabela 5. Para EAGN verifica-se diferença estatística apenas entre o critério SPAD2A com o ProdoitA e ProdcemA, tendo estes dois últimos os menores valores de EAGN. Os valores de EFN não foram influenciados pelos critérios de aplicação de N. O critério ProdcinA proporcionou o maior valor de ERN, diferindo estatística-mente do valor proporcionado pelo critério FertotA.

Verifica-se que grande quantidade de N permaneceu no solo no final do ciclo da batata, aumentando a possibilidade de perda, devido à lixiviação na época chuvosa, podendo também haver volatilização e desnitrificação. Independentemente da quantidade aplicada ou do parcelamento do fertilizante, houve pequena variabilidade na ERN (Tabela 5), resultados diferentes aos encontrados por Errebhi *et al*. (1998), que com a aplicação de N parcelado em batata verificou recuperação do N em até 40%.

Tabela 5 – Eficiências agronômica do nitrogênio (EAGN), fisiológica do nitrogênio (EFN) e de recuperação do nitrogênio (ERN) em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	EAGN (kg kg^{-1})	EFN (kg kg^{-1})	ERN (%)
1 - TestA	0	1	-	-	-
2 - FertotA	255,85	1	- 44,89 AB*	41,90 A	- 0,25 B
3 - QuinaprA	190	1	- 55,65 AB	17,40 A	0,31 AB
4 - ProdvinA	281,17	2	- 59,18 AB	- 2,60 A	0,29 AB
5 - ProdcinA	281,17	2	- 12,48 AB	- 31,20 A	1,49 A
6 - ProdoitA	281,17	2	9,42 A	-46, 50 A	0,77 AB
7 - ProdcemA	281,17	2	- 8,16 A	- 137,40 A	0,11 AB
8 - SPAD1A	139	3	- 71,75 AB	189,40 A	0,24 AB
9 - SPAD2A	38	3	- 188,77 B	111,20 A	0,08 AB
10 - SPAD3A	209	3	- 82,07 AB	218,90 A	- 0,04 AB
11 - Solo1A	206,33	4	- 32,99 AB	60,40 A	0,37 AB
12 - Solo2A	160,48	4	- 35,84 AB	- 343,00 A	1,29 AB

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P<0,05).

Essa recuperação foi inferior à verificada na época seca, provavelmente pela maior precipitação pluviométrica. Araújo (2004) encontrou para o tomateiro, alguns valores muito próximos de ERN aos deste trabalho, como também valores até 172% de ERN. Scholberg *et al*. (2000), porém, em tomateiro encontrou ERN variando de 31,5 a 53,0%. Valores negativos de ERN indicam que as plantas não recuperaram o N provindo do fertilizante.

Na cultura do tomateiro, Araújo (2004) encontrou a maior EAGN quando testou-se critérios de N, foi proporcionada pelo uso o clorofilômetro SPAD, visto que se aplicou pequena quantidade de N no momento do transplantio (50 kg ha^{-1}) e o restante em cobertura (81 kg ha^{-1}). Esse resultado concorda com os verificados no presente experimento, exceto quando se utilizou o critério SPAD2A, visto que somente aplicou-se N em pré-plantio (38 kg ha^{-1}).

Na época das águas, igualmente como ocorreu na época seca, observa-se valores negativos de EAGN. Isso indica que quando não se aplicou o fertilizante nitrogenado, a produção de tubérculos comerciais foi maior do que quando se aplicou o fertilizante.

Conforme ocorreu na época seca, também a EFN na época das águas teve sinais negativos. Estes são oriundos de altos valores de produção comercial de tubérculos proporcionado pelo critério TestS, quando comparados com os valores de produção comercial oriundos dos demais critérios de aplicação de N, ou de valores de quantidade de N na planta quando aplicado o critério TestS, superiores aos valores desta característica quando aplicou-se critérios que continham N.

3.2.3. índice de colheita do N, balanço do N e nitrato residual do solo

Na Tabela 6 estão o índice de colheita do N (ICN), balanço do N e o nitrato residual do solo (NRsolo). Todas as características foram influenciadas pelos critérios de manejo da aplicação de N ao solo.

Estes resultados de nitrato residual do solo na época das águas (Tabela 6) não estão de acordo com os encontrados por Magdoff (1991) Este verificou 40 a 150 kg ha^{-1} de $N\text{-}NO_3^-$ permaneceram no solo após o cultivo do milho, mesmo quando não se colocava excesso do fertilizante. O risco de perdas de nitrato por lixiviação em cultivos de batata é relativamente alto, devido ao longo período do estádio de desenvolvimento inicial onde ocorre baixa absorção de N, devido à pequena quantidade e densidade de raízes, o que ocorre até o período da amontoa (NEETESON, 1995). Campbell *et at*. (1983) atribuíram os baixos teores de nitrato no solo durante períodos chuvosos a uma alta demanda de absorção de N pelas plantas.

A batata é uma cultura altamente exigente em N e, quando ocorre excesso de água na época chuvosa o risco potencial de contaminação da água subterrânea por nitrato eleva-se, sendo este N pouco recuperado devido ao sistema radicular superficial, o que resulta em baixa absorção antes da emergência da planta, aumentando somente após os 15 dias após a emergência (OLIVIER *et al*., 2006).

Com valores de NRsolo relativamente altos, pode-se explicar os baixos valores de ERN e ICN, o que ocorre devido ao alto volume de chuva que ocasiona grande lixiviação do nitrato.

Tabela 6 – Índice de colheita do nitrogênio (ICN), balanço do nitrogênio e conteúdo de nitrato residual no solo (NRsolo), em função de critério de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Critério	Total N (kg ha^{-1})	Grupo	ICN	Balanço do N (kg ha^{-1})	NRsolo (mg kg^{-1})
1 - TestA	0	1	0,14 A*	- 442,70 BCD#	16,20 C
2 - FertotA	255,85	1	0,09 AB	- 122,08 A	15,75 C
3 - QuinaprA	190	1	0,10 AB	- 309,90 ABC	15,56 C
4 - ProdvinA	281,17	2	0,06 B	- 256,42 ABC	22,89 ABC
5 - ProdcinA	281,17	2	0,07 AB	- 614,60 D	31,26 A
6 - ProdoitA	281,17	2	0,13 AB	- 405,57 ABCD	28,61 AB
7 - ProdcemA	281,17	2	0,07 AB	- 199,22 AB	19,82 BC
8 - SPAD1A	139	3	0,10 AB	- 338,94 ABCD	17,36 C
9 - SPAD2A	38	3	0,12 AB	- 413,91 BCD	18,96 C
10 - SPAD3A	209	3	0,07 AB	- 225,87 ABC	16,55 C
11 - Solo1A	206,33	4	0,08 AB	- 341,07 ABCD	28,49 AB
12 - Solo2A	160,48	4	0,08 AB	- 487,38 CD	15,32 C

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($P<0,05$).
# Valores negativos correspondem à quantidade provável de N mineralizado.

Similarmente ao que ocorreu na época seca, na época das águas os critérios de aplicação de N não proporcionaram perdas de N no sistema solo-planta, como pode ser verificado pelo balanço do N.

4. Conclusões

4.1. Experimento 2, época seca

As eficiências de uso, de utilização, de absorção e agronômica do N foram inversamente proporcionais às quantidades de N aplicadas.

Os critérios de manejo influenciaram o balanço do N e as eficiências de utilização, de absorção e agronômica do N.

4.2. Experimento 2, época das águas

Os critérios de manejo influenciaram o índice de colheita, o teor de nitrato residual no solo e as eficiências de uso, de absorção, de recuperação e agronômica do N.

Referências bibliográficas

ARAÚJO, C. **Critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro em ambiente protegido e no campo**. 2004. 220 f. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2004.

BINDER, D. L.; SANDER, D. H.; WALTERS, D. T. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 1228-1236, 2000.

CAMPBELL, C. A.; READ, D. W. L.; BIEDERBECK, V. O.; WINKLEMAN, G. E. The first 12 years of a long-term crop rotation study in southwestern Saskatchewan-nitrate-N distribution in soil and N uptake by plant. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 63, p. 563-578, 1983.

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNES, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 6, p. 71-80, 1975.

DAHNKE, W. C.; JOHNSON, G. V. Testing soil for available nitrogen. In: WESTERMAN, R. L.; BAIRD, J. V.; CHRISTENSEN, N. W.; FIXEN, P. E.; WHITNEY, D. A. (Ed.) **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society American, Inc., 1990. p. 127-139.

DOUGHERTY, C. T.; RHYKERD, C. L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M. E. *et al*. (Ed.). **Forages**: The Science of Grassland Agriculture. Iowa: Iowa State University, 5. ed., 1985. p. 318-325.

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

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B**. Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para transferência de tecnologia; Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 249 p.

FERNÁNDEZ, J. E.; MURILO, J. M.; MORENO, F.; CABRERA, F.; FERNANDÉZ-BOY, E. Reducing fertilization for maize in southwest Spain. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 29, p. 2829-2840, 1998.

FURTINI NETO, A. E. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em** *Eucalyptus spp*. 1994. 99 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1994.

GOURLEY, C. J. P.; ALLAN, D. L.; RUSSELLE, M. P. Plant nutrition effciency: a comparison of definitions and suggested improvement. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 158, p. 29-37, 1994.

HARTZ, T. K.; BENDIXEN, W. E.; WIERDSMA, L. The value of presidedress soil nitrate testing as a nitrogen management tool in irrigated vegetable production. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 4, p. 651-656, 2000.

HECKMAN, J. R.; HLUBIK, W. T.; PROSTAK, D. J.; PATERSON, J. W. Pre-sidedress soil nitrate test for sweet corn. **HortScience**, Alexandria, v. 30, p. 1033-1036, 1995.

HECKMAN, J. R. In-season soil nitrate testing as a guide to nitrogen management for annual crops. **HortTechnology**, Alexandria, v. 12, n. 4, p. 706-710, 2002.

HECKMAN, J. R.; MORRIS, T.; SIMS, J. T.; SIECKZA, J. B; KROGMANN, U.; NITZCHE, P.; ASHLEY, R. Presidedress soil nitrate test is effective for fall cabbage. **HortScience**, Alexandria, v. 37, p. 113-117, 2002.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. 498 p.

LI, B.; McKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, Maryland, v. 37, n. 2, p. 613-626, 1991.

MAGDOFF, F. R.; ROSS, D.; AMADON, J. A soil test for nitrogen availability to corn. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 48, n. 6, p. 1301-1305, 1984.

MAGDOFF, F. Understanding the Magdoff pre-sidedress nitrate test for corn. **Journal of Production Agriculture**. Madison, v. 4, p. 297-305, 1991.

MELO, F. A. F. **Uréia fertilizante**. Campinas-SP: Fundação Cargill, 1987. 192 p.

MEYER, R. D.; MARCUM, D. B. Potato yield, petiole nitrogen, and soil nitrogen response to water and nitrogen. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, p. 420-429, 1998.

NEETESON, J. J.; ZWETSLOOT, H. J. C. An analysis of the response of sugar beet and potatoes to fertilizer nitrogen and soil mineral nitrogen. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 37, p. 129-141, 1989.

NEETESON, J. J. Residual soil nitrate after application of nitrogen fertilizers to crops. In: ADRIANO; D. C. *et al*. (Ed.). **Contamination of groundwater**. Noorthwood: Science Reviews, p. 347-365, 1994.

NEETESON, J. J. Nitrogen management for intensively grown arable crops and field vegetables. In: BACON, P. E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, p. 295-325, 1995.

OLIVIER, M.; GOFFART, J. P.; LEDENT, J. F. Threshold value for chlorophyll meter as decision tool for nitrogen management of potato. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 496-506, 2006.

PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília-DF: Embrapa – Clima Temperado, 2003. 567 p.

PORTER, G. A.; SISSON, J. A. Petiole nitrate content of Maine-grown russet Burbank and Shepody potatoes in response to varying N rate. **American Potato Journal**, Calgary, v. 68, p. 493-505, 1991.

SAINJU, U. M.; SINGH, B. P.; RAHMAN, S.; REDDY, V. R. Soil nitrate-nitrogen under tomato following tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 28, n. 6, p. 1837-1844, 1999.

SAUERBECK, D. R.; HELAL, H. M. Factors affecting the nutrient efficiency of plants. In: EL BASSAN, N. (Ed.) **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Boston: Kluver Academica Publishers, 1990. p. 11-17.

SCHOLBERG, J.; MacNEAL, B. L.; BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; LOCASCIO, S. J.; OLSON, S. M. Nitrogen stress effects on growth and nitrogen accumulation by filed-growth tomato. **Agronomy Journal**, Madison, v .92, p. 159-167, 2000.

SOWERS, K. E.; PAN, W. L.; MILLER, B. C.; SMITH, J. L. Nitrogen use efficiency of split nitrogen application in soft white winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p. 942-948, 1994.

SWEENEY, D. W.; GRAETZ, D. A.; BOTTCHER, A. B.; LOCASCIO, S. J.; CAMPBELL, K. L. Tomato yield and nitrogen recovery as influenced by irrigation method, nitrogen source, and mulch. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 1, p. 27-29, 1987.

VERHAGEN, J. Site specific fertilizer application for potato production and effects on N-leaching using dynamic simulation modeling. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Prince Edward Island, v. 66, p. 165-175, 1997.

VOSE, P. B. Genetical aspects of mineral nutrition – progress to date. In: GABELMAN, H. W.; LOUHMAN, A. (Ed.) **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Boston: Lancaster, 1987. p. 3-13.

