

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E MANEJO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DA BATATA
EM SOLOS ARENOSOS**

EMERSON DE FREITAS CORDOVA DE SOUZA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP
Dezembro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E MANEJO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DA BATATA
EM SOLOS ARENOSOS**

EMERSON DE FREITAS CORDOVA DE SOUZA

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU-SP
Dezembro - 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO- BOTUCATU (SP)

S725f Sousa, Emerson de Freitas Cordova, 1983-
 Fontes e manejo de nitrogênio na cultura da batata em solos arenosos / Emerson de Freitas Cordova de Souza. - Botucatu : [s.n.], 2014
 xii, 120 f. : ils., grafs., tabs.

 Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014
 Orientador: Rogério Peres Soratto
 Inclui bibliografia

 1. Plantas - Nutrição. 2. Batata - Adubação. 3. Nitrogenio na agricultura. I. Soratto, Rogério Peres. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "FONTES E MANEJO DE NITROGÊNIO NA CULTURA DA BATATA EM SOLOS ARENOSOS"

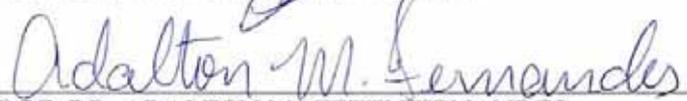
ALUNO: EMERSON DE FREITAS CORDOVA DE SOUZA

ORIENTADOR: PROF. DR. ROGERIO PERES SORATTO

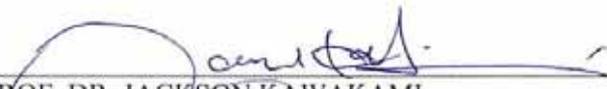
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ROGERIO PERES SORATTO



PROF. DR. ADALTON MAZETTI FERNANDES



PROF. DR. JACKSON KAWAKAMI



PROF. DR. RENATO YAGI



PROF. DR. JOSÉ LAVRES JUNIOR

Data da Realização: 12 de dezembro de 2.014.

OFEREÇO

A Deus e a Jesus Cristo pelo privilégio da vida e por todas as oportunidades a mim concedidas.

DEDICO

Aos meus queridos pais,

Cypriano Cordova de Souza e Conceição Aparecida Alves de Freitas Cordova de Souza, pela lembrança constante, dando-me força sempre para atingir meus objetivos, não medindo esforços para que esse sonho se tornasse realidade.

E aos meus irmãos,

Everton de Freitas Cordova de Souza e a Luciana de Freitas Cordova de Souza pelo companheirismo e grande amizade que existe entre nós.

AGRADECIMENTOS

A Deus e à minha família, pela vida, pelo apoio e incentivo durante todas as etapas da minha trajetória acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pela atenção, pela orientação técnica e científica e pelo educar sempre presente no processo de formação de ensino e pesquisa.

À Texas Tech University e, em especial, a Profa. Dra. Jennifer Moore-Kucera, por ter me acolhido e permitido a realização do experimento em laboratório no Department of Plant and Soil Sciences.

Agradeço especialmente à minha esposa Renata Passos Pincelli-Souza, pelo companheirismo, dedicação e pela ótima convivência.

Aos companheiros de trabalho Adalton Mazetti Fernandes, Genivaldo David de Souza-Schlick e André Luiz Gomes Job, pela ajuda na realização do plantio, coleta de amostras e, principalmente, pela amizade.

Ao Grupo Ioshida pela concessão da área e por todo o suporte logístico para condução dos experimentos III e VI.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura da FCA/UNESP – Campus de Botucatu pelos ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários da biblioteca pela atenção.

Aos companheiros de república em Botucatu (Gregório, Evandro, Ferdinando, Rodolfo, Fabrício, Renato, Luiz Eduardo e Fernando) e a “Dona Ivonete” que foram e são como a minha família em Botucatu.

Aos funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, pelo auxílio direto e indireto, que permitiu a realização deste trabalho.

A todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS..	XII
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1.Experimento em laboratório	16
3.1.1 Caracterização do local de coleta do solo.....	16
3.1.2 Delineamento experimental	17
3.1.3 Características dos fertilizantes utilizados.....	17
a) Entec [®] 26	17
b) Sulfato de amônio	17
c) Ureia.....	18
3.1.4 Instalação e condução do experimento	18
3.1.5 Avaliações.....	19
a) Condutividade elétrica (CE) e pH.....	19
b) Teor de N mineral no solo	19
c) Matéria orgânica do solo.....	19
d) Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana.....	19
3.1.6 Análise estatística	20
3.2 Experimentos de campo	20
3.2.1 Caracterização das áreas experimentais.....	20
3.2.2 Delineamentos experimentais e tratamentos	22
3.2.3 Instalação e condução dos experimentos.....	23
3.2.4 Avaliações.....	28
a) Diagnose foliar.....	28
b) Quantidade de matéria seca acumulada na planta e nos tubérculos colhidos	28
c) Extração de nutrientes.....	28
d) Número, peso médio, produtividade e classificação dos tubérculos	29

e) Eficiência agronômica	29
f) Peso específico e percentagem de matéria seca do tubérculo	29
g) Exportação de nutrientes	30
3.2.5 Análise estatística	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Experimento em laboratório	31
4.2 Estudo sobre o efeito de fontes e doses de nitrogênio.....	37
4.2.1 Diagnose foliar.....	37
4.2.2 Matéria seca acumulada e extração de nutrientes pela planta	46
4.2.3 Número, peso médio e produtividade de tubérculos e eficiência agronômica	57
4.2.4 Peso específico e percentagem de matéria seca nos tubérculos	70
4.2.5 Exportação de nutrientes pelos tubérculos	72
4.3 Estudo sobre manejo do fertilizante Entec 26.....	82
4.3.1 Diagnose foliar.....	82
4.3.2 Matéria seca acumulada e extração de nutrientes pela planta	88
4.3.3 Número, peso médio e produtividade de tubérculos e eficiência agronômica	95
4.3.4 Peso específico e percentagem de matéria seca nos tubérculos	103
4.3.5 Exportação de nutrientes pelos tubérculos	104
5 CONCLUSÕES.....	108
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Atributos químicos do solo na profundidade 0-20 cm antes da instalação dos experimentos.....	22
2. Cronograma das atividades e ou amostragem e datas de realizações	23
3. Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos I e IV em 2011, localizado no município de São Manuel-SP.....	25
4. Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos II e V em 2012, localizado no município de São Manuel-SP.....	26
5. Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos III VI em 2012, localizado no município de Avaré-SP.....	27
6. Teores de N, P, K na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	38
7. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado, para os teores de P (Exp. II) e K (Exp. II e Exp. III) na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso	39
8. Teores de Ca, Mg e S na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio.....	41
9. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para os teores de Ca (Exp. II e Exp. III), Mg (Exp. III) e S (Exp. I e Exp. III) na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso	42
10. Teores de Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	44
11. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para os teores de Cu (Exp. II), Fe (Exp. II e Exp. III), Mn (Exp. II e Exp. III) e Zn (Exp. II) na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso.....	45
12. Quantidade de matéria seca acumulada nas raízes, parte aérea e tubérculos pelas plantas de batata cultivadas em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	47