Morfo-anatomia foliar da batata em função do manejo da adubação nitrogenada em duas épocas de plantio

Resumo: Objetivou-se descrever as características morfo-anatômicas do folíolo da quarta folha de batata submetida à aplicação de N em duas épocas de plantio e duas épocas de coleta de folha. Foram executados dois experimentos. O experimento 1 foi realizado no período seco, com irrigação suplementar, de abril a agosto de 2005 e o experimento 2 no período chuvoso, de novembro de 2005 a fevereiro de 2006. Foram avaliados três critérios de aplicação de N. Os critérios foram: 1 – Test: testemunha que não recebeu N; 2 – Fertot: dose ótima de N determinada em experimento do ano anterior; 3 – Quinapr: recomendação do estado de Minas Gerais. A aplicação do N sob a forma de sulfato de amônio foi realizada em pré-plantio no sulco de plantio e as doses em cobertura foram distribuídas em dois lados das plantas, aos 21 dias após a emergência (DAE), realizando-se em seguida a amontoa. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições. A cultivar foi a Monalisa. Em ambas as épocas de plantio, os critérios de manejo de nitrogênio e as épocas de coleta foliar da batata proporcionaram alterações nas características morfo-anatômicas no folíolo terminal da quarta folha, como área da quarta folha, número de cristais, índice estomático na face abaxial, comprimento da célula guarda do estômato na face adaxial e comprimento do colênquima acima da nervura central.

Termos para indexação: *Solanum tuberosum* L., adubação nitrogenada, adubação parcelada, área foliar, estômatos.

Potato leaf morfo-anatomy as affected by nitrogen fertilizer management criteria in two planting seasons

Abstract: It was aimed to describe the potato fourth leaf morfo-anatomical characteristics submitted to nitrogen (N) fertilizer management criteria in two planting seasons and two leaf harvest dates. Two experiments were set. Experiment 1 was set at dry season, with supplemental irrigation, from April to August 2005 and the experiment 2 was at rainy season, from November 2005 to February 2006. The defined following The criteria were: 1 - Test: control, no N fertilizer; 2 - Fertot: optimum N rate determined from previous year experiment; 3 - Quinapr: MG State fertilizer recommendation. The pre-planting N, as ammonium sulfate, was applied in the planting furrow and the sidedress rates were distributed at two plant sides, at 21 days after the emergence (DAE), immediately before the plant hill up. The experiment was set as randomized blocks with four repetitions. The cultivar was Monalisa. In both seasons, N fertilizer management criteria and leaf harvest dates provided alterations in the morfo-anatomical characteristics of the fourth leaf leaflet as area, crystal numbers, estomatic index in the abaxial face, stomata guard cell length in the adaxial face and above the main rib chollenchyma length.

Keywords: *Solanum tuberosum* L., nitrogen fertilization, fractional fertilization, leaf area, stomata.

1. Introdução

Apesar da cultura da batata ser importante sócioeconomicamente, há escassez de trabalhos referentes à anatomia foliar (SEGATTO *et al*., 2004). Há estudos sobre morfo-anatomia da folha, em espécies como milho (BOS *et al*., 2000; MORENO-SOTOMAYOR, 2002), feijão (MORAES-DALAQUA *et al*., 2000), algodão (MALAVOLTA, 2004), café (CARVALHO *et al*., 2001), gramíneas forrageiras (QUEIROZ *et al*., 2000; GARCEZ NETO *et al*., 2002; PACIULLO *et al*., 2002; ALEXANDRINO *et al*., 2005; FAGUNDES *et al*., 2006), tomate (NAGEL, 2001; TOSCANO *et al*., 2001) e, em batata (McCAULEY e EVERT, 1988a; McCAULEY e EVERT, 1988b). Porém, em batata não foram encontrados trabalhos que relacionassem a anatomia foliar com critérios de manejo da fertilização nitrogenada.

A morfologia da planta é afetada de várias formas pelo estresse de nitrogênio. Excesso de nitrogênio (N), constituinte de diversos componentes da célula vegetal como aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos, promove crescimento vegetativo exagerado, intensificação da cor verde nas folhas e prolongamento do ciclo da cultura. A carência de N é manifestada por baixo teor de clorofila, deficiência no crescimento vegetativo, menor área foliar e clorose das folhas, sobretudo nas mais velhas e, posteriormente, queda das folhas e os caules tornam-se finos e lenhosos (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Em batata, menor dose de N proporcionou plantas com folhas menores (VOS e BIEMOND, 1992). Esses autores também observaram que as folhas das plantas no tratamento com maior dose de N apresentaram período de duração maior, em média três semanas, quando comparado com os outros tratamentos. Ainda na cultura da batata, Oliveira (2000) encontrou uma relação quadrática entre o valor da área foliar e doses de N.

Mono e dicotiledôneas desenvolvendo-se em condições de baixo suprimento de N apresentam folhas com alta densidade de tricomas, cutícula espessa, e grande proporção de tecidos esclerenquimáticos e vasculares (DICKSON, 2000). Gramíneas forrageiras submetidas a déficit de N apresentaram compactação celular, aumento de tecidos esclerenquimáticos e da massa específica da folha, redução do volume das células epidérmicas (van ARENDONK *et al*., 1997), menor taxa de alongamento foliar, pouco

espaço com ar no mesofilo, menor volume do mesofilo, reduzidas espessura e área da folha (GASTAL e NELSON, 1994), e menor comprimento foliar (GARCEZ NETO *et al*., 2002).

Em solução nutritiva, a deficiência de N causou acúmulo de partículas de vários tamanhos em algumas células epidérmicas da face superior e, ocasionalmente, face inferior as células guardas dos estômatos tornaram-se escuras, tanto as do mesofilo e as paliçádicas quanto os cloroplastos continham amido em poinsettia (*Euphorbia pucherrima* Willd.) (CONLEY *et al*., 2002). Ainda em poinsettia, os núcleos das células paliçádicas tornavam-se menores e deformados com a escassez de N (STRUCKMEYER, 1960).

Importância também deve ser dada ao estudo da época de aplicação do fertilizante nitrogenado, ou seja, se o parcelamento do N pode acarretar mudanças na morfologia e na anatomia da planta, visto que não se verifica literatura sobre esse assunto para a cultura da batata.

Diante das alterações que podem ser provocadas na anatomia foliar pelo estresse de nitrogênio, objetivou-se descrever as características morfo-anatômicas do folíolo da quarta folha de batata submetida à aplicação de N com base em diferentes critérios de aplicação de N.

2. Material e métodos

2.1. Localização e caracterização das áreas experimentais

Esses tópicos foram descritos no segundo artigo.

2.2. Tratamentos e delineamento experimental

2.2.1. Época seca

Foi utilizada a quarta folha de batata para a medição das características morfo-anatômicas. As folhas foram coletadas aos 21 e 63 DAE em plantas oriundas das parcelas adubadas segundo três critérios de adubação nitrogenada.

Os três critérios de manejo de N foram: TestS, FertotS e QuinaprS, detalhes da quantidade de N aplicado em cada critério estão descritos no Capítulo 2 (Tabela 6, do segundo artigo).

2.2.2. Época das águas

Foi utilizada a quarta folha de batata para a medição das características morfo-anatômicas. As folhas foram coletadas aos 21 e 56 DAE em plantas provenientes das parcelas onde se aplicou as doses de N sob a forma de critérios de adubação nitrogenada.

Os três critérios de manejo de N foram: TestA, FertotA e QuinaprA, detalhes da quantidade de N aplicado em cada critério estão descritos no Capítulo 2 (Tabela 9, do segundo artigo).

Em ambas as épocas de plantio o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições em esquema de parcela subdividida, com os critérios e as épocas de coleta da folha sendo os fatores, na parcela aplicou-se os critérios de aplicação de nitrogênio. Em cada experimento obteve-se 6 tratamentos.

2.3. Instalação e condução dos experimentos no campo

Todos os procedimentos realizados com a cultura no campo estão detalhados no segundo artigo.

2.4. Características morfo-anatômicas avaliadas

2.4.1 Características morfológicas

Aos 21 e 63 DAE, na época seca, e aos 21 e 56 DAE na época das águas, foram colhidas duas plantas de forma aleatória em cada parcela nas quais foram medidas as seguintes características:

2.4.1.1. Área, largura e comprimento da quarta folha e diâmetro do entrenó abaixo da quarta folha

A área da quarta folha foi medida com o integrador Lambda LI 3000 (medições realizadas em ambas as épocas de plantio); a largura e comprimento da quarta folha utilizando-se régua, apenas no experimento da época seca e, o diâmetro do entre-nó do caule medido logo abaixo da quarta folha medido com paquímetro, esta última característica foi realizada apenas na época da águas.

2.4.2. Características anatômicas

Foi coletado também o folíolo terminal da quarta folha de batata desenvolvendo-se nos três critérios, em ambas as épocas de plantio. Em seguida, este foi fixado em FAA 50 (formol, ácido acético e etanol 50%), estocado em etanol 70% e processado no laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa.

De cada folíolo terminal, foi obtida uma amostra na região central (mediana), com aproximadamente 10 mm^2, que foi submetida à diafanização (JOHANSEN, 1940), fixada em álcool etílico 70% e clarificada com solução de NaOH a 5% e em hipoclorito de sódio (SASS, 1951), durante dois a três minutos. Após essa etapa, a amostra foi lavada, corada com safranina (1% solução aquosa), desidratada em série etílica/xilólica e montada com bálsamo-do-canadá (BERLYN e MIKSHE, 1976) para observação dos seguintes caracteres externos:

2.4.2.1. Número de tricomas, índice estomático, largura e comprimento das células guardas, número de cristais, comprimento dos parênquimas paliçádico, lacunoso e total, índice de vascularização e o comprimento do colênquima da nervura central

O número de tricomas foi determinado em área foliar correspondente a 1 milhão de μm^2 em ambas as faces da folha; o índice estomático foi calculado pela seguinte fórmula: (número de

estômatos/(número de estômatos + número de células epidérmicas)) x 100, sendo realizadas 8 repetições/planta; a largura e o comprimento das células guardas dos estômatos nas superfícies adaxial e abaxial da quarta folha, e o número de cristais (idioblastos) em área foliar equivalente a 1 milhão de μm^2 no folíolo da quarta folha.

Após estocado, o material do terço mediano do folíolo terminal da quarta folha foi incluído e emblocado em historesina (historesin, Leica), de acordo com as recomendações do fabricante. Em seguida foram realizados cortes transversais, com micrótomo rotativo de avanço automático (Leica RM2155), com espessura de 8 µm, sendo posteriormente corados com azul de toluidina (O'BRIEN e McCULLY, 1981). Em seguida determinou-se o comprimento (espessuras) das células do parênquima paliçádico, lacunoso e total. Foi avaliado também o número de feixes laterais, tomando como base a nervura central distando-se desta 1.000 µm (índice de vascularização) e medida também o comprimento do colênquima acima e abaixo da nervura central, sendo realizadas 8 repetições por planta.

A documentação fotográfica das características anatômicas foi efetuada em um fotomicroscópio (Olympus AX 70), equipado com acessório fotográfico U-PHOTO (Olympus) e as medidas foram realizadas pelo software IMAGE PRO-PLUS.

2.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, seguindo as recomendações de Gomes (2000). Procedeu-se também a correlação linear simples de Pearson entre algumas características morfo-anatômicas com a produção comercial e total de tubérculos e critérios de manejo do N. Para tais procedimentos foi utilizado o programa SAEG (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3. Resultados e discussão

3.1. Experimento 2, época seca

3.1.1. Área, largura e comprimento da quarta folha (AQF, LQF e CQF)

Ocorreu interação significativa entre os fatores critério e época de amostragem sobre a AQF, LQF e CQF. Os valores obtidos para estas características estão descritos na Tabela 1.

Apesar da tendência de pequeno incremento da AQF com o aumento da idade da planta (21 e 63 DAE), efeito significativo de época de coleta somente foi verificado no critério FertotS (Tabela 1), acréscimo de 61,83% na área foliar. De modo geral, ocorreu aumento na largura e comprimento da quarta folha entre as épocas de coleta 21 e 63 DAE (Tabela 1).

Tabela 1 – Área, Largura e comprimento da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Critério	Área (cm^2)		Largura (cm)		Comprimento (cm)	
	Época de coleta (DAE)					
	21	63	21	63	21	63
TestS	149,72 Ab*	160,68 Ab	16,90 Bb	20,27 Ab	26,69 Aa	27,23 Aa
FertotS	173,61 Bb	280,96 Aa	18,85Aa	20,21Ab	23,85 Ba	29,73 Aa
QuinaprS	247,71 Aa	267,03 Aa	17,46 Bb	21,88 Aa	26,02 Aa	26,44 Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Provavelmente, o efeito de época de coleta foi verificado devido ao crescimento da folha com o passar do tempo e também pela aplicação do N, porque, como ocorreu interação entre os critérios de aplicação de N e a época de coleta, desta forma um fator interage com o outro.

Como se aplicou todo o N em pré-plantio no critério FertotS e não se aplicou esse fertilizante em cobertura, ocorreu maior absorção no período até 21 DAE com o excedente aplicado em pré-plantio, fazendo com que a AQF tenha aumentado o seu tamanho, visto que a demanda de absorção

pela planta no momento do plantio é baixa comparado com a época de aplicação do N em cobertura (21 DAE).

Este resultado concorda com o comentado por Wien (1997). Segundo este autor a área foliar das plantas que recebem fertilização nitrogenada é maior, comparada com que não o recebera.

Ocorreram também modificações na LQF e CQF em função das épocas de coletas e critérios de manejo de N. Segundo Wien (1997) a expansão da área foliar quando se aplica fertilização nitrogenada, acarreta aumento na largura e comprimento da folha.