Tabela	Página
13. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a quantidade de MS acumulada nas raízes (Exp. II) e na parte aérea (Exp. II) pelas plantas de batata cultivadas em solo arenoso... ..	48
14. Quantidade de matéria seca acumulada na planta inteira e nos tubérculos ao final do cultivo pelas plantas de batata cultivadas em solo arenoso, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio... ..	49
15. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a quantidade de MS acumulada na planta inteira (Exp. II) e nos tubérculos ao final do cultivo (Exp. II) pelas plantas de batata cultivadas em solo arenoso	50
16. Quantidades totais de N, P, e K extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	51
17. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a quantidades totais de N (Exp. II) extraída pela cultura da batata cultivada em solo arenoso	51
18. Quantidades totais de Ca, Mg e S extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	53
19. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a quantidades totais de Ca (Exp. II) extraída pela cultura da batata cultivada em solo arenoso	53
20. Quantidades totais de Cu, Fe, Mn e Zn extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	55
21. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a quantidades totais de Cu (Exp. II e Exp. III), Fe (Exp. II), e Mn (Exp. II e Exp. III) extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso	56

Tabela	Página
22. Número médio total de tubérculos por planta de batata e das classes comercial e graúda ao final do cultivo em solo arenoso, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	58
23. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para o número médio de tubérculos das classes total (Exp. I e Exp. II), comercial (Exp. I e Exp. II) e graúda (Exp. II) por planta de batata ao final do cultivo em solo arenoso... ..	59
24. Número médio de tubérculos por planta de batata das classes primeira, segunda e miúda e peso médio do total de tubérculos de batata ao final do cultivo em solo arenoso, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio... ..	60
25. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para o número médio de tubérculos da classe primeira (Exp. I) por planta de batata e para o peso médio do total de tubérculos (Exp. II) ao final do cultivo em solo arenoso	61
26. Produtividade total e da classe comercial de tubérculos da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	63
27. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a produtividade total (Exp. II) e da classe comercial de tubérculos (Exp. II) da cultura da batata cultivada em solo arenoso	64
28. Produtividade de tubérculos das classes graúda, primeira, segunda e miúda da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio.	67
29. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a produtividade de tubérculos das classes graúda (Exp. II), Primeira (Exp. I) e segunda (Exp. I) da cultura da batata cultivada em solo arenoso	69
30. Peso específico e teor de matéria seca dos tubérculos de batata ao final do cultivo em solo arenoso, em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	72

Tabela	Página
31. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para o peso específico (Exp. II), dos tubérculos de batata ao final do cultivo em solo em solo arenoso.....	72
32. Exportação de N, P e K pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio.....	74
33. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para as exportações de N (Exp. I, Exp. II), P (Exp. II) e K (Exp. II) pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.....	75
34. Exportação de Ca, Mg e S pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio.....	76
35. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para as exportações de Ca (Exp. I e Exp. II), Mg (Exp. I e Exp. II) e S (Exp. I e Exp. II) pela cultura da batata cultivada em solo arenoso	77
36. Exportação de Cu, Fe, Mn e Zn pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de diferentes fontes e doses de nitrogênio	79
37. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a exportações de Cu (Exp. II e Exp. III), Fe (Exp. I, Exp. II e Exp. III), Mn (Exp. II) e Zn (Exp. II) pela cultura da batata cultivada em solo arenoso	81
38. Teores de macronutrientes na folha diagnose das plantas de batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.	86
39. Teores de micronutrientes na folha diagnose das plantas de batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec	88
40. Quantidade de matéria seca acumulada nas raízes, parte aérea, tubérculos e pela planta inteira de batata cultivada em solo arenoso em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec	89

Tabela	Página
41. Quantidade de matéria seca acumulada nos tubérculos ao final do cultivo de plantas de batata cultivadas em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.....	90
42. Quantidades totais de macronutrientes extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.....	91
43. Quantidades totais de micronutrientes extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.....	94
44. Número médio de tubérculos por planta de batata das classes total, comercial, graúda, primeira, segunda e miúda cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec... ..	96
45. Peso médio do total de tubérculos de batata ao final do cultivo em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec... ..	97
46. Produtividade total de tubérculos e da classe comercial da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.....	99
47. Produtividade de tubérculos das classes graúda, primeira, segunda e miúda da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.....	101
48. Peso específico e teor de matéria seca dos tubérculos de batata ao final do cultivo em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.....	104
49. Exportação de macronutrientes pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.....	105
50. Exportação de micronutrientes pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Precipitação, irrigação, temperaturas máximas e mínimas registradas nas áreas experimentais durante o período de condução dos experimentos.....	21
2. Condutividade elétrica e pH no solo, sem aplicação de N e em função da aplicação de ureia, sulfato de amônio e do fertilizante Entec.....	32
3. Teores de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, relação $N-NH_4^+ : N-NO_3^-$, N total e matéria orgânica no solo sem aplicação de N e em função da aplicação de ureia, sulfato de amônio e do fertilizante Entec.	34
4. C e N da biomassa microbiana no solo sem aplicação de N e em função da aplicação de ureia, sulfato de amônio e do fertilizante Entec.....	36
5. Eficiência Agronômica dos fertilizantes nitrogenados E – Entec 26, S – sulfato de amônio e U – ureia, nas doses de 80, 120 e 160 kg ha ⁻¹ de N para a produção de tubérculos frescos pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.....	65
6. Percentual da produtividade de tubérculos da cultura da batata, cultivada em solo arenoso, em cada classe, em função da aplicação dos fertilizantes nitrogenados E – Entec 26, S – sulfato de amônio e U – ureia, nas doses de 80, 120 e 160 kg ha ⁻¹ de N.....	70
7. Eficiência agronômica de diferentes doses e formas de aplicação do adubo Entec 26 para a produção de tubérculos frescos pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.	100
8. Percentual de produtividade de tubérculos das classes graúda, segunda, primeira e miúda da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.	102

RESUMO

A batateira (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais espécies vegetais cultivadas no mundo. No cultivo desta espécie, a deficiência de nitrogênio (N) é uma das que mais limitam o crescimento da planta, estando diretamente relacionada produção de tubérculos. Dessa forma, tornam-se necessários estudos que buscam a melhor estratégia para o melhor aproveitamento do N aplicado na cultura da batata, especialmente quando cultivada em solos arenosos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento e as mudanças químicas do solo após a aplicação dos fertilizantes ureia, sulfato de amônio e sulfonitrato de amônio contendo o inibidor de nitrificação DMPP, comercialmente denominado Entec[®] 26; o efeito destas fontes e de doses de adubação nitrogenada na cultura da batata em solo arenoso e, especificamente o efeito de doses e do parcelamento do fertilizante Entec na cultura da batata cultivada em solo arenoso. Para isto foram realizados sete experimentos, um em laboratório conduzido sob condições controladas e seis outros em condições de campo. O delineamento experimental do experimento em laboratório foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de três diferentes fertilizantes nitrogenados (Entec, sulfato de amônio e ureia) e um tratamento testemunha sem a aplicação de fertilizante. Nos experimentos I, II e III, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 3 + 1, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de N (Entec, sulfato de amônio e ureia), por três doses de N (80, 120 e 160 kg ha⁻¹) e uma testemunha (sem aplicação de N). Nos experimentos IV, V e VI, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por duas doses (120 e 160 kg ha⁻¹) do fertilizante Entec[®] 26, aplicadas totalmente no sulco de plantio ou parceladas com

aplicação de 40 kg ha⁻¹ no sulco de plantio e o restante das doses (80 e 120 kg ha⁻¹) em cobertura, e uma testemunha (sem aplicação de N). A ureia promoveu rápida e forte elevação do pH do solo, porém, posteriormente levou a maior acidificação do solo e foi mais susceptível a nitrificação que o sulfato de amônio e o Entec. O Entec manteve a disponibilidade inicial de NO₃⁻ estável durante maior tempo, em comparação com as demais fontes. A acidificação do solo pela aplicação de ureia promoveu redução da biomassa microbiana pré-existente. O acúmulo de matéria seca (MS) e nutrientes, a produtividade de tubérculos, a proporção de tubérculos graúdos e a exportação de nutrientes pela cultura da batata aumentaram com o incremento das doses de N, independentemente da fonte utilizada. O uso de Entec como fonte de N promoveu maior número de tubérculos comercializáveis por planta, produtividade total e comercial de tubérculos e exportação de N e Mg pela cultura da batata. O fertilizante Entec foi mais eficientemente utilizado pela batateira para a produção de tubérculos, principalmente do que a ureia, especialmente quando aplicados na dose de 80 kg ha⁻¹ de N e unicamente no sulco de plantio. O fertilizante Entec foi mais eficiente quando fornecido de forma parcelada, no plantio e na amontoa, promovendo melhor nutrição e maior crescimento das plantas, bem como maior acúmulo de nutrientes, produtividade de tubérculos, proporção de tubérculos graúdos e exportação de nutrientes. O fato da relativa melhor eficiência de uso do Entec pela batateira, quando comparado as outras fontes estudadas, não permite excluir o parcelamento nas condições de cultivo irrigado em solo arenoso.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, adubação nitrogenada, fosfato de 3,4-dimetilpirazol, parcelamento, nutrição mineral, produtividade de tubérculos.

SOURCES AND MANAGEMENT OF NITROGEN ON POTATO CROP CULTIVATED IN SAND SOIL. Botucatu, 2014. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: EMERSON DE FREITAS CORDOVA DE SOUZA

Adviser: ROGÉRIO PERES SORATTO

SUMMARY

Potato plant (*Solanum tuberosum* L.) is one of the most grown species in the world. Nitrogen deficiency is one of the factors that limit this crop, because it is directly linked to the tuber yield. Thus, a study seeking the best strategy for the potato nitrogen utilization becomes necessary, mostly when it is grown in sandy soils. The objective of this work was to evaluate the behavior and chemical changes of soil after application of urea, ammonium sulfate and ammonium sulfonitrate, containing the nitrification inhibitor-DMPP, known commercially as Entec® 26; the effect of these sources and the nitrogen application rates on potato cropped in sandy soil, and more specifically, the effect of rates and split application of Entec on potato cropped in sandy soil. This way, a laboratory experiment in a completely randomized design, with four replications under constant temperature and humidity, and six experimental field, with four blocks in a randomized block design were carried out. The laboratory experiment had three fertilized treatments, (addition of Entec, ammonium sulfate, and urea) and one unfertilized as a control. For experiments I, II and III, a factorial design $3 \times 3 + 1$ was used. The treatments comprised three types of nitrogenous fertilizers applied (Entec, ammonium sulfate, and urea), as well as three rates of N (80, 120, and 160 kg ha⁻¹) and one without nitrogen application as a control. On experiments IV, V, VI, the treatments comprised two rates (120 and 160 kg ha⁻¹) of Entec fertilizer. It was either totally applied at planting or it was split applied (40 kg ha⁻¹ at planting; remainder split applied). There was one unfertilized as a control. Urea increased the pH quickly and strongly, however, later on the pH decreased and promoted the greatest soil acidification. Besides, it was more nitrified than ammonium sulfate and Entec fertilizers. Entec kept the initial NO₃⁻ availability stable for longer, when compared with the other fertilizers. Soil acidification by urea decreased soil microbial biomass. The biomass and nutrients accumulated, as well as tuber yield, the

fraction of the larger tubers, and the nutrients exported by potato tubers harvested increased in proportion to the N rates applied, independently to the type of fertilizer. The Entec use as N source promoted the highest number of marketable tuber per plant, total and marketable tuber yield, and N and Mg exportation by potato tubers harvested. The Entec nitrogenous fertilizer is more efficiently used by to produce potato tubers than the other sources of N, mostly when rates of 80 kg ha⁻¹ in a single time at planting were applied. Entec fertilizer was more efficient when split applied, promoting better nutrition and plant growth, as well as better nutrients accumulation, tuber yield, fraction of the larger tuber, and nutrients exported by tubers harvested. The fact of this better use efficiency of Entec by potato plant, when it is compared to the other nitrogenous sources studied, does not permit exclude its split application on potato cultivated under irrigated conditions in sandy soil.

Keywords: *Solanum tuberosum*, nitrogen fertilization, 3,4-dimethylpyrazole phosphate, split application, mineral nutrition, tuber yield.

1 INTRODUÇÃO

A batateira (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais espécies cultivadas no mundo, importante fonte de alimento e para geração de emprego e renda (MANTOVANI et al., 2014). A alta produtividade de tubérculos por área e a obtenção de lucros estão entre as principais metas dos produtores de batata (FONTES et al., 2012). Para tanto, a planta necessita primariamente de CO₂, luz, água e nutrientes obtidos de forma competitiva em determinado espaço físico e condições ambientais favoráveis à tuberização (SARKAR, 2008). Assim, os produtores devem cultivar batata e produzir tubérculos comerciais com alta qualidade e com custo eficiente para competir nos mercados globais. Sendo portanto, cada vez mais desafiados a fazê-lo, minimizando o impacto ambiental da produção de batata (ZEBARTH; ROSEN, 2007).

Segundo Zebarth e Rosen (2007), o nitrogênio (N) é um dos principais nutrientes entre os de maior importância econômica e ambiental. Além disso, é o elemento que mais frequentemente limita o desenvolvimento da planta de batata. Ainda de acordo com os mesmos, a aplicação de N é usualmente necessária para garantir a rentabilidade da produção de batata, uma vez que grande parte deste nutriente no solo está na forma orgânica, tanto na matéria orgânica do solo (MOS) como em resíduos de cultivos antecessores; portanto, não prontamente disponível para ser absorvido pelas plantas. Dessa forma, a adubação nitrogenada na cultura da batata se faz necessária.

O N desempenha papel importante no desenvolvimento da parte aérea e no acúmulo de matéria seca (MS), onde o crescimento é regulado pela relação interna de carbono (C) e N (LEMAIRE; MILLARD, 1999). Além disso, as plantas tendem a otimizar a concentração de N por unidade de área foliar (GRINDLAY, 1997).

Bangemann et al. (2014) verificaram que o fornecimento de N aumentou parâmetros do dossel da batateira, como o índice de área foliar e o tempo de duração da máxima área foliar e, conseqüentemente, prolongou a fase linear de acumulação de MS nos tubérculos, e atribuíram essa alocação crescente de MS nos tubérculos à relação direta da duração da área foliar devido ao fornecimento de N e à possível capacidade da batateira em armazenar N nas folhas para manter área foliar fotossinteticamente ativa. Assim, o fornecimento adequado de N é essencial para que a batateira possa alcançar e manter o dossel capaz de interceptar quantidades elevadas de radiação (ZEBARTH; ROSEN, 2007).

De acordo com Duchenne et al. (1997), o manejo de N é um dos principais problemas no cultivo de batata, pois afeta vários parâmetros de crescimento de planta, incluindo a distribuição de N e MS na planta e tubérculos. O excesso de N é tão prejudicial como a deficiência de N. Portanto, é necessário evitar o efeito adverso de aplicações de N em excesso, tanto na própria produtividade da cultura, como também ao meio ambiente. O conhecimento dos períodos de maior demanda de N é ferramenta fundamental para o manejo da adubação nitrogenada, já que a estratégia mais apropriada para fornecer o N à cultura da batata é aplicar o nutriente de acordo com as exigências durante o ciclo desta planta, utilizando pequenas doses no sulco do plantio e o restante em cobertura (FERNANDES et al., 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012).