3.1.2. Número de tricomas do folíolo da quarta folha (NTQF)

3.1.2.1. NTQF na face abaxial

O número de tricomas da face abaxial não variou com os critérios de manejo de N, épocas de coleta da quarta folha e nem ocorreu interação entre os mesmos sobre a característica NTQF da face abaxial da folha, com o valor médio geral de 3,83 tricomas/milhão de μm^2.

3.1.2.2. NTQF na face adaxial

Já na face adaxial houve efeito da interação dos tratamentos sobre essa variável. Os valores de NTQF estão descritos na Tabela 2.

Na superfície de cima o critério TestS não diferiu entre as épocas de coleta, porém, para o QuinaprS e as coletas aos 21 e 63 DAE, ocorreu aumento de 44,93%, inicialmente com 3,45 para 5,00 tricomas, respectivamente (Tabela 2). Aos 63 DAE o critério QuinaprS proporcionou o maior NTQF na face adaxial (5,00) (Figura 1).

Os tricomas também se manifestam de diferentes maneiras de acordo com as condições ambientais oferecidas às plantas (Silva et al., 2005). Conforme Dickson (2000), em locais pobres em N ocorre folhas com grande proporção de tricomas.

Tabela 2 – Número de tricomas/milhão de µm^2 na face adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Critério	Época de coleta (DAE)	
	21	63
TestS	3,38 Aa*	3,50 Ab
FertotS	3,08 Aa	2,20 Ac
QuinaprS	3,45 Ba	5,00 Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

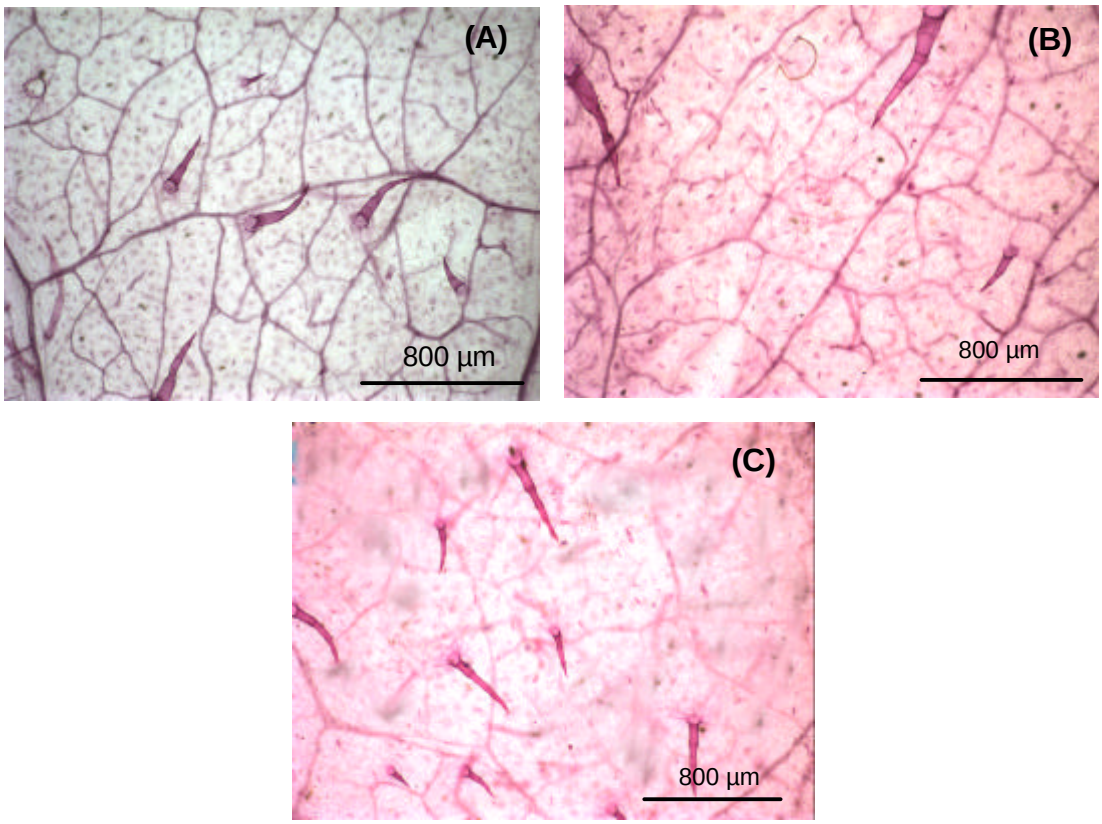


Figura 1 – Tricomas da face adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Coleta realizada aos 63 dias após a emergência. Critérios TestS (A), FertotS (B) e QuinaprS (C). Experimento 2, época seca.

3.1.3. Índice estomático do folíolo da quarta folha (IEQF)

3.1.3.1. IEQF na face abaxial

Para essa característica houve efeito significativo da interação entre os fatores (critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da quarta folha). Os valores da característica IEQF na face abaxial estão descritos na Tabela 3.

Quando se aplicou o critério TestS aumentou o IEQF com a época de coleta de 21,87 para 25,00, aumento de 14,31%, para os critérios que receberam doses de N ocorreu uma redução do IEQF, comparando os critérios nas duas coletas, percebe-se que o maior IEQF foi obtido no critério TestS, apesar de não diferir do critério 2 aos 21 DAE (Tabela 3).

Tabela 3 – Índice estomático (%) da face abaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Critério	Época de coleta (DAE)	
	21	63
TestS	21,87 Ba*	25,00 Aa
FertotS	23,56 Aa	11,69 Bc
QuinaprS	19,39 Ab	15,28 Bb

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

McCauley e Evert (1988b) estudaram a anatomia da folha da batata. Verificaram que o índice estomático é superior na face abaxial. Os estômatos se manifestam de diferentes maneiras de acordo com as condições oferecidas às plantas (SILVA *et al*., 2005). Além disso, o comportamento dos estômatos tem relação direta com as condições abióticas (LARCHER, 1986).

3.1.3.2. IEQF na face adaxial

Não houve efeito significativo de IEQF na face adaxial entre os fatores e interação entre ambos os fatores.

A média geral do IEQF da face adaxial foi 9,16%, enquanto o valor de IEQF na face abaxial foi de 19,46%. A diferença pode ser visualizada na Figura 2.

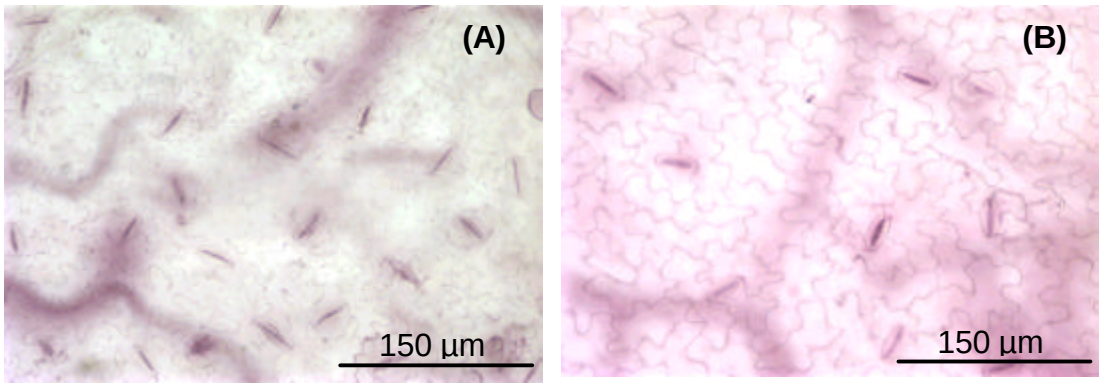


Figura 2 – Estômato da face abaxial (A) e adaxial (B) da quarta folha da batata. Experimento 2, época seca.

3.1.4. Largura da célula guarda do estômato do folíolo da quarta folha (LCGQF)

3.1.4.1. LCGQF na face abaxial

Não ocorreu interação entre os fatores em relação a LCGQF na face abaxial. As médias da característica LCGEQF na face abaxial estão descritas na Tabela 4.

O critério TestS diferiu do critério QuinaprS, com os valores de 11,28 e 9,36 µm, respectivamente, diferença de 20,51% na LCGQF (Tabela 4).

Os critérios de manejo de N promoveram a expansão da largura da célula guarda do estômato da face abaxial, da mesma forma que ocorreu com a largura da folha, conforme verificado por Wien (1997). Verifica-se tendência de aumento na largura da célula guarda quando se aplica quantidade menor de N.

Tabela 4 – Largura da célula guarda do estômato da face abaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Critério	Largura da célula guarda do estômato (µm)
TestS	11,28 a*
FertotS	10,82 ab
QuinaprS	9,36 b

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

3.1.4.2. LCGQF na face adaxial

Essa característica não diferiu entre os fatores estudados e nem ocorreu interação entre estes, a média geral foi de 10,40 µm.

3.1.5. Comprimento da célula guarda do estômato do folíolo da quarta folha (CCGQF)

Considerando o CCGQF, em ambas as faces abaxial e adaxial do folíolo ocorreram interação significativa entre os critérios de manejo de N e épocas de coleta da folha. Os valores desta característica estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Comprimento da célula guarda do estômato das faces abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Critério	Comprimento (µm) (face abaxial)		Comprimento (µm) (face adaxial)	
	Época de coleta (DAE)		Época de coleta (DAE)	
	21	63	21	63
TestS	40,86 Aa*	41,44 Ab	42,55 Ba	51,79 Aa
FertotS	41,04 Ba	46,88 Aa	44,38 Aa	45,76 Ab
QuinaprS	41,96 Aa	43,56 Ab	37,63 Bb	45,86 Ab

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os critérios de manejo de N promoveram a expansão do comprimento em ambas as faces do folíolo, da mesma forma que ocorreu com o comprimento da folha de acordo com os estudos de Wien (1997). Exceto aos 63 DAE no comprimento da face abaxial, percebe-se tendência de aumento no comprimento da célula guarda quando se aplica quantidade menor de N.

3.1.6. Número de cristais do folíolo da quarta folha (NCQF)

Verificou-se interação significativa entre os critérios e épocas de coleta do folíolo sobre o NCQF. Os valores de NCQF estão descritos na Tabela 6.

Para o critério testemunha ocorreu um decréscimo aos 63 DAE, quando se aplicou N em pré-plantio o QuinaprS obteve a maior quantidade de cristais (31,77), enquanto o FertotS obteve o valor mais baixo (11,60), 173,878% menos cristais. Aos 63 DAE apenas o critério testemunha (TestS) proporcionou decréscimo no NCQF (Tabela 6).

Tabela 6 – Número de cristais/milhão de μm^2 no folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Critério	Época de coleta (DAE)	
	21	63
TestS	34,22 Aa*	13,45 Bc
FertotS	11,60 Bb	19,38 Ab
QuinaprS	31,77 Aa	28,20 Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Ocorreu alteração no NCQF em função de ambos os fatores. Do mesmo modo que os fatores influenciaram conjuntamente o NCQF, isso provavelmente refletiu o que ocorreu com a área foliar, levando em conta que quando se aumenta o NCQF também ocorre aumento da área da folha.

3.1.7. Comprimento das células dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (CPT) do folíolo da quarta folha

Considerando o comprimento das células dos parênquimas paliçádico, lacunoso e total (paliçádico + lacunoso) não se verificou interação entre os critérios e épocas de coleta.

Também não ocorreu diferença significativa entre os fatores isolados, as médias gerais foram, 109,99, 149,79 e 259,61 µm (Figura 3), para os parênquimas paliçádico, lacunoso e total, respectivamente, entre os critérios e épocas de coleta da folha.

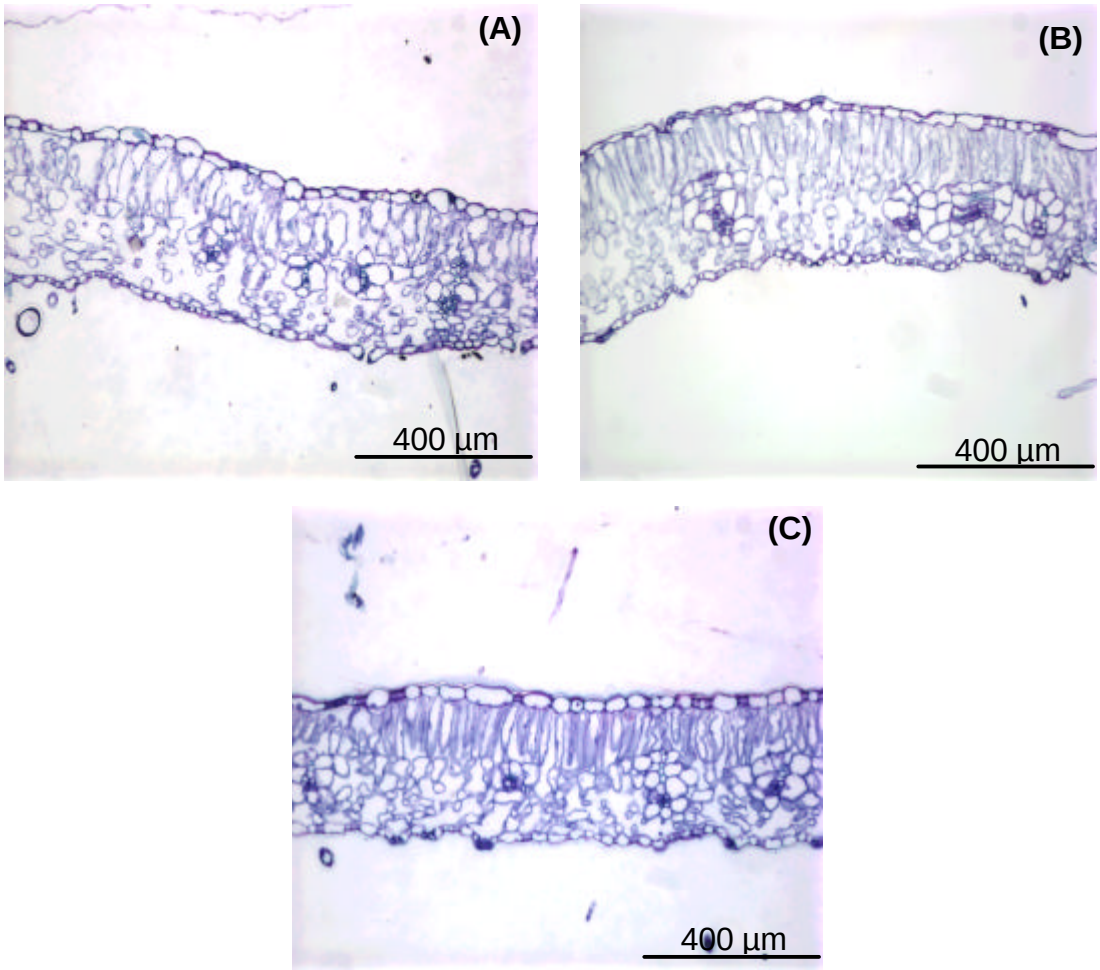


Figura 3 – Células dos parênquimas paliçádico, lacunoso e total (µm) do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Critérios TestS (A), FertotS (B) e QuinaprS (C). Experimento 2, época seca.

Este valor do comprimento no parênquima paliçádico de 109,99 µm não são os mesmos dos encontrados por McCauley e Evert (1988a) que em estudos na folha da batata encontraram em média células do parênquima paliçádico com 85 µm de comprimento. Provavelmente esta diferença tenha sido obtida porque foi utilizada dose de N. Percebe-se maior compactação das células no critério QuinaprS, provavelmente pela maior quantidade aplicada de N e parcelamento, embora não tenha ocorrido diferença estatística. Segundo Rademacher e Nelson (2001), gramíneas que crescem em solo com nitrogênio podem apresentar crescimento longitudinal das células do mesofilo e, conseqüentemente, reduzir o aerênquima.

3.1.8. Índice de vascularização do folíolo da quarta folha (IVQF)

Para o IVQF não se encontrou diferença estatística significativa na interação entre os fatores.

Também não se percebeu diferença estatística entre os fatores isolados, proporcionando média geral de 2,70 feixes/1.000 µm.

Em ambientes pobres em N quando comparados com ambientes com maior presença de N, Dickson (2000) encontrou enorme quantidade de tecidos vasculares.

3.1.9. Comprimento do colênquima do folíolo da quarta folha (CCQF)

3.1.9.1. CCQF acima da nervura central

Houve interação significativa entre os fatores para esta característica. Os valores da característica CCQF acima da nervura central estão descritos na Tabela 7.

3.1.9.2. CCQF abaixo da nervura central

Da mesma forma, houve interação significativa entre os fatores para esta característica. Os valores da característica CCQF abaixo da nervura central estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 – Comprimento do colênquima acima e abaixo da nervura principal do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Critério	Comprimento colênquima acima (µm)		Comprimento colênquima abaixo (µm)	
	Época de coleta (DAE)		Época de coleta (DAE)	
	21	63	21	63
TestS	93,06 Ac*	100,80 Aa	48,91 Ab	51,12 Aa
FertotS	147,29 Aa	82,72 Bb	54,49 Ab	50,39 Aa
QuinaprS	132,79 Ab	95,48 Ba	43,34 Bb	52,37 Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O CCQF variou de 2 a 4 camadas de células, concordando com os resultados do experimento de McCauley e Evert (1988a) que encontraram valores semelhantes.

3.1.10. Correlação linear simples entre características morfo-anatômicas com as produções e critérios de N

Não houve correlação linear simples significativa entre as características morfo-anatômicas com a produção comercial e total de tubérculos no experimento 2 da época seca (Tabela 8). Porém, evidenciou-se correlações positiva e também negativa entre área da quarta folha e índice estomático da face abaxial da quarta folha, respectivamente, com a dose de N aplicada em função dos critérios de manejo de N (Tabela 8).

O nitrogênio provoca mudanças morfológica e fisiológica na cultura do arroz, o que nem sempre aumenta na produtividade (ARF *et al*., 2005). O mesmo ocorreu neste estudo, ao se verificar as correlações entre produções e características morfo-anatômicas. Analisando os resultados do segundo artigo, percebe-se que as produções comerciais e totais de batata (Tabela 12) não foram afetadas pelos critérios de manejo de N.

A área foliar das plantas que recebem fertilização nitrogenada é maior, comparada com aquelas que não recebem aplicação do fertilizante nitrogenado (WIEN, 1997). Conseqüentemente, a maior área foliar proporciona uma superior interceptação de luz, fazendo com que ocorra um rendimento final maior de tubérculos. Esses resultados concordam com os desse autor, visto que a área da quarta folha correlacionou-se com os critérios de manejo de N.

Tabela 8 – Coeficiente de correlação linear simples entre a área, largura, comprimento, comprimento do parênquima paliçádico, comprimento do parênquima lacunoso, comprimento total do parênquima, índice estomático das faces abaxial e adaxial medidos na quarta folha de batata com a produção comercial e total de tubérculos e com critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época seca

Característica morfo-anatômica	Produção comercial	Produção total	Critério
Área da quarta folha	0,17 ns	0,17 ns	0,96**
Largura da quarta folha	-0,02 ns	-0,04 ns	0,05 ns
Comprimento da quarta folha	-0,25 ns	-0,24 ns	-0,46 ns
Comprimento do parênquima paliçádico	-0,04 ns	0,02 ns	-0,04 ns
Comprimento do parênquima lacunoso	-0,11 ns	-0,15 ns	-0,17 ns
Comprimento total do parênquima	-0,14 ns	-0,15 ns	-0,20 ns
Índice estomático da face abaxial	-0,07 ns	-0,09 ns	-0,94**
Índice estomático da face adaxial	0,01 ns	0,03 ns	0,32 ns

** e ns Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Pearson (P<0,01), respectivamente.

3.2. Experimento 2, época das águas

3.2.1. Área da quarta folha (AQF)

Ocorreu interação significativa entre os critérios e épocas de coleta na característica AQF. Os valores de AQF estão descritos na Tabela 9.

No critério sem N (TestA) a AQF aumentou de 86,15 aos 21 DAE para 100,92 cm^2 aos 56 DAE. Quando comparada a AQF do critério TestA, este proporcionou os menores valores de AQF. Os maiores valores foram encontrados no QuinaprA em ambas as épocas de coleta (Tabela 9).

Tabela 9 – Área (cm^2) da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Critério	Época de coleta (DAE)	
	21	56
TestA	86,15 Bc*	100,92 Ac
FertotA	124,82 Ab	120,89 Ab
QuinaprA	137,95 Aa	132,28 Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Estes resultados não concordam com os encontrados por Beukema e van der Zaag (1990). Estes autores verificaram que em altas temperaturas, a área foliar é maior. Porém, Pereira e Daniels (2003) afirmam que as folhas têm menor área, quando submetidas a temperaturas elevadas. Omitindo ferro em solução nutritiva na cultura do milho, Mattiello (2004) verificou que a área foliar não foi afetada. Segundo Abbott (1967), a inibição da divisão celular somente ocorria com deficiência extremamente severa, acarretando diminuição no crescimento. Neste resultado, apesar de não ter aplicado N no critério TestA o solo ainda fornecia nitrato para planta.

Gramíneas com déficit de nitrogênio apresentaram compactação celular, redução do volume das células epidérmicas (van ARENDONK *et al*., 1997), pouco espaço com ar no mesofilo e menor volume do mesofilo (GASTAL e NELSON, 1994), o que provavelmente tenha proporcionado menor área foliar.

Segundo Wien (1997), a área foliar das plantas que recebem aplicação de fertilizante nitrogenado é maior, comparada com as que não o recebem resultado confirmado neste estudo.

Nesta época de plantio ocorreu resultado semelhante quando comparado com a época seca, ou seja, indiferentemente da época de plantio a aplicação de N no critério baseado na quinta aproximação (Quinapr) proporcionou os maiores valores de área foliar tanto aos 21 quanto aos 56 DAE.

3.2.2. Diâmetro do entrenó abaixo da quarta folha (DQF)

Não houve efeito significativo da interação entre os fatores critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da quarta folha no DQF.

Na característica DQF não se verificou diferença estatística significativa entre os fatores critérios e épocas de coleta, obtendo, esta característica, uma média geral de 8,89 mm.

3.2.3. Número de tricomas do folíolo da quarta folha (NTQF)

3.2.3.1. NTQF na face abaxial

Ocorreu diferença significativa entre a interação dos fatores no NTQF na face abaxial. Os valores da característica NTQF na face abaxial estão descritos na Tabela 10.

Tabela 10 – Número de tricomas/milhão de μm^2 da face abaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Critério	Época de coleta (DAE)	
	21	56
TestA	5,80 Ba*	10,38 Aa
FertotA	1,93 Ac	2,80 Ac
QuinaprA	3,53 Bb	5,50 Ab

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O critério controle (TestA) induziu a um acréscimo de NTQF com a época de coleta e proporcionou tanto aos 21 quanto aos 56 DAE os maiores NTQF com 5,80 e 10,38, respectivamente, aumento de 78,96%, conseqüentemente os menores NTQF na face abaxial foram encontrados quando se aplicou N em pré-plantio e na cobertura (Tabela 10).

3.2.3.2. NTQF na face adaxial

Não houve efeito dos fatores e de suas interações no NTQF na face adaxial.

Estes valores concordam com Dickson (2000), que verificou que em locais pobres em N as folhas têm grande proporção de tricomas. Da mesma forma como ocorreu na época seca, é bem provável que os fatores influenciaram interativamente a área foliar também ocorreu o mesmo para número de tricomas na face adaxial, considerando que quanto maior a área

foliar maior o número de tricomas. Talvez o déficit nutricional nitrogenado tenha ocasionado a planta a se defender de pragas desenvolvendo um maior número de tricomas.

Quando compara-se nas duas épocas de plantio esta característica, percebe-se inversão dos resultados, visto que o NTQF da face abaxial na época seca não diferenciou estatisticamente quanto aos critérios e épocas de coleta, o valor desta característica na face adaxial em época seca diferiu com relação ao fatores estudados, porém, o NTQF na face abaxial da outra época de plantio se verificou diferença estatística, enquanto não se evidenciou isto no NTQF da face adaxial.

3.2.4. Índice estomático do folíolo da quarta folha (IEQF)

3.2.4.1. IEQF na face abaxial

Para o IEQF na face abaxial ocorreu interação significativa entre os fatores estudados. Os valores da característica IEQF na face abaxial estão descritos na Tabela 11

Tabela 11 – Índice estomático da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Critério	IEQF face abaxial (%)		IEQF face adaxial (%)	
	Época de coleta (DAE)		Época de coleta (DAE)	
	21	56	21	56
TestA	13,75 Ba*	19,48 Ab	12,82 Aa	9,22 Bc
FertotA	12,02 Ba	15,58 Ac	13,93 Aa	11,52 Bb
QuinaprA	13,62 Ba	22,63 Aa	14,20 Aa	14,88 Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Verifica-se aumento desta característica em todos critérios quando compara-se as duas épocas de coletas, tendo o critério QuinaprA o maior IEQF com média de 22,63% aos 56 DAE na face abaxial. A média geral do IEQF na face abaxial foi 16,82% (Tabela 11).

3.2.4.2. IEQF na face adaxial

Para o IEQF na face adaxial também ocorreu interação significativa entre os fatores estudados. Os valores da característica IEQF na face adaxial estão descritos na Tabela 11.

Nesta característica, no critério QuinaprA não verifica-se mudança no IEQF com relação as duas épocas de coleta. Os critérios não influenciaram esta característica aos 21 DAE. Aos 56 DAE o maior IEQF foi verificado no critério QuinaprA, com 14,88% na face adaxial (Tabela 11). A média geral do IEQF na face adaxial foi de 12,76%.

Verifica-se que na face abaxial o número de estômatos é bastante superior (McCauley e Evert 1988b). Os estômatos são estruturas importantes, pois representam a porta de entrada e escoamento dos gases para a fotossíntese, processo primordial relacionado à produtividade vegetal, além de serem também porta de entrada para microrganismos. As diferentes espécies de plantas variam quanto ao número, freqüência, tamanho, distribuição, forma e a mobilidade dos estômatos, o que conseqüentemente interfere na capacidade fotossintética destas. Mesmo em uma única planta, as folhas variam relativamente quanto aos estômatos, dependendo de sua forma e posição no ramo. Além disso, o comportamento dos estômatos tem relação direta com as condições abióticas (LARCHER, 1986; SILVA *et al*., 2005). Provavelmente a maior produção total da batata proporcionada pelo critério QuinaprA (Tabela 15, do artigo 2), embora não seja diferente estatisticamente dos valores de produção evidenciados nos critérios TestA e FertotA, tenha sido devido a maior quantidade de estômatos.

O IE na face abaxial diferenciou estatisticamente quanto aos fatores em ambas as épocas de plantio, o que não foi evidenciado para IE na face adaxial. Na época seca o critério TestS proporcionou os maiores valores, e na época das águas o critério QuinaprA resultou nos altos valores de IE. Embora, no critério QuinaprA tenha sido aplicado dose de N, a chuva em excesso pode ter lixiviado o fertilizante, fazendo com que estes resultados fossem parecidos ao encontrado na época seca, quando não se utilizou N (TestS).