No entanto, deve-se levar em consideração que a maioria dos fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura são altamente solúveis (IPNI, 2014), e há grande potencial de lixiviação no cultivo da batata, principalmente porque em muitos casos a batateira é cultivada em solos de textura média a arenosos (HALUSCHAK et al., 2003; POTATO COUNCIL, 2014), sob irrigação intensa. Assim, caso não haja aproveitamento pela cultura, o N aplicado está sujeito a perdas por lixiviação, pois mesmo quando aplicado na forma de NH_4^+ , há nitrificação, ou seja, oxidação microbiana deste para NO_3^- , que é altamente lixiviável (CANTARELLA, 2007).

O N da maioria das fontes existentes no mercado quando aplicado ao solo não permanece disponível às plantas por tempo suficiente, pois é altamente sujeito à perdas no ambiente, principalmente na forma de NO_3^- por lixiviação. Dessa forma, para minimizar a nitrificação e, conseqüentemente, reduzir as perdas de N nos sistemas agrícolas, é necessário manter o N do solo na forma amoniacal por maior tempo possível, para que haja sincronismo entre o fornecimento, a disponibilização de N e a demanda do N pelas plantas (ISHIKAWA et al., 2003). Isso pode ser obtido pela utilização de inibidor de

nitrificação, uma vez que as bactérias nitrificantes são organismos sensíveis e extremamente susceptíveis a um grande número de inibidores (TEIXEIRA, 2006). Assim, o estudo de fontes que possuem inibidor de nitrificação, como o fosfato de 3,4-dimetilpirazol (DMPP), e sua comparação com as fontes tradicionais no cultivo da batata, constituem-se de grande importância, pois partindo do princípio de que este inibidor promove a manutenção do N na forma amoniacal, espera-se menor susceptibilidade às perdas por lixiviação e conseqüentemente melhor aproveitamento do N aplicado na cultura da batata.

O objetivo deste trabalho foi avaliar: a) o comportamento e as mudanças químicas do solo após a aplicação dos fertilizantes ureia, sulfato de amônio e sulfonitrato de amônio contendo o inibidor de nitrificação DMPP, comercialmente denominado Entec[®] 26; b) o efeito destas fontes e de doses de adubação nitrogenada na cultura da batata em solo arenoso e, c) especificamente o efeito de doses e do parcelamento do fertilizante Entec[®] 26 na cultura da batata cultivada em solo arenoso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) desempenha importante papel como fonte de alimento para populações de várias regiões do mundo. Trata-se de um alimento altamente nutritivo, sendo fornecedor de proteína de alta qualidade, vitaminas e sais minerais, além de proporcionar energia oriunda dos carboidratos. Além disso, esta cultura apresenta elevada produção por área e ciclo relativamente curto, o que torna a batateira exigente quanto à disponibilidade de nutrientes na solução do solo (FERNANDES; SORATTO, 2012).

No Brasil, a produtividade média da cultura é baixa quando comparada aos países europeus, porém, nos últimos 10 anos a produtividade média tem aumentado (IBGE, 2014). De acordo com o AGRIANUAL (2014), as maiores produtividades de batata foram obtidas nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, respectivamente, 39, 39, 31, 27, 26, 22 e 19 t ha⁻¹ (IBGE, 2014). Segundo IBGE (2014), a batata cultivada na safra de 2014 ocupou área de 133.281 hectares e a produtividade média apresentou variação positiva de 0,7% em relação à obtida em 2013, que associado ao acréscimo de 3,8% da área destinada à colheita, promoveu produção estimada de 3.731.367 toneladas, superando em 4,5% à safra de 2013. Minas Gerais é a principal Unidade da Federação produtora desta cultura, participando com 31,8% do volume de produção, seguido pelo Paraná (22,8%), São Paulo (20,7%) e Rio Grande do Sul (9,6%).

Em muitas regiões do Brasil, principalmente as áreas de expansão do cultivo, os solos são classificados como muito arenosos e com baixa fertilidade natural, carecendo de aplicação de adubo para alcançar produções satisfatórias (OLIVEIRA et al.,

2011a). Segundo Hopkins et al. (2008), esse tipo de solo possui alto potencial de lixiviação do N-NO_3^- em ambiente onde o manejo intensivo da agricultura é necessário devido a pequena fertilidade natural do solo; ambiente este que é proporcionado pela bataticultura (ALVA et al., 2009). Além disso, Roberts et al. (2011) verificaram em estudo com diferentes texturas de solo, menor concentração de biomassa microbiana em solos arenosos, resultando em menor imobilização de N inorgânico e, conseqüentemente, menor mineralização, tornando-se essa mais uma das condições encontradas em cultivo de batata em solo arenoso, que colocam o N do solo em persistente risco de lixiviação (BERO et al., 2014). No entanto, apesar desta característica negativa, solos bem drenados, com textura média à arenosa são considerados mais adequados para a produção de batata, segundo recomendação dos conselhos para cultivo de batata, do Canada (HALUSCHAK et al., 2003) e Reino Unido (POTATO COUNCIL, 2014), principalmente pelo não encharcamento do solo e por facilitar a colheita.

Diante destas condições, os fertilizantes amoniacais poderiam facilmente ser recomendados para o cultivo de batata, porém, esta fonte ao ser aplicada no solo passa pelo processo de nitrificação, o qual é um processo biológico que ocorre no solo, convertendo a amônia (NH_3) e o NH_4^+ em nitrito (NO_2^-) e NO_3^- (FLOSS, 2008), pela oxidação bacteriana (*Nitrosomonas* sp.) do NH_4^+ em NO_2^- e a posterior oxidação bacteriana (*Nitrobacter* sp.) do NO_2^- em NO_3^- (MALAVOLTA, 2006; TAIZ; ZAIGER, 2013); sendo que esta forma final (NO_3^-) é considerada mais susceptível à lixiviação, devido à baixa energia envolvida em sua adsorção nas partículas do solo (ERREBHI et al., 1998) e presença de cargas negativas (CANTARELLA, 2007). Além disso, o NO_3^- que não foi absorvido pela batateira ou lixiviado, esta sujeito a outro processo de perda, denominado desnitrificação, que é definido como um processo respiratório, que acontece na ausência de O_2 , no qual óxidos de N servem como receptores finais de elétrons, sendo o principal processo biológico pelo qual o N reativo retorna à atmosfera na forma de N_2 (CANTARELLA, 2007). Processo este é realizado por vários gêneros de bactérias que, de maneira geral, reduzem o NO_3^- em duas etapas. Primeiramente converte o NO_2^- a NO_3^- , e depois produzem componentes intermediários: óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O) e N gasoso (N_2), sendo estes componentes gasosos facilmente liberados para a atmosfera (TEIXEIRA, 2006). Migliarati et al. (2014) verificaram em condições quente e úmida do clima tropical, acentuada emissão de N_2O promovida pela desnitrificação dos fertilizantes nitrogenados.

No entanto, mesmo que em solo arenoso as chuvas e a irrigação propiciem a lixiviação de NO_3^- no cultivo da batata, devido sua morfologia, a necessidade de água pela cultura da batata é constante, pois a batateira é considerada como muito sensível ao déficit hídrico e mesmo pequenos períodos de falta de água podem resultar em redução tanto da produção como da qualidade dos tubérculos (DALLA COSTA et al., 1997). E essa vulnerabilidade é atribuída ao seu pequeno sistema radicular, que necessita da presença de nutrientes prontamente disponíveis na solução do solo ao seu redor (FELTRAN, 2005), para alcançar as altas produtividades em curto período de tempo (CARDOSO et al., 2007), uma vez que quando disponíveis as raízes da batateira são capazes de absorvê-los até o final do ciclo (DUCHENNE et al., 1997).

Segundo Maier et al. (2002), o N é um dos principais nutrientes aplicados no cultivo da batata. Dependendo da textura do solo, fertilidade e do potencial de acidificação dos fertilizantes nitrogenados (por exemplo: sulfato de amônio, nitrato de amônio e ureia) podem ser aplicados doses de até 300 kg ha^{-1} de N. Uma vez que o suprimento de N para a batateira deve ser constante, devido sua demanda por este nutriente estar diretamente correlacionada com a taxa de crescimento, estágio de desenvolvimento, condições climáticas e da variedade (HORNECK; ROSEN, 2008). Diante disto, estudos em solos arenosos tem revelado que a aplicação de doses de N acima do recomendado tem incrementado a produtividade de tubérculos (BANGEMANN et al., 2014) e promovido altas concentrações de N-NO_3^- no perfil do solo, contaminando águas subsuperficiais (NOLAN et al., 1997; BERO et al., 2014; CAMBOURIS et al., 2014).

Ahmadi et al. (2011), em estudo comparando a nutrição nitrogenada da batata em diferentes texturas de solo, constataram menor extração de N em solos arenosos e verificaram que a não limitação de água em solo e o acréscimo de doses de N em solo com textura média promove aumento da produtividade de tubérculos. Esses pesquisadores atribuíram esses resultados a pequena superfície de absorção do sistema radicular, a qual em solos de textura grossa tem absorção de nutrientes prejudicada devido à menor área de contato solo-raiz (JENSEN et al., 1993).

Essas peculiaridades fazem com que o N seja, dentre todos os nutrientes, o de manejo mais difícil e tem envolvido maior esforço da comunidade científica por todo o mundo, avaliando o efeito de sua aplicação sobre a MOS (BROWN et al., 2014) e biomassa microbiana (INSELSBACHER et al., 2010), bem como sua concentração na solução do solo (ZHAO et al., 2014) e seu efeito no pH deste (ZHOU et

al., 2014), além das perdas ocorridas devido a erosão hídrica em preparo intensivo do solo (GRADAGNIN et al., 2005), por lixiviação (PAULO, 2012), volatilização (SANGOI et al., 2013) e desnitrificação (MIGLIORATI et al., 2014).

Segundo SANTOS (1996), a importância deste elemento na produtividade e qualidade dos produtos agrícolas, a sua dinâmica no solo, o impacto potencial das diversas formas de N nos ecossistemas e na saúde humana conferem-lhe dificuldades de manejo particulares e exigem especial cuidado na recomendação de fertilização. Assim, as bases da recomendação da adubação nitrogenada variam de acordo com as particularidades de cada agrossistema e continuam a ser uma questão em aberto em todo o mundo.

Diante disto, estudos com o cultivo da batata em solo arenoso vem sendo realizados com o objetivo de alcançar o melhor manejo da adubação nitrogenada (ALVA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011a; OLIVEIRA et al., 2011b; RENS et al., 2014), bem como avaliar o uso e eficiência de diferentes fontes de N nestas condições (BERO et al., 2014; CAMBOURIS et al., 2014). Segundo Wolkowski et al. (1995), a escolha das fontes de N a serem aplicadas em cultivos em solos arenosos devem basear-se no preço, disponibilidade do fertilizante, implementos para a aplicação e da cultura a ser cultivada. Além disso, a alteração do pH do solo deve ser levada em consideração, pois de acordo com Zhou et al. (2014), as aplicações anuais de fertilizantes nitrogenados promovem aumento da acidez e o principal mecanismo de acidificação do solo pelos fertilizantes nitrogenados, está relacionado ao hidrogênio (H^+) liberado através da nitrificação do NH_4^+ . Entretanto, a principal causa da acidez é devido à oxidação microbiana dos fertilizantes amoniacais (BARAK et al., 1997). Segundo Maier et al. (2002), a cultura da batata é frequentemente cultivada em solos considerados como muito ácido para seu cultivo ($pH_{\text{água}} < 5,5$) devido as altas doses de NH_4^+ fornecidas pelos fertilizantes ureia e sulfato de amônio.

De acordo com Facre (2007), devido ao menor custo de produção e ao alto teor de N na forma amídica em sua composição, a ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo. No entanto, este fertilizante tem sido associado à baixa eficiência de recuperação do N aplicado, devido às perdas gasosas do N por volatilização e desnitrificação (COLLAMER et al., 2007). Para minimizar as perdas do N provido pela ureia, Facre (2007) cita que é imprescindível a incorporação após sua aplicação, e Barbosa Filho et al. (2004) recomendam a aplicação com a presença de plantas na fase em que a

arquitetura esteja cobrindo a superfície do solo. Dessa forma, fica evidente que na aplicação desta fonte em superfície, a escolha da época de aplicação em cobertura, não deve se levar em consideração apenas períodos que antecedem maior demanda deste nutriente, mas também no estágio de desenvolvimento da parte aérea da batateira. Cardoso et al. (2007), estudando épocas de aplicação em de N+K na cultura da batata, utilizando como fonte de N a ureia, verificaram maior produtividade de tubérculos graúdos com a aplicação parcelada de 50% da dose no plantio e 50% aos 28 dias após o plantio (DAP).

Já o sulfato de amônio foi o primeiro fertilizante nitrogenado usado na agricultura, este fertilizante é produzido a mais de 150 anos, sua recomendação primária é para suprir a necessidades de N e enxofre (S), uma vez que este fertilizante contém respectivamente 21 e 24% destes nutrientes em sua composição. Após sua adição no solo, o sulfato de amônio é rapidamente dissolvido em NH_4^+ e SO_4^{2-} . No solo, microrganismos irão então converter o NH_4^+ em NO_3^- através do processo de nitrificação, liberando H^+ , que, conseqüentemente, irá diminuir o pH do solo (IPNI, 2014). No entanto, assim como na ureia, o NH_4^+ é a forma inicial de disponibilidade de N para as plantas (CANTARELLA, 2007).

Segundo Souza e Fernandes (2006), as plantas diferem entre si na preferência de absorção entre as formas inorgânicas de N. De acordo com os mesmos, o NO_3^- absorvido é acumulado no vacúolo das células radiculares, assimilado ou transportado para outras partes da planta, onde o transporte para as folhas ocorre via xilema, ou seja, é absorvido diretamente do solo pelas raízes até os sítios de assimilação da parte aérea, onde é reduzido à amônio, incorporado em aminoácidos, para daí então ser redistribuído via floema para suprir os tecidos que não participam na assimilação. Já o NH_4^+ absorvido é imediatamente incorporado em esqueletos de C. Gao et al. (2014) verificaram que plantas de batata supridas com N- NO_3^- produziram mais tubérculos do que as batateiras supridas com N- NH_4^+ . No entanto, a produtividade por planta não diferenciou entre os tratamentos, devido a produção de tubérculos mais leves no tratamento com aplicação N- NO_3^- . Além disso, os pesquisadores concluíram que há necessidade de aplicação de certa quantidade de N- NH_4^+ com inibidor de nitrificação, pois quando aplicado nesta forma, foi verificado melhor desenvolvimento da parte aérea da batateira nos primeiros estágios da planta.