3.2.5. Largura da célula guarda do estômato do folíolo da quarta folha (LCGQF)

3.2.5.1. LCGQF na face abaxial

Na LCGQF na face abaxial ocorreu interação significativa entre os fatores. Os valores de LCGQF na face abaxial estão descritos na Tabela 12.

Comparando as épocas de coleta dentro de cada tratamento, verifica-se que apenas no critério QuinaprA a largura diminuiu de 11,41 para 8,40 µm nas coletas realizadas aos 21 e 56 DAE, respectivamente, redução de 26,38% na LCGQF (Tabela 12).

Tabela 12 – Largura da célula guarda (µm) do estômato da face abaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Critério	Época de coleta (DAE)	
	21	56
TestA	10,46 Aa*	10,52 Aa
FertotA	10,59 Aa	9,66 Ab
QuinaprA	11,41 Ab	8,40 Bc

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Da mesma forma como ocorreu com as plantas na época seca os critérios de manejo de N promoveram a expansão da largura da célula guarda do estômato da face abaxial. Percebe-se tendência de aumento na largura da célula guarda quando se aplica quantidade menor de N.

Apesar da característica LCGQF na face abaxial ter sido influenciada somente pelo fator critério de N na época seca, diferentemente do ocorrido na época das águas, que foi influenciado pelos critérios de N e épocas de coletas da folha, o critério Test se sobressaiu aos demais em ambas as épocas de plantio.

3.2.5.2. LCGQF na face adaxial

Não ocorreu interação significativa entre os fatores para esta característica, como também não ocorreu diferença estatística em cada fator.

3.2.6. Comprimento da célula guarda do estômato do folíolo da quarta folha (CCGQF)

3.2.6.1. CCGQF na face abaxial

Para o CCGQF na face abaxial não verificou-se diferença significativa na interação como também nos fatores isolados.

3.2.6.2. CCGQF na face adaxial

Para esta característica na face adaxial ocorreu interação entre os fatores (critério de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha). Os valores da característica CCGQF na face adaxial estão descritos na Tabela 13.

Percebe-se que apenas no critério TestA ocorreu aumento de 39,74 para 44,58 µm de 21 para 56 DAE, respectivamente, acréscimo de 12,17% na CCGQF, os critérios dentro de cada época de coleta não se verificou diferença significativa (Tabela 13).

Tabela 13 – Comprimento da célula guarda (µm) do estômato da face adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Critério	Época de coleta (DAE)	
	21	56
TestA	39,74 Bb*	44,58 Aab
FertotA	44,71 Aab	43,85 Aab
QuinaprA	43,25 Aab	39,76 Ab

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Confrontando os resultados de CCGQF da face adaxial, em ambas as épocas de plantio, verifica-se que o critério testemunha (Test) resultou em promover os maiores valores de comprimento da célula guarda na segunda época de coleta de folhas.

3.2.7. Número de cristais do folíolo da quarta folha (NCQF)

Houve interação entre os fatores sobre o NCQF. Os valores de NCQF estão descritos na Tabela 14.

Tabela 14 – Número de cristais/milhão de μm^2 no folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Critério	Época de coleta (DAE)	
	21	56
TestA	34,88 Aa*	44,10 Aa
FertotA	24,20 Aa	11,75 Bc
QuinaprA	32,28 Aa	27,52 Ab

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Também correu alteração no número de cristais em função dos fatores, ou seja, ambos fatores influenciaram nesta característica, como ocorrido na época seca. Da mesma maneira que os fatores influenciaram conjuntamente o número de cristais, isso provavelmente refletiu o que ocorreu com a área foliar, levando em conta que quando se aumenta o número de cristais acarreta aumento da área da folha.

3.2.8. Comprimento das células dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (CPT) do folíolo da quarta folha

Para as características comprimento das células dos parênquimas paliçádico, lacunoso e total não ocorreu interação entre os fatores.

Verifica-se que apenas ocorreu diferença significativa nesta característica para os critérios de manejo de N. Os valores de CPP, CPL E CPT estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15 – Comprimento das células dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (CPT) do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Critério	CPP (µm)	CPL (µm)	CPT (µm)
TestA	95,50 a*	156,09 a	255,46 a
FertotA	92,32 ab	134,97 b	227,30 b
QuinaprA	88,04 b	123,46 b	211,50 b

* Médias na coluna seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

De acordo com McCauley e Evert (1988a) a média nas células do parênquima paliçádico tem comprimento de 85 µm, neste experimento encontrou-se uma média de 91,95 µm. Plantas de milho submetidas à deficiência de ferro, cobre, manganês e zinco em solução nutritiva não obtiveram diferença no comprimento do parênquima total de acordo com Mattiello (2004).

3.2.9. Índice de vascularização do folíolo da quarta folha (IVQF)

Para o IVQF não se encontrou diferença estatística significativa para interação e nem para os fatores isolados.

A média geral encontrada foi de 2,16 feixes/1.000 µm. Estes resultados discordam dos divulgados por Dickson (2000) que percebeu enorme quantidade de tecidos vasculares em ambientes com deficiência de N. Mattiello (2004) verificou que a deficiência de ferro e zinco não proporcionaram diferenças no índice de vascularização da folha de milho.

3.2.10. Comprimento do colênquima do folíolo da quarta folha (CCQF)

3.2.10.1. CCQF acima da nervura central

No CCQF acima da nervura central ocorreu interação significativa ao nível de 5% de probabilidade. Os valores desta característica estão descritos na Tabela 16.

3.2.10.2. CCQF abaixo da nervura central

Ocorreu também interação entre os fatores para CCQF abaixo da nervura central do folíolo. Os valores desta característica estão descritos na Tabela 16.

Tabela 16 – Comprimento do colênquima acima e abaixo da nervura principal do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Critério	Comprimento colênquima acima (µm)		Comprimento colênquima abaixo (µm)	
	Época de coleta (DAE)		Época de coleta (DAE)	
	21	56	21	56
TestA	95,10 Ac*	95,24 Ab	69,65 Aa	46,38 Ba
FertotA	172,94 Aa	73,93 Bc	45,83 Ab	33,58 Bb
QuinaprA	138,70 Ab	113,25 Ba	49,50 Ab	48,03 Aa

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Da mesma forma ao experimento na época seca, o CCQF variou de 2 a 4 camadas de células, concordando com os resultados de McCauley e Evert (1988a) onde perceberam que o comprimento do colênquima variou de 2 a 4 camadas de células.

3.2.11. Correlação linear simples entre características morfo-anatômicas com as produções e critérios de N

Verifica-se correlação negativa entre a área da quarta folha com a produção total e comercial de tubérculos de batata, percebe-se também que a área foliar, o diâmetro do entrenó e o índice estomático da face abaxial correlacionou-se positivamente com a dose de N aplicada em função dos critérios de manejo de N, nas demais características não ocorreu correlação (Tabela 17).

Tabela 17 – Coeficiente de correlação linear simples entre a área, diâmetro do entrenó logo abaixo da quarta folha, comprimento do parênquima paliçádico, comprimento do parênquima lacunoso, comprimento total do parênquima, índice estomático das faces abaxial e adaxial medidos na quarta folha da batata com a produção comercial e total de tubérculos e com critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época das águas

Característica morfo-anatômica	Produção comercial	Produção total	Critério
Área da quarta folha	-0,71**	-0,68**	0,73**
Diâmetro do entrenó	-0,48 ns	-0,47 ns	0,59*
Comprim. do parênquima paliçádico	-0,42 ns	-0,31 ns	0,08 ns
Comprim. do parênquima lacunoso	-0,24 ns	-0,10 ns	-0,50 ns
Comprim. total do parênquima	-0,27 ns	-0,10 ns	-0,39 ns
Índice estomático da face abaxial	0,01 ns	0,05 ns	-0,26 ns
Índice estomático da face adaxial	-0,36 ns	-0,41 ns	0,58*

** e * Significativo estatisticamente pelo teste de Pearson (P<0,01 e P<0,05, respectivamente). ns: Não-significativo estatisticamente pelo teste de Pearson.

Isto provavelmente pode ser explicado devido aos critérios que proporcionaram maiores produções de tubérculos (Tabela 15, do terceiro artigo), pois a planta investiu maior quantidade de fotoassimilados, reduzindo a área da quarta folha, visto que estava no período próximo a senescência. Valantin *et al*. (1998) na cultura do meloeiro, relatou que o aumento do número de drenos proporcionou redução da área foliar quando comparada a plantas conduzidas com apenas um fruto, atribuindo a baixa área foliar, a força exercida pelo dreno em puxar os assimilados das folhas, alterando sua

expansão e acelerando a senescência. Em pepino, a área foliar da planta foi reduzida com o aumento do número de frutos na planta (MARCELIS, 1993).

Também percebe-se que com a aplicação de dose de N ocorre aumento da área da quarta folha, bem como incremento do diâmetro do entrenó. Porém, verifica-se que as produções comerciais e totais (Tabela 15) não foram afetadas quando se estudou somente esses três critérios de manejo de N. Concordando com Arf *et al.* (2005), os quais comentam que o nitrogênio provoca mudanças morfológicas e fisiológicas na cultura do arroz, o que nem sempre aumenta na produtividade.

Apenas os critérios de manejo de N correlacionaram-se positivamente com a área da quarta folha em ambas as épocas de plantio, o que indica que os critérios de N realmente influi nesta característica independentemente da época a ser plantada a batata.

4. Conclusões

4.1. Experimento 2, época seca e das águas

Critérios de manejo de N e épocas de coleta da folha provocaram alterações nas características morfo-anatômicas no folíolo terminal da quarta folha, como área da quarta folha, número de cristais, índice estomático na face abaxial, comprimento da célula guarda do estômato na face adaxial e comprimento do colênquima acima da nervura principal

Referências bibliográficas

ABBOTT, A. J. Physiological effects of micronutrient deficiencies in isolated roots of *Lycopersicon esculentum*. **New Phytology**, Roskilde, v. 66, p. 419-437, 1967.

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO, J. R.; REGAZZI, A. J. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e freqüências de cortes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, p. 17-24, 2005.

BERLYN, G. P.; MIKSHE, J. P. **Botanical Microtechnique and Cytochemistry**. Ames: The Iowa State University Press, 1976. 325 p.

BOS, H. J.; TINANI-ENIOLA, H.; STRUICK, P. C. Morphological analysis of leaf growth of maize: responses to temperature and light intensity. **Netherlands Journal Agricultural Sciences**, Wageningen, v. 48, p. 181-198, 2000.

CARVALHO, L. M.; SILVA, E. A. M.; AZEVEDO, A. A. Aspectos morfofisiológicos das cultivares de cafeeiro Catuaí-Vermelho e Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 411-416, 2001.

CONLEY, M. E.; PAPAROZZI, E. T.; STROUP W. W. Leaf anatomical and nutrient concentration responses to nitrogen and sulfur applications in poinsettia. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 25, n. 8, p. 1773-1791, 2002.

DICKSON, W. C. **Integrative plant anatomy**. San Diego: Harcourt/ Academic Press, 2000.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C.; MORAIS, R. V.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CASAGRANDE, D. R.; COSTA, L. T. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.

GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO, J. R.; REGAZZI, O. J. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 1890-1900, 2002.

GASTAL, F.; NELSON, C. J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, Palo Alto, v. 105, p. 191-197, 1994.

GOMES, P. F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Editora Nobel, 2000. 477 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

MALAVOLTA, E.; NOGUEIRA, N. G. L.; HEINRICHS, R.; HIGASHI, E. N.; RODRÍGUEZ, V.; GUERRA, E.; OLIVEIRA, S. C.; CABRAL, C. P. Evaluation of nutritional status of the cotton plant with respect to nitrogen. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 35, n.7-8, p. 1007-1019, 2004.

MARCELIS, L. M. F. Leaf formation in cucumber (*Cucumis sativus L.*) as influenced by fruit load, light and temperature. **Gartenbauwissenschaft**, Berlin, v. 58, p. 124-129, 1993.

MATTIELLO, E. M. **Estado nutricional e aspectos fisiológicos e anatômicos em milho sob omissão de micronutrientes catiônicos**. 2004.

61 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2004.

McCAULEY, M. M.; EVERT, R. F. Morphology and vasculature of the leaf of potato (*Solanum tuberosum* L.). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 75, n. 3, p. 1377-390, 1988b.

McCAULEY, M. M.; EVERT, R. F. The anatomy of the leaf of potato, *Solanum tuberosum* L. ´Russet Burbank`. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 149, n. 2, p. 179-195, 1988a.

MORAES-DALLAQUA, M. A.; BELTRATI, C. M.; RODRIGUES, J. D. Anatomia de ápices radiculares de feijão cv. Carioca submetidos a níveis de boro em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 425-430, 2000.

MORENO-SOTOMAYOR, A.; WEISS, A.; PAPAROZZI, E. T.; ARKEBAUER, T. J. Stability of leaf anatomy and light response curves of field grown maize as a function of age and nitrogen status. **Plant Physiology**, Palo Alto, v. 159, p. 819-826, 2002.

NAGEL, O. W.; KONINGS, H.; LAMBERS, H. The influence of a reduced gibberellin biosynthesis and nitrogen supply on the morphology and anatomy of leaves and roots of tomato (*Solanum lycopersicum*). **Physiologia Plantarum**, Umea, v. 110, p. 40-45, 2001.

O´BRIEN, T. P.; McCULLY, M. E. **The study of plant structure principles and select methods**. Melbourne: Termarcarphi Pty, 1981. 45 p.

OLIVEIRA, C. A. S. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 939-950, 2000.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; SILVA, E. A. M.; QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, C. A. M. Características anatômicas da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 890-899, 2002.