Diante disso, a utilização de fontes que contenham inicialmente N- NH_4^+ , N- NO_3^- e adicionalmente algum tipo de inibidor de nitrificação, tornam-se uma

estratégia para suprir a demanda de N pela batateira durante seu ciclo. Dessa forma, a partir da última década estudos vêm sendo realizados com o sulfonitrato de amônio mais o inibidor de nitrificação DMPP - fosfato de 3,4 dimetilpirazol (SOUZA; SORATTO, 2006, SILVA et al., 2008; ARREGUI; QUEMADA, 2008; BINOTTI, 2009; MIGLIORATI et al., 2014) que possui 18,5% de N-NH_4^+ e 7,5% de N-NO_3^- num total de 26% de N mineral disponível inicialmente. O uso deste fertilizante tem reduzido a emissão de N_2O (LINZMEIER et al., 2001), volatilização de NH_3 (ZERULLA et al., 2001), manutenção do N-NH_4^+ por maior período no solo, melhor nutrição nitrogenada e menor lixiviação de N-NO_3^- (SERNA et al., 2000), além de maior produtividade de tubérculos de batata (PASDA et al., 2001).

Entretanto, o efeito inibitório da nitrificação pelo DMPP varia de 4 a 10 semanas em condições de campo (ZERULLA et al., 2001) e é dependente das condições climáticas (PASDA et al., 2001), do tipo de solo e da cultura (BARTH et al., 2001; PASDA et al., 2001). Irigoyen et al. (2003) constataram que a eficiência inibitória do DMPP é reduzida com o aumento da temperatura do solo e Paulo (2012), estudando o sulfonitrato de amônio mais o DMPP, constatou menor acúmulo de N na MS do algodoeiro cultivado em solo arenoso se comparado aos valores obtidos no cultivo em solo argiloso. Dessa forma, nas condições de solo bem drenado e em regiões com alta temperatura o efeito inibitório do DMPP é reduzido, necessitando, portanto, do parcelamento da adubação nitrogenada para um fornecimento mais constante de N durante o ciclo da batata. Wu et al. (2007), estudando o efeito inibitório em diferentes classes texturais de solo, verificaram que este inibidor é eficiente tanto em solo arenoso como em argiloso. No entanto, os mesmos verificaram inibição da nitrificação até os 12 dias após aplicação em solo arenoso e até os 21 dias em solo argiloso.

Assim, a adição de inibidores da nitrificação a fertilizantes granulados pode constituir uma solução em várias situações edafoclimáticas. Uma vez que as bactérias nitrificantes são organismos sensíveis e extremamente susceptíveis a um grande número de inibidores (TEIXEIRA, 2006). Além disso, sua eficácia depende da molécula escolhida e a molécula DMPP (fosfato de 3,4-dimetilpirazol) parece ser efetiva neste processo; sem efeitos fitotóxicos e com potencial para aumentar a produção e a qualidade das culturas (McCARTY, 1999; PASDA et al., 2001; ROCO; BLU, 2006).

Para Duchenne et al. (1997), o manejo do N é um dos principais problemas no cultivo da batata, pois afeta vários parâmetros de crescimento da batateira,

incluindo distribuição da MS e N entre a planta e os tubérculos. Assim o excesso de N é tão prejudicial quanto sua deficiência, sendo, portanto, necessário criar um sistema para determinar a exigência de N pela planta para evitar os efeitos adversos causados pelas aplicações de N em excesso, tanto na produtividade da cultura como no meio ambiente. Com isto, segundo Wolkowski et al. (1995), as doses de N devem basear-se através de resultados de pesquisa que busquem identificar a quantidade necessária de N para otimizar a produtividade, levando em consideração fatores agrônômicos, econômicos e ambientais.

Segundo Fernandes et al. (2011), o percentual de acúmulo de N na cultura da batata, especificamente da cultivar Ágata é de 13% na fase de crescimento vegetativo, 8% na tuberização, 43% no início do enchimento de tubérculos mais 34% na segunda metade desta fase e de 2% na maturação. Dessa forma, pensando-se nas perdas por lixiviação a estratégia mais apropriada é fornecer o N de acordo com as exigências da cultura, utilizando pequenas doses no sulco do plantio e o restante em cobertura (FERNANDES; SORATTO, 2012). Concordando com Wolkowski et al. (1995) que recomendam, que o objetivo do programa de adubação nitrogenada é disponibilizar esse nutriente quando as plantas estão ativamente desenvolvendo e o absorvendo de forma rápida.

De acordo com SILVA et al. (2009), o parcelamento da dose recomendada de N pode melhorar a eficiência da fertilização nitrogenada, sendo essa decisão obtida pela avaliação do estado nutricional de N da batateira. Alguns autores recomendam apenas uma aplicação em cobertura de N e outros, embasados em estudos de perda de N, sugerem o fracionamento da dose desse nutriente em mais de uma vez após o plantio constituindo-se numa alternativa interessante em solos de textura grosseira e sob irrigação (KLEINHENZ, 2001). Steiber e Mahler (2003) citam que a cultura de batata é uma das que requerem mais parcelamento do adubo nitrogenado. Os autores recomendam até cinco parcelamentos, pelo fato das raízes apresentarem-se superficiais e pela fácil perda de N por lixiviação. No entanto, essas operações tornam-se inviáveis, devido a adição de custos e disponibilidade de equipamentos para mais essas adicionais operações, e devido a possíveis atrasos na aplicação causados pelas condições climáticas e ainda pode causar danos no sistema radicular em aplicações incorporadas (WOLKOWSKI et al., 1995).

Assim, adicionalmente ao parcelamento, a estratégia que vem sendo estudada em várias partes do mundo, buscando aumentar a eficiência de uso do N pelas culturas, é a utilização de fertilizantes nitrogenados estabilizados (ZERULLA et al.,

2001; PASDA et al., 2001; BARTH et al., 2001; SOUZA; SORATTO, 2006; ARREGUI; QUEMADA, 2008; BINOTTI, 2009; MARCELINO, 2009; PAULO, 2012, BARUNAWATI et al., 2013; CAMBOURIS et al., 2014; BERO et al., 2014; MIGLIORATI et al., 2014) que nada mais são que fertilizantes nitrogenados que contém aditivos inibidores de nitrificação para aumentar o tempo de disponibilidade no solo (CANTARELLA, 2007). Diante disto, para o melhor aproveitamento do N, a estratégia do parcelamento de sulfonitrato de amônio mais o inibidor de nitrificação como fonte de N para o cultivo de batata sob condições de clima tropical e solo arenoso, pode ser uma boa alternativa mais interessante que as fontes tradicionais tais como ureia e o sulfato de amônio, uma vez que trabalhos com esse enfoque nas condições brasileiras são escassos na literatura, necessitando, portanto, de conhecimento mais aprofundado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados sete experimentos, um em laboratório, conduzido sob condições controladas no “Department of Plant and Soil Science” da “Texas Tech University”, nos Estados Unidos, e seis outros em condições de campo. Nos experimentos I, II e III avaliou-se o efeito de fontes e doses de N na cultura da batata e nos experimentos IV, V e VI avaliou-se o manejo do fertilizante nitrogenado Entec[®] 26 na cultura da batata. Os seis experimentos de campo foram conduzidos no Brasil, sendo quatro no município de São Manuel-SP (experimentos I, II, IV e V) e dois no município de Avaré-SP (experimentos III e VI). Todas as áreas possuíam solos arenosos.

Para os experimentos de campo foi utilizada a cultivar Ágata, caracterizada por possuir baixa porcentagem de MS nos tubérculos, sendo recomendada para o consumo na forma cozida ou assada. Segundo ABBA (2014), esta é a cultivar mais utilizada no Brasil, ocupando cerca de 55% da área plantada.