QUEIROZ, D. S.; GOMIDE, J. A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 2. Anatomia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 61-68, 2000.

RADEMACHER, I. F.; NELSON, C. J. Nitrogen effects on leaf anatomy within the intercalary meristems of Tall Fescue leaf blades. **Annals of Botany**, Oxford, v. 88, p. 893-903, 2001.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

SASS, J. E. **Botanical microtechnique**. 3. ed. Iowa: State Press, 1951. 228 p.

SEGATTO, F. B.; BISOGNIN, D. A.; BENEDETTI, M; COSTA, L. C.; RAMPELOTTO, M. V.; NICOLOSO, F. T. Técnica para o estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1597-1601, 2004.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.

STRUCKMEYER, B. E. The effect of inadequate supplies of some nutrient elements on foliar symptoms and leaf anatomy of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.). **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 75, p. 739-747, 1960.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução: Eliane Romanato Santarém... [et al.]. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TOSCANO, L. C.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SANTOS, J. M.; ALMEIDA, J. B. S. A. Tipos de tricomas em genótipos de *Lycopersicon*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 336-338, 2001.

VALANTIN, M.; GARY, C.; VAISSIERE, B. E; TCHAMITCHIAN, M.; BRUNELLI, B. Changing sink demand affects the area but not the specific activity of assimilate sources in cantaloupe. **Annals of Botany**, Londres, v. 82, p. 711-719, 1998.

van ARENDONK, J. J. C. M.; NIEMANN, G. J.; BOON, J. J.; LAMBERS, H. Effects of nitrogen supply on the anatomy and chemical composition of leaves of four grass species belonging to the genus *Poa*, as determined by image-processing analysis and pyrolysis-mass spectrometry. **Plant, Cell and Environment**, Logan, v. 20, p. 881-898, 1997.

VOS, J.; BIEMOND, H. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 1. Leaf appearance, expansion growth, life spans of leaves and stem branching. **Annals of Botany**, Londres, v. 70, p. 27-35, 1992.

WIEN, H. C. **The physiology of vegetable crops**. New York: Cab International, 1997. 662 p.

3. RESUMO GERAL E CONCLUSÕES

Foram avaliados os efeitos de diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada sobre o estado nutricional nitrogenado da batata; nível crítico SPAD, produtividade, lucratividade, eficiência de utilização do nitrogênio e características morfo-anatômica, em duas épocas de plantio, sendo dois experimentos na época seca e dois na época das águas. Os dois experimentos do primeiro ano foram conduzidos no período de maio a setembro de 2004 (experimento 1, época seca), e novembro de 2004 a fevereiro de 2005 (experimento 1, época das águas). No segundo ano, os dois experiementos foram conduzidos no período de abril a agosto de 2005 (experimento 2, época seca), e novembro de 2005 a fevereiro de 2006 (experimento 2, época das águas). Os critérios (tratamentos) de N estudados foram em parte, derivados do experimento do ano anterior, realizado nas duas épocas de plantio, assim detalhados: 1 – Test: testemunha que não recebeu N; 2 – Fertot: dose ótima de N determinada em experimento do ano anterior; 3 – Quinapr: recomendação da 5ª aproximação; 4 – Prodvin: dose de N baseada na produtividade esperada (20% em pré-plantio); 5 – Prodcin: idem anterior (com 50% em pré-plantio); 6 – Prodoit: idem anterior (com 80% em pré-plantio); 7 – Prodcem: idem anterior (com 100% em pré-plantio); 8 – SPAD1: dose de N em pré-plantio baseada na 5ª aproximação, e dose de N em cobertura baseada em 100% do NC SPAD na folha; 9 – SPAD2: dose de N em pré-plantio baseada na

5ª aproximação, e dose de N em cobertura baseada em 90% do NC SPAD na folha; 10 – SPAD3: dose de N em pré-plantio baseada na 5ª aproximação, e dose de N em cobertura baseada em 110% do NC SPAD na folha; 11 – Solo1: dose de N baseada na análise de solo, calculada para completar a dose que propiciou a ótima produção comercial no experimento do ano anterior e 12 – Solo2: idem anterior, para completar a dose recomendada pela 5ª aproximação, estes critérios baseados na análise de solos apenas foram testados na época das águas. A aplicação das doses de N em pré-plantio foi realizada no sulco de plantio e as doses em cobertura foram distribuídas nos dois lados das plantas, ao longo da fileira, aos 21 dias após a emergência (DAE), realizando-se em seguida a amontoa. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro repetições, exceto no segundo artigo, utilizou-se seis repetições. Concluiu-se que:

3.1. Experimentos da época seca

O nível crítico SPAD foi 42,1.

As máximas produtividades total e comercial de tubérculos de batata foram 40,94 e 39,72 Mg ha^{-1} com 179,93 e 185,8 kg ha^{-1} de N aplicados em pré-plantio, respectivamente.

A produtividade de batata não foi influenciada pelos critérios de manejo de N.

O maior lucro líquido foi obtido com o critério número 10.

As eficiências de uso, de utilização, de absorção e agronômica do N foram inversamente proporcionais às quantidades de N aplicadas.

Os critérios de manejo influenciaram o balanço do N e as eficiências de utilização, de absorção e agronômica do N.

Critérios de manejo de N e épocas de coleta da folha provocaram alterações nas características morfo-anatômicas no folíolo terminal da quarta folha, como área da quarta folha, número de cristais, índice estomático na face abaxial, comprimento da célula guarda do estômato na face adaxial e comprimento do colênquima acima da nervura principal.

3.2. Experimentos da época das águas

O nível crítico SPAD foi 35,2.

As máximas produtividades total e comercial de tubérculos de batata foram 45,35 e 44,36 Mg ha^{-1} com 197,58 e 205,85 kg ha^{-1}, respectivamente, devendo 50 kg ha^{-1} serem aplicados em pré-plantio.

A produtividade de batata foi influenciada pelos critérios de manejo de N.

O maior lucro líquido foi obtido com o critério número 6.

Os critérios de manejo influenciaram o índice de colheita, o teor de nitrato residual no solo e as eficiências de uso, de absorção, de recuperação e agronômica do N.

APÊNDICE GERAL

APÊNDICE A

Tabela 1A – Resumo da análise de variância (ANAVA) dos dados do índice SPAD na quarta folha aos 21 DAE, produção total e produção comercial de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca

Fonte de variação (FV)	Grau de liberdade (GL)	Quadrado médio (QM) índice SPAD	QM Produção total	QM Produção comercial
Bloco	3	13,0781	10577,7900	3420,7790
Adubação pré-plantio (ADP)	4	252,5707**	26397,3300**	29645,8000**
Erro (A)	12	5,6944	5375,5920	5676,5080
Adubação cobertura (ADC)	3	1,1921 ^{ns}	31394,9800 ^{ns}	20723,5100 ^{ns}
ADPxADC	12	5,1238 ^{ns}	13074,4800 ^{ns}	18564,6200 ^{ns}
Erro (B)	45	1,3818	15459,7500	14506,3300
Coeficiente de Variação (CV) (%)		3,04	17,77	17,22

** e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste F (P<0,01), respectivamente.

Tabela 2A – Médias dos valores observados do índice SPAD (unidade SPAD) na quarta folha aos 21 DAE, produção total e comercial (g/planta) de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca

Dose de Nitrogênio (kg ha^{-1})		Índice SPAD	Produção total	Produção comercial
Pré-plantio	Cobertura			
0	0	33,4	634,00	568,75
	100	31,7	585,25	545,00
	200	33,0	629,50	564,50
	300	32,2	836,75	747,50
50	0	32,6	731,00	687,25
	100	37,4	788,50	750,75
	200	37,9	741,25	733,00
	300	35,9	750,75	721,75
100	0	38,5	736,50	682,00
	100	40,2	655,25	642,75
	200	39,3	782,25	725,75
	300	40,9	909,25	895,25
200	0	42,3	755,00	750,25
	100	41,8	626,50	605,75
	200	42,2	768,50	716,25
	300	41,1	673,50	610,25
300	0	42,1	714,00	678,00
	100	40,6	728,75	670,50
	200	41,4	811,75	760,75
	300	44,0	813,00	647,50

Tabela 3A – Resumo da Análise de regressão da relação entre o valor do índice SPAD determinado semanalmente na quarta folha marcada (FM) de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca

Característica	GL	QM índice SPAD semanal	QM SPAD FM
SPAD 07 DAE	2	63,2256**	---
SPAD 14 DAE	2	80,7755**	---
SPAD 28 DAE	2	162,4452**	---
SPAD 35 DAE	2	105,8676**	---
SPAD 42 DAE	2	45,4497**	82,9630**
SPAD 49 DAE	2	36,3366**	74,6116**
SPAD 56 DAE	2	54,9916**	49,7110**

** Significativo estatisticamente pelo teste F (P<0,01).

Tabela 4A – Média dos valores observados do índice SPAD semanal (unidade SPAD), na quarta folha de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca

Dose de Nitrogênio (kg ha^{-1})		Índice SPAD semanal						
Pré-plantio	Cobertura	07[#]	14	28	35	42	49	56
0	0	34,5	34,0	31,1	32,6	31,1	28,3	24,4
	100	35,4	34,2	29,4	33,5	32,9	32,3	28,4
	200	36,3	34,6	30,3	35,4	35,3	34,1	29,8
	300	36,7	33,7	30,3	33,9	32,8	32,7	30,1
50	0	41,1	40,4	33,2	32,4	32,5	31,4	28,3
	100	41,9	39,3	33,1	33,3	33,7	32,4	30,8
	200	42,3	40,2	34,7	35,3	35,3	34,1	31,0
	300	41,9	38,5	32,9	36,6	34,1	33,3	29,7
100	0	40,9	40,2	36,3	37,8	34,6	32,7	28,8
	100	40,3	39,5	35,3	38,5	35,3	34,6	33,1
	200	41,4	41,0	36,8	37,6	36,0	33,6	31,6
	300	41,8	41,3	36,9	37,2	35,9	34,3	31,7
200	0	44,1	43,3	40,1	41,1	39,7	35,4	33,9
	100	44,2	41,4	40,1	41,7	38,5	36,2	34,1
	200	42,3	42,8	41,0	42,4	37,5	37,6	35,3
	300	43,6	44,2	41,2	41,1	39,1	36,2	34,5
300	0	45,7	42,8	41,5	42,9	38,4	36,6	34,9
	100	43,5	43,5	41,0	41,7	37,2	36,5	33,1
	200	44,7	44,5	40,7	41,3	39,1	36,1	34,3
	300	43,3	42,0	42,2	41,6	38,0	36,5	34,0

[#] DAE = dias após emergência.

Tabela 5A – Média dos valores observados do índice SPAD da folha marcada (unidade SPAD), na quarta folha de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época seca

Dose de Nitrogênio (kg ha^{-1})		Índice SPAD da folha marcada		
Pré-plantio	Cobertura	42[#]	49	56
0	0	30,6	25,3	24,4
	100	32,2	28,0	27,3
	200	30,1	27,4	28,7
	300	33,5	29,8	28,5
50	0	31,1	28,0	26,9
	100	34,6	30,3	27,8
	200	34,2	31,3	30,3
	300	33,7	29,0	28,4
100	0	35,4	30,1	28,5
	100	36,2	33,2	31,9
	200	36,7	33,1	31,1
	300	36,1	33,0	30,0
200	0	38,4	32,8	30,5
	100	40,1	33,0	30,0
	200	37,7	33,5	31,4
	300	40,7	35,9	33,6
300	0	38,6	35,2	32,5
	100	40,4	33,2	32,8
	200	38,4	36,9	33,6
	300	39,1	35,0	33,6

[#] DAE = dias após emergência.

Tabela 6A – Resumo da análise de variância (ANAVA) dos dados do índice SPAD na quarta folha aos 21 DAE, produção total e produção comercial de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época das águas

FV	GL	QM Índice SPAD	QM Produção total	QM Produção comercial
Bloco	3	1,8028	15161,7100	9298,9870
ADP	4	473,8261**	188984,5000**	205235,4000**
Erro (A)	12	4,5674	5637,3840	4551,2440
ADC	3	2,3738 [ns]	72987,7500**	50252,9300**
ADPxADC	12	3,3648 [ns]	38063,9900 [ns]	39844,2600 [ns]
Erro (B)	45	2,3179	5551,4270	2910,1960
CV (%)		3,99	12,65	9,82

** e * Significativo estatisticamente pelo teste F (P<0,01 e P<0,05, respectivamente). [ns] Não-significativo estatisticamente pelo teste F.

Tabela 7A – Médias dos valores observados do índice SPAD (unidade SPAD) na quarta folha aos 21 DAE, produção total e produção comercial (g/planta) de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época das águas

Dose de Nitrogênio (kg ha^{-1})		Índice SPAD	Produção total	Produção comercial
Pré-plantio	Cobertura			
0	0	29,8	588,25	501,18
	100	30,6	470,75	436,37
	200	29,5	487,37	466,75
	300	29,1	612,18	579,56
50	0	38,2	646,25	590,87
	100	35,9	745,00	745,00
	200	36,6	901,87	855,93
	300	36,4	773,81	773,81
100	0	37,9	776,37	698,81
	100	37,9	498,18	454,25
	200	38,7	484,93	464,18
	300	38,2	570,31	510,93
200	0	41,5	649,50	623,25
	100	44,1	401,25	323,12
	200	43,2	633,20	594,45
	300	42,2	642,00	578,25
300	0	44,7	554,75	515,68
	100	42,5	430,25	430,25
	200	43,3	373,75	365,56
	300	42,2	539,06	468,43

Tabela 8A – Resumo da Análise de regressão do índice SPAD determinado semanalmente, na quarta folha de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época das águas

Característica	GL	QM Índice SPAD semanal
SPAD 07 DAE	2	109,3936**
SPAD 14 DAE	2	92,8857**
SPAD 28 DAE	2	189,9263**
SPAD 35 DAE	2	41,7208**
SPAD 42 DAE	2	17,4341**
SPAD 49 DAE	2	19,1901**
SPAD 56 DAE	2	17,8647**

** Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01).

Tabela 9A – Média dos valores observados do índice SPAD (unidade SPAD) semanal, na quarta folha de batata, em função de dose de nitrogênio aplicada em pré-plantio e em cobertura. Experimento 1, época das águas

Dose de Nitrogênio (kg ha^{-1})		Índice SPAD semanal						
Pré-plantio	Cobertura	07[#]	14	28	35	42	49	56
0	0	39,5	35,8	28,6	29,4	33,3	33,0	30,6
	100	40,5	35,4	30,3	34,3	36,9	35,1	33,6
	200	40,0	36,2	30,3	35,2	37,3	36,2	35,0
	300	39,7	34,9	31,8	36,4	38,0	36,5	35,8
50	0	43,9	37,6	35,3	33,9	36,0	34,8	34,5
	100	45,1	36,7	36,8	36,4	38,1	35,3	36,4
	200	46,2	38,2	35,7	36,4	37,3	36,4	36,2
	300	43,4	37,0	38,1	37,8	38,4	38,0	37,8
100	0	45,9	40,6	37,1	35,9	37,0	35,5	36,2
	100	46,0	41,8	36,7	37,6	38,4	37,4	37,4
	200	45,3	39,5	37,7	37,6	38,0	37,5	37,0
	300	45,4	40,4	38,9	36,6	38,2	38,7	37,9
200	0	50,9	42,2	41,7	38,7	38,2	37,0	37,8
	100	48,5	43,4	42,9	38,5	39,6	37,7	37,0
	200	49,2	41,9	41,9	38,7	39,3	37,8	38,9
	300	50,6	42,9	43,5	40,0	39,8	39,3	37,0
300	0	48,3	43,1	43,0	39,4	39,2	37,8	36,6
	100	50,3	42,8	43,0	38,3	39,2	38,8	38,3
	200	49,7	45,0	43,4	39,0	39,7	38,3	37,7
	300	49,9	45,3	42,9	39,7	39,9	38,2	37,3

[#] DAE = dias após emergência.

Tabela 10A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados de Número de tubérculos comercial, não comercial e total produzidos por planta, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Contraste	GL	QM Número comercial	QM Número não comercial	QM Número total
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	5,7041 ^{ns}	0,0093 ^{ns}	5,2510 ^{ns}
gr 1 *vs* gr 3	1	0,1736 ^{ns}	0,0277 ^{ns}	0,3402 ^{ns}
gr 2 *vs* gr3	1	4,1343 ^{ns}	0,0093 ^{ns}	4,5375 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T2	1	1,0208 ^{ns}	0,0052 ^{ns}	0,8802 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T3	1	2,2968 ^{ns}	0,0468 ^{ns}	1,6875 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T5	1	0,0833 ^{ns}	0,0208 ^{ns}	0,1875 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T6	1	0,0208 ^{ns}	0,0052 ^{ns}	0,0468 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T7	1	0,0052 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0052 ^{ns}
gr 3 - T8 *vs* T10	1	1,0208 ^{ns}	0,0052 ^{ns}	1,1718 ^{ns}
CV (%)		20,36	242,34	20,26

Vs: *versus*; T: Tratamento N (Critério); ^{ns} Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Tabela 11A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados de Produção (g) por planta de tubérculos comercial, não comercial e total, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Contraste	GL	QM Produção comercial	QM Produção não comercial	QM Produção total
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	250,1041 ^{ns}	28,3593 ^{ns}	446,9010 ^{ns}
gr 1 *vs* gr 3	1	733,5069 ^{ns}	270,8767 ^{ns}	112,8906 ^{ns}
gr 2 *vs* gr 3	1	10533,7500 ^{ns}	158,4375 ^{ns}	8108,4375 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T2	1	22641,7968 ^{ns}	1,1718 ^{ns}	22317,1875 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T3	1	71881,3802*	325,5208 ^{ns}	62532,4218 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T5	1	875,5208 ^{ns}	102,0833 ^{ns}	379,6875 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T6	1	5053,2552 ^{ns}	22,0052 ^{ns}	5742,1875 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T7	1	3631,3802 ^{ns}	37,6302 ^{ns}	4408,3333 ^{ns}
gr 3 - T8 *vs* T10	1	15588,0208 ^{ns}	42,1875 ^{ns}	14008,3333 ^{ns}
CV (%)		20,86	262,01	20,39

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,05), respectivamente; *vs*: *versus*; T: Tratamento N (Critério).

Tabela 12A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados de Número de tubérculos comercial, não comercial e total produzidos por planta, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Contraste	GL	QM Número comercial	QM Número não comercial	QM Número total
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	6,4681 ns	0,8881 ns	12,1500 ns
gr 1 *vs* gr 3	1	0,3402 ns	0,0802 ns	0,0900 ns
gr 1 *vs* gr 4	1	14,7408 ns	0,0602 ns	12,9168 ns
gr 2 *vs* gr 3	1	5,3401 ns	0,8881 ns	10,5840 ns
gr 2 *vs* gr 4	1	0,2112 ns	0,4355 ns	0,0401 ns
gr 3 *vs* gr 4	1	3,9102 ns	0,3502 ns	6,6008 ns
gr 1 – T1 *vs* T2	1	23,8008 ns	0,2408 ns	19,2533 ns
gr 1 – T1 *vs* T3	1	0,0008 ns	0,3333 ns	0,3675 ns
gr 2 - T4 *vs* T6	1	24,9408 ns	0,607 ns	17,7633 ns
gr 3 – T9 *vs* T10	1	3,3075 ns	0,2408 ns	5,3333 ns
gr 4 – T11 *vs* T12	1	7,3633 ns	1,4008 ns	2,3408 ns
CV (%)		41,84	39,03	36,26

ns Não-significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01); *vs*: *versus*; T: Tratamento N (Critério).

Tabela 13A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados de Produção (g) por planta de tubérculos comercial, não comercial e total, em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Contraste	GL	QM Produção comercial	QM Produção não comercial	QM Produção total
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	312096,4155**	3030,2826 ns	376632,4819**
gr 1 *vs* gr 3	1	3658,2336 ns	1663,2802 ns	388,0900 ns
gr 1 *vs* gr 4	1	90376,1633 ns	314,1633 ns	101347,3200 ns
gr 2 *vs* gr 3	1	296684,2993**	8789,4406 ns	407604,8135**
gr 2 *vs* gr 4	1	35184,5286 ns	741,7668 ns	46143,6757 ns
gr 3 *vs* gr 4	1	24788,4300 ns	3560,4075 ns	47137,8675 ns
gr 1 - T1 *vs* T2	1	28557,7633 ns	114,7008 ns	25052,7408 ns
gr 1 - T1 *vs* T3	1	25089,3075 ns	133,3333 ns	28880,6408 ns
gr 2 - T4 *vs* T6	1	328649,9008**	9352,0833 ns	227122,5675**
gr 3 - T9 *vs* T10	1	67005,9075 ns	3,6300 ns	66023,1675 ns
gr 4 - T11 *vs* T12	1	32980,5675 ns	175,5675 ns	28343,5200 ns
CV (%)		39,00	107,36	37,44

** e * Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01 e P<0,05, respectivamente); *vs*: *versus*; T: Tratamento N (Critério). ns Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Tabela 14A – Resumo da análise de variância (ANAVA) da análise conjunta dos dados da Produção (g) por planta de tubérculos comercial e total, em função de critérios de aplicação de nitrogênio. Experimento 2, época seca e das águas

Fonte de variação	GL	QM Produção comercial	QM Produção total
Total	69	53186,81	45497,51
Bloco	5	98585,37	89042,93
Critério N (Tratamento)	9	54594,63*	53444,81*
BlocoxTratamento	45	17189,98	18030,49
Época de cultivo	1	1336468,00**	815565,70**
Época de cultivoxTratamento	9	63954,92**	65130,29**
Resíduo	50	21735,73	21959,90
CV (%)		29,46	28,05

** e * Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01 e P<0,05, respectivamente). ^{ns} Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Tabela 15A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados das Eficiências de uso do N (EUSN), de utilização do N (EUTN) e de absorção do N (EABN), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Contraste	GL	QM EUSN	QM EUTN	QM EABN
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	292873140,6000*	580,5678 ^{ns}	84,3670*
gr 1 *vs* gr 3	1	108762265,3000*	1,6224 ^{ns}	3,9682*
gr 2 *vs* gr 3	1	334970,5000 ^{ns}	59,8780 ^{ns}	62,8254*
gr 1 - T1 *vs* T2	1	360519114,1000*	2196,8506*	53,5143*
gr 1 - T1 *vs* T3	1	359913986,4000*	1640,2128*	60,4505*
gr 2 - T4 *vs* T5	1	35,1000 ^{ns}	10,0128 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T6	1	110,9000 ^{ns}	162,8110 ^{ns}	0,0722 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T7	1	244,0000 ^{ns}	211,4596 ^{ns}	0,0032 ^{ns}
gr 3 - T8 *vs* T10	1	18014,9000 ^{ns}	669,0482 ^{ns}	0,0300 ^{ns}
CV (%)		102,27	18,46	115,01

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,05), respectivamente; vs: versus; T: Tratamento N (Critério).

Tabela 16A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados das Eficiências agronômica do N (EAGN), fisiológica do N (EFN) e de recuperação do N (ERN), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Contraste	GL	QM EAGN	QM EFN	QM ERN
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	479,8332 ^{ns}	1231,4341 ^{ns}	875,0667 ^{ns}
gr 1 *vs* gr 3	1	9895,0326 ^{ns}	32961,9052 ^{ns}	161,8762 ^{ns}
gr 2 *vs* gr 3	1	755,8563 ^{ns}	15918,1051 ^{ns}	15922,0950 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T2	1	7,2580 ^{ns}	6264,1624 ^{ns}	18047,1501 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T3	1	698,0716 ^{ns}	10795,6818 ^{ns}	17545,3278 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T5	1	34,7361 ^{ns}	76800,6432*	1,3778 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T6	1	113,1008 ^{ns}	89263,6878 ^{ns}	200,4002 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T7	1	245,7544 ^{ns}	111380,2003*	76,3230 ^{ns}
gr 3 - T8 *vs* T10	1	1259,7690 ^{ns}	20706,1250 ^{ns}	20335,3944 ^{ns}
CV (%)		- 715,92	375,83	287,46

* e ^{ns} Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,05), respectivamente; *vs*: *versus*; T: Tratamento N (Critério).

Tabela 17A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados do Índice de colheita do N (ICN), Balanço do N e do Nitrato residual do solo (NRsolo), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época seca

Contraste	GL	QM ICN	QM Balanço do N	QM NRsolo
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	0,0090**	156900,6760**	4,2837 ^{ns}
gr 1 *vs* gr 3	1	0,0054*	0,5582 ^{ns}	8,2720 ^{ns}
gr 2 *vs* gr 3	1	0,0001 ^{ns}	199384,2841**	1,2408 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T2	1	0,0001 ^{ns}	512,8003 ^{ns}	19,0962 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T3	1	0,0001 ^{ns}	695,6450 ^{ns}	18,0300 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T5	1	0,00001 ^{ns}	188,2770 ^{ns}	23,4270 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T6	1	0,0036 ^{ns}	4501,1072 ^{ns}	211,5625 ^{ns}
gr 2 - T4 *vs* T7	1	0,0004 ^{ns}	6217,2401 ^{ns}	679,5141 *
gr 3 - T8 *vs* T10	1	0,00001 ^{ns}	48839,0631*	327,5520 ^{ns}
CV (%)		16,40	- 26,89	31,47

** e * Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01 e P<0,05); *vs*: *versus*; T: Tratamento N (Critério). ^{ns} Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Tabela 18A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados das Eficiências do uso do N (EUSN), de utilização do N (EUTN) e de absorção do N (EABN), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Contraste	GL	QM EUSN	QM EUTN	QM EABN
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	5690167,6620**	14,4841 ^{ns}	48,9073*
gr 1 *vs* gr 3	1	1417039,9230**	18,6737 ^{ns}	2,5807**
gr 1 *vs* gr 4	1	1532497,129**	4,4476 ^{ns}	3,8503*
gr 2 *vs* gr 3	1	62678,1000*	105,3651 ^{ns}	20,0505*
gr 2 *vs* gr 4	1	7736,3300^{ns}	0,0136 ^{ns}	1,8057*
gr 3 *vs* gr 4	1	53701,0200 ^{ns}	25,8480 ^{ns}	20,4480**
gr 1 - T1 *vs* T2	1	37493643,3200**	638,8525 ^{ns}	84,8253*
gr 1 - T1 *vs* T3	1	37027315,1300**	1681,7100 ^{ns}	55,5985*
gr 2 – T4 *vs* T6	1	8984,0300 ^{ns}	1186,5756*	0,5724 ^{ns}
gr 3 – T9 *vs* T10	1	377997,7400 ^{ns}	978,1464 ^{ns}	91,6658*
gr 4 – T11 *vs* T12	1	2441,6100 ^{ns}	47,6288 ^{ns}	5,4615*
CV (%)		43,51	38,94	18,10