3.1 Experimento em laboratório

3.1.1 Caracterização do local de coleta do solo

Para a condução do experimento em laboratório, solo da camada 0,00-0,20 m foi coletado no “Dean Lee Reseach & Extension Center” da “Lousiana State University and Agricultural Center”, localizado na cidade de Alexandria-LA, Estados Unidos (31°17'36" N; 92°28'13" W, com altitude de 25 m). Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido. O solo da área onde foi coletado o solo é classificado, segundo a NRCS (2014), como do tipo “Sacul fine sandy loam”, caracterizado por ser ácido, arenoso e bem drenado, advindo de região florestal.

Antes da instalação do experimento foi realizada amostragem do solo coletado, para a determinação de suas características químicas e físicas pelo método de Kettler et al. (2001). Cujos resultados foram: MOS = $5,1 \text{ g dm}^{-3}$, $\text{pH}_{\text{água}} = 5,3$, condutividade elétrica (CE) = $40 \mu\text{S cm}^{-1}$, $\text{N-NH}_4^+ = 0,72 \text{ mg dm}^{-3}$, $\text{N-NO}_3^- = 0,85 \text{ mg dm}^{-3}$ e areia, silte e argila de 869, 112 e 19 g kg^{-1} , respectivamente.

3.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela aplicação de três diferentes fertilizantes nitrogenados (Entec[®] 26, sulfato de amônio e ureia) e um tratamento testemunha sem a aplicação de fertilizante. Em cada tratamento foram aplicados 150 mg dm^{-3} de N. Amostras de solo foram coletadas periodicamente aos 0, 7, 15, 30, 45 e 60 dias após a incubação do solo (DAI).

3.1.3 Características dos fertilizantes utilizados.

a) Entec[®] 26

É um fertilizante nítrico-amoniaco, na forma de sulfonitrato de amônio ($(\text{NH}_4)_3\text{SO}_4\text{NO}_3$), possui 26% de N e 13% de S, na sua maior parte na forma amoniaco (18,5% amoniaco e 7,5% nítrico). Segundo o fabricante, em condições normais de cultivo, a forma amoniaco do adubo não passa rapidamente para a nítrico em função da presença do agente estabilizante e inibidor de nitrificação DMPP (fosfato de 3,4-dimetilpirazol) que é originado do grupo dos pirazóis (K+S Brasileira Fertilizantes e Produtos Industriais Ltda, São Paulo, Brasil).

Tratando-se especificamente do DMPP, sabe-se que esse é um inibidor temporário no processo de nitrificação pelas bactérias *Nitrosomonas*. Com efeito residual do NH_4^+ variando de 4 a 10 semanas sob a forma menos lixiviável na camada arável, aplicando-se de $0,5-1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ deste inibidor de nitrificação (ZERULLA et al., 2001).

b) Sulfato de amônio

É um fertilizante produzido a mais 150 anos, com excelentes propriedades físicas, possui 21% de N na forma amoniaco e 24% de S ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), além

disso possui baixa tendência de perdas voláteis de N (RAIJ, 2011), solubilidade em água de 750 g L^{-1} e quando em solução, possui pH variando de 5 - 6 (IPNI, 2014).

c) Ureia

Embora a ureia esteja incluída entre os chamados adubos minerais, este fertilizante é um composto nitrogenado orgânico, sólido, na forma de grânulos brancos, possuindo 45% de N na forma amídica ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), com solubilidade em água a 20°C de 1.080 g L^{-1} , dessa forma, além de seu uso aplicado diretamente no solo, este fertilizante também é bastante utilizado dissolvido em água (IPNI, 2014). Segundo Raji (2011), a ureia é um fertilizante com algumas propriedades físicas indesejáveis, decorrentes de sua higroscopicidade, sendo passível a perdas por volatilização quando usado em superfície de solos. No entanto este é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no mundo (FACRE, 2007).

3.1.4 Instalação e condução do experimento

Após a recepção e caracterização do solo, 5,2 kg de solo, peneirado em peneira de 2 mm, foi separado para cada tratamento e incubado com água em quatro recipientes plásticos tapados, onde ficaram por 10 dias com 55% da capacidade máxima de retenção de água à 25°C , procedimento este que teve a finalidade de recompor e ativar a flora microbiana. Estas condições foram mantidas durante toda a condução do experimento, através de pesagem semanal e recomposição de água, quando necessário o controle da umidade. A temperatura foi controlada com uso de aparelho ar-condicionado ajustado na temperatura desejada.

Após o período de incubação, os tratamentos foram aplicados e o solo foi misturado com auxílio de uma betoneira para distribuir completamente o fertilizante, em seguida amostras de 200 g de solo de cada tratamento foram incubadas separadamente em frascos de vidro com capacidade de 500 mL, vedada com tampa de metal contendo dois furos para permitir as trocas gasosas e ao mesmo tempo não permitir evaporação rápida da umidade do solo. Cada frasco constituiu uma unidade experimental, que somaram num total de 96, sendo usado 16 para cada período de amostragem (quatro repetições de cada tratamento).

3.1.5 Avaliações

a) Condutividade elétrica (CE) e pH

Para essas análises utilizou-se 20 g de solo que foram misturados por 30 minutos numa relação 1:1 (v/v) de solo/água. Imediatamente antes da determinação do pH do solo com peagâmetro digital, foi determinada a eletro-condutividade do solo com uso de condutivímetro portátil.

b) Teor de N mineral no solo

Em cada período de amostragem, após determinação da umidade, foram coletados 6 g de solo para a extração em solução de KCl 2 M numa relação de 5:1 de solução/solo. As amostras foram agitadas por 2 horas e em seguida filtradas. A solução sobrenadante foi coletada para a análise de N-NH_4^+ e N-NO_3^- no aparelho Lachat flow injection (modelo Zellweger Analytics Lachat 8000). Com a soma dos valores obtidos calculou-se teor de N mineral no solo.

c) Matéria orgânica do solo

Todas as amostras foram analisadas para determinar o teor de MOS através do método de perda de peso por ignição (SCHULTE; HOPKINS, 1996). Para essa análise 10 g de solo de cada unidade experimental foram secados ao ar e peneirados em peneira de 2 mm, logo após 5 g deste solo foram adicionados em béquer com capacidade de 15 mL (previamente pesados). Em seguida, foi determinada o peso do conjunto solo + béquer, o qual foi submetido à secagem em estufa com ar forçado a 105 °C por 12 horas, depois resfriado em dessecador e posteriormente pesados. Após esses procedimentos as amostras de solo foram aquecidas em estufa a 450 °C por 2 horas, colocadas em dessecador e pesadas. Com os resultados da pesagem do solo após o aquecimento a 105 °C e a 450 °C foi determinada a percentagem de MOS.

d) Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana

Esta avaliação foi realizada utilizando-se o método proposto por Vance et al. (1987). Para isto duas subamostras de 10 g cada foram fumigadas com clorofórmio livre de álcool por 24 horas a 25 °C em dessecador totalmente lacrado e em ausência de luz. Amostras não fumigadas, também com 10 g de solo, permaneceram na mesma temperatura durante esse período. No dia seguinte, após remover o clorofórmio do

dessecador realizou-se extração do C e N com adição de 50 mL de solução de K_2SO_4 0,5 M (recentemente preparado), tanto nas amostras fumigadas, como nas amostras não fumigadas, que permaneceram em agitação constante por 1 hora e em seguida foram filtradas. Provas em branco (sem solo) foram incluídas. O C e N da biomassa microbiana foram calculados pela diferença do teor encontrado na solução extraída das amostras fumigadas e não fumigadas. Todos os resultados foram expressos com base no peso seco em estufa.

3.1.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dentro de cada época de avaliação foram comparadas pelo teste t (LSD) a 5% de probabilidade.

3.2 Experimentos de campo

3.2.1 Caracterização das áreas experimentais

Os experimentos de campo foram conduzidos por dois anos (2011 e 2012) na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, localizada no município de São Manuel-SP (22°44'28" S; 48°34'37" W, com altitude de 750 m) e por um ano (2012) em área de produção do Grupo Ioshida, localizada no município de Avaré-SP (23°02'27" S; 48°47'57" W, com altitude de 744). Segundo a classificação de Köppen, ambas as áreas possuem clima do tipo Cwa, que é caracterizado por clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994). Os dados climáticos, registrados durante o período de condução dos experimentos, encontram-se na Figura 1.

Os solos das áreas experimentais são classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006), de textura arenosa. Em cada área, antes da implantação do experimento, foi realizada a caracterização química (RAIJ et al., 2001) e física do solo (EMBRAPA, 1997), por meio de amostragem na profundidade de 0,00-0,20 m, em oito pontos na área de cada experimento, os resultados encontram-se na Tabela 1.

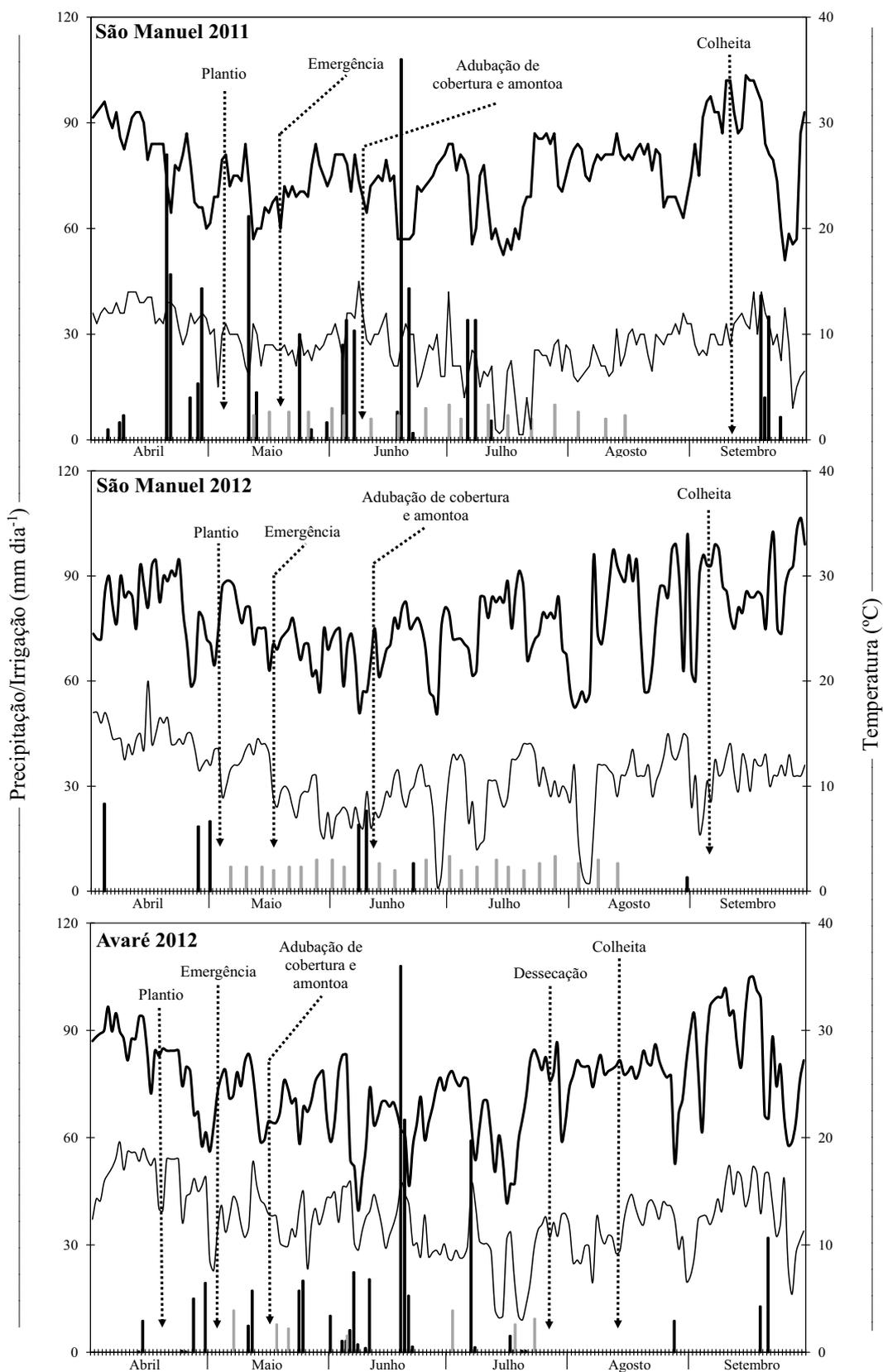


Figura 1. Precipitação (■), irrigação (■), temperaturas máximas (—) e mínimas (---) registradas nas áreas experimentais durante o período de condução dos experimentos.

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos do solo, na profundidade 0-20 cm, antes da instalação dos experimentos.

Atributos	São Manuel (2011)	São Manuel (2012)	Avaré (2012)
pH(CaCl ₂)	5,9	5,8	5,8
P _{resina} , mg dm ⁻³	46,8	57,1	64,4
MOS, g dm ⁻³	22,8	22,0	23,3
K, mmol _c dm ⁻³	0,7	0,6	1,9
Ca, mmol _c dm ⁻³	13,4	12,7	20,6
Mg, mmol _c dm ⁻³	4,6	4,4	5,8
H+Al, mmol _c dm ⁻³	13,4	13,3	18,6
SB, mmol _c dm ⁻³	18,7	17,0	28,2
CTC, mmol _c dm ⁻³	32,1	29,9	46,8
V, %	58	57	60
Fe, mg dm ⁻³	27,1	19,5	16,4
Cu, mg dm ⁻³	2,60	0,59	0,50
Mn, mg dm ⁻³	2,80	11,20	25,20
Zn, mg dm ⁻³	4,0	4,9	4,5
S-SO ₄ ²⁻ , mg dm ⁻³	3,3	3,6	3,9
Areia, g kg ⁻¹	922	874	864
Silte, g kg ⁻¹	34	24	10
Argila, g kg ⁻¹	44	102	126

3.2.2 Delineamentos experimentais e tratamentos

Os seis experimentos realizados em condições de campo foram conduzidos dois a dois em cada uma das três áreas utilizadas, com delineamentos experimentais e tratamentos específicos para cada um dos estudos, e dispostos da seguinte forma:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{São Manuel (2011)} \left\{ \begin{array}{l} \text{Exp. I} \\ \text{Exp. IV} \end{array} \right. &
 \text{São Manuel (2012)} \left\{ \begin{array}{l} \text{Exp. II} \\ \text{Exp. V} \end{array} \right. &
 \text{Avaré (2012)} \left\{ \begin{array}{l} \text{Exp. III} \\ \text{Exp. VI} \end{array} \right.
 \end{array}$$

Nos experimentos I, II e III, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, no esquema fatorial 3 x 3 + 1, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de N (Entec[®] 26, sulfato de amônio e ureia), por três doses de N (80, 120 e 160 kg ha⁻¹) e uma testemunha (sem aplicação de N), na dose de 80 kg ha⁻¹ de N, o nutriente foi