** e * Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01 e P<0,05); *vs*: *versus*; T: Tratamento N (Critério). ^{ns} Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Tabela 19A – Resumo da análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados das Eficiências agronômica do N (EAGN), fisiológica do N (EFN) e de recuperação do N (ERN), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Contraste	GL	QM EAGN	QM EFN	QM ERN
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	363,3678 ^{ns}	30689,3840 ^{ns}	2,6832*
gr 1 *vs* gr 3	1	39058,8016*	141200,0982 ^{ns}	0,0308 ^{ns}
gr 1 *vs* gr 4	1	8,4769 ^{ns}	234516,6098 ^{ns}	4,1760**
gr 2 *vs* gr 3	1	50199,3505**	365650,8840 ^{ns}	2,3328*
gr 2 *vs* gr 4	1	1507,1846 ^{ns}	40254,9792 ^{ns}	0,1507 ^{ns}
gr 3 *vs* gr 4	1	28988,1061*	275105,8032 ^{ns}	1,5444 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T2	1	4029,7753 ^{ns}	3511,2200 ^{ns}	0,1225 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T3	1	6193,8450 ^{ns}	605,6940 ^{ns}	0,1922 ^{ns}
gr 2 – T4 *vs* T6	1	9410,5480 ^{ns}	3859,2505 ^{ns}	0,4704 ^{ns}
gr 3 – T9 *vs* T10	1	22770,8470*	23184,5811 ^{ns}	0,0300 ^{ns}
gr 4 – T11 *vs* T12	1	16,2450 ^{ns}	325325,9784 ^{ns}	1,6836 ^{ns}
CV (%)		- 149,19	504,63	165,43

** e * Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01 e P<0,05); *vs: versus*; T: Tratamento N (Critério). ^{ns} Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Tabela 20A - Resumo análise de variância (ANAVA) do contraste dos dados do Índice de colheita do N (ICN), Balanço do N e do Nitrato residual do solo (NRsolo), em função de critérios de aplicação de nitrogênio, dividido em grupos. Experimento 2, época das águas

Contraste	GL	QM ICN	QM Balanço do N	QM NRsolo
Grupo (gr) 1 *vs* gr 2	1	0,0090**	10041,6103 ^{ns}	604,4285**
gr 1 *vs* gr 3	1	0,0015 ^{ns}	7216,5612 ^{ns}	19,1352 ^{ns}
gr 1 *vs* gr 4	1	0,0042 ^{ns}	97309,9699*	67,4541*
gr 2 *vs* gr 3	1	0,0002 ^{ns}	29425,7427 ^{ns}	439,9668**
gr 2 *vs* gr 4	1	0,0001 ^{ns}	10931,1960 ^{ns}	74,7003*
gr 3 *vs* gr 4	1	0,0008 ^{ns}	18203,2740 ^{ns}	188,6653**
gr 1 - T1 *vs* T2	1	0,0050*	205584,7503**	0,4095 ^{ns}
gr 1 - T1 *vs* T3	1	0,0045 ^{ns}	35271,6800 ^{ns}	0,8064 ^{ns}
gr 2 – T4 *vs* T6	1	0,0098**	44488,4621 ^{ns}	65,4940*
gr 3 – T9 *vs* T10	1	0,0060*	70718,0832*	11,6403 ^{ns}
gr 4 – T11 *vs* T12	1	0,0001 ^{ns}	42813,2322 ^{ns}	346,7661**
CV (%)		36,82	- 33,34	18,02

** e * Significativo estatisticamente pelo teste t (P<0,01 e P<0,05); *vs: versus*; T: Tratamento N (Critério). ^{ns} Não-significativo estatisticamente pelo teste t.

Tabela 21A – Resumo da ANAVA dos dados da Área, largura e comprimento da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Fonte de variação	GL	QM Área	QM Largura	QM Comprimento
Total de redução	14	4973,8990	7,4456	10,3830
Bloco	3	169,6313	0,8742	3,8031
Tratamento N (Critério)	2	22052,5400*	2,7877 ^{ns}	1,1526 ^{ns}
Erro (A)	6	164,0708	5,0931	10,3014
Época	1	12629,3900*	27,6276*	16,1048 ^{ns}
Época x Tratamento	2	5703,4010*	18,9271*	26,8671*
Resíduo	9	206,6447	0,9320	3,8768
CV (%)		6,73	5,01	7,38

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 22A – Resumo da ANAVA dos dados do Número de tricomas/milhão de μm^2 na face abaxial e adaxial e do Número de cristais/milhão de μm^2 no folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Fonte de variação	GL	QM Núm. de tricoma abaxial	QM Núm. de tricoma adaxial	QM Núm. de cristais
Total de redução	14	7,5554	1,2857	150,4056
Bloco	3	3,0544	0,2000	53,7204
Tratamento N (Critério)	2	14,4479 ^{ns}	5,0404*	423,7267*
Erro (A)	6	5,9806	0,1587	14,5666
Época de coleta	1	10,1400 ^{ns}	0,4266 ^{ns}	183,1537*
Época x Tratamento	2	10,8462 ^{ns}	2,9704*	413,2550*
Resíduo	9	5,0130	0,3280	6,1923
CV (%)		58,40	16,68	10,77

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 23A – Resumo da ANAVA dos dados do Índice estomático (%) da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Fonte de variação	GL	QM Índice estomático abaxial	QM Índice estomático adaxial
Total de redução	14	39,1964	3,6244
Bloco	3	1,3569	0,5017
Tratamento N (Critério)	2	94,6101*	5,4211 ^{ns}
Erro (A)	6	3,4318	2,7459
Época de coleta	1	110,0147*	8,8966 ^{ns}
Época x Tratamento	2	112,4264*	6,5112 ^{ns}
Resíduo	9	1,4130	3,2095
CV (%)		6,10	19,55

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 24A – Resumo da ANAVA dos dados da Largura da célula guarda (µm) do estômato da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Fonte de variação	GL	QM Largura abaxial	QM Largura adaxial
Total de redução	14	2,4555	1,1073
Bloco	3	0,7287	0,6638
Tratamento N (Critério)	2	8,0666*	1,3354 ^{ns}
Erro (A)	6	1,5938	1,5008
Época de coleta	1	1,0168 ^{ns}	1,0004 ^{ns}
Época x Tratamento	2	2,7388 ^{ns}	0,4174 ^{ns}
Resíduo	9	1,9376	1,0328
CV (%)		13,26	9,76

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 25A – Resumo da ANAVA dos dados do comprimento da célula guarda (µm) do estômato das faces abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Fonte de variação	GL	QM Comprimento abaxial	QM Comprimento adaxial
Total de redução	14	12,9167	33,7426
Bloco	3	3,3341	0,6555
Tratamento N (Critério)	2	15,8881 ^{ns}	59,8575*
Erro (A)	6	10,8261	6,8048
Época de coleta	1	42,8802*	236,9445*
Época x Tratamento	2	15,6094*	36,4710*
Resíduo	9	2,6769	2,7235
CV (%)		3,83	3,69

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 26A – Resumo da ANAVA dos dados do comprimento da célula dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (µm), do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Fonte de variação	GL	QM Comprim. paliçádico	QM Comprim. lacunoso	QM Comprim. total
Total de redução	14	204,2699	531,5787	676,0920
Bloco	3	219,4306	506,0875	523,5299
Tratamento N (Critério)	2	92,0372 ^{ns}	6,3932 ^{ns}	138,3133 ^{ns}
Erro (A)	6	131,1722	757,1506	965,1623
Época de coleta	1	0,2604 ^{ns}	195,4533 ^{ns}	234,3125 ^{ns}
Época x Tratamento	2	615,0590 ^{ns}	586,3475 ^{ns}	796,3929 ^{ns}
Resíduo	9	269,1965	416,5644	384,8701
CV (%)		14,91	13,62	7,55

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 27A – Resumo da ANAVA dos dados do comprimento dos colênquimas abaixo, e acima da nervura principal (µm) e índice de vascularização do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época seca

Fonte de variação	GL	QM Comp. colênq. abaixo	QM Comp. colênq. acima	QM Índice de vasculariz.
Total de redução	14	21,7181	951,3291	0,8630
Bloco	3	0,7638	20,4219	1,0416
Tratamento N (Critério)	2	42,0886*	831,4628*	1,2916 ^{ns}
Erro (A)	6	1,7913	58,5976	0,6250
Época de coleta	1	33,9626 ^{ns}	5908,540*	0,3750 ^{ns}
Época x Tratamento	2	86,4371*	2667,145*	1,1250 ^{ns}
Resíduo	9	9,2186	39,5076	0,9861
CV (%)		6,05	5,78	36,66

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 28A – Resumo da ANAVA dos dados da Área foliar e diâmetro do entrenó do caule logo abaixo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Fonte de variação	GL	QM Área foliar	QM Diâmetro do entrenó
Total de redução	14	628,5172	0,6175
Bloco	3	92,0565	0,3159
Tratamento N (Critério)	2	3651,472 ^{ns}	1,6354 ^{ns}
Erro (A)	6	114,8288	0,4826
Época de coleta	1	17,87110 ^{ns}	0,5104 ^{ns}
Época x Tratamento	2	256,6414*	0,5104 ^{ns}
Resíduo	9	26,7345	0,1493
CV (%)		7,79	4,34

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 29A – Resumo da ANAVA dos dados do Número de tricomas/milhão de μm^2 na face abaxial e adaxial e número de cirstais do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Fonte de variação	GL	QM Núm. de tricomas abaxial	QM Núm. de tricomas adaxial	QM Núm. de cristais
Total de redução	14	13,8725	0,1598	175,1347
Bloco	3	0,0448	0,1948	19,6648
Tratamento N (Critério)	2	66,9050*	0,0316 ^{ns}	929,2179*
Erro (A)	6	1,5127	0,1327	1,5206
Época de coleta	1	36,7537*	0,0504 ^{ns}	42,4004 ^{ns}
Época x Tratamento	2	7,2200*	0,3716 ^{ns}	241,4654*
Resíduo	9	0,4079	0,1934	36,0393
CV (%)		12,80	17,22	20,61

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 30A – Resumo da ANAVA dos dados do Índice estomático (%) da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Fonte de variação	GL	QM Índice estomático abaxial	QM Índice estomático adaxial
Total de redução	14	26,0635	7,1349
Bloco	3	8,4515	0,2629
Tratamento N (Critério)	2	38,5156*	24,6923*
Erro (A)	6	1,4735	1,8677
Época de coleta	1	223,4608*	18,9564*
Época x Tratamento	2	15,1010*	9,7762*
Resíduo	9	1,8739	1,0189
CV (%)		8,45	7,90

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 31A – Resumo da ANAVA dos dados da Largura da célula guarda (µm) do estômato da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Fonte de variação	GL	QM Largura abaxial	QM Largura adaxial
Total de redução	14	1,7380	1,4321
Bloco	3	0,7267	0,6021
Tratamento N (Critério)	2	0,7102*	0,4847 ^{ns}
Erro (A)	6	0,1492	0,2898
Época de coleta	1	10,0492*	15,4882 ^{ns}
Época x Tratamento	2	4,8933*	0,0236 ^{ns}
Resíduo	9	0,6289	0,5809
CV (%)		7,79	7,27

* e ns: Significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 32A – Resumo da ANAVA dos dados do comprimento da célula guarda (µm) do estômato da face abaxial e adaxial do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Fonte de variação	GL	QM Comprimento abaxial	QM Comprimento adaxial
Total de redução	14	7,0736	10,6041
Bloco	3	8,8930	5,2812
Tratamento N (Critério)	2	10,3477 ^{ns}	16,8630 ^{ns}
Erro (A)	6	6,0473	4,3990
Época de coleta	1	8,9915 ^{ns}	0,1666 ^{ns}
Época x Tratamento	2	3,1900 ^{ns}	36,1637*
Resíduo	9	3,0357	5,6749
CV (%)		4,53	5,58

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 33A – Resumo da ANAVA dos dados do comprimento da célula dos parênquimas paliçádico (CPP), lacunoso (CPL) e total (CPT) (µm), do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Fonte de variação	GL	QM Comp. paliçádico	QM Comp. lacunoso	QM Comp. total
Total de redução	14	237,2151	713,0511	1156,8810
Bloco	3	191,8979	136,9848	163,7088
Tratamento N (Critério)	2	112,1881*	2190,5160*	3967,854*
Erro (A)	6	25,2258	221,4127	388,8869
Época de coleta	1	1516,2240 ^{ns}	1239,413 ^{ns}	101,2293 ^{ns}
Época x Tratamento	2	426,6813 ^{ns}	1311,420 ^{ns}	2667,4770 ^{ns}
Resíduo	9	176,0536	1534,815	2997,610
CV (%)		14,42	28,35	23,65

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Tabela 34A – Resumo da ANAVA dos dados do comprimento dos colênquimas abaixo, acima da nervura principal (µm) e índice de vascularização do folíolo da quarta folha da batata, em função de critérios de aplicação de nitrogênio e épocas de coleta da folha. Experimento 2, época das águas

Fonte de variação	GL	QM Comp. colênq. abaixo	QM Comp. colênq. acima	QM Índice de vascular
Total de redução	14	197,5913	1840,8070	0,3988
Bloco	3	6,0347	10,9890	0,4444
Tratamento N (Critério)	2	670,5382*	2338,8830*	0,2916 ^{ns}
Erro (A)	6	3,3008	23,0365	0,5694
Época de coleta	1	911,9268*	10303,2300*	0,1666 ^{ns}
Época x Tratamento	2	237,6831*	5300,5610*	0,4166 ^{ns}
Resíduo	9	8,0995	31,1671	0,1944
CV (%)		5,82	4,86	20,35

* e ^{ns} Significativo e não-significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05), respectivamente.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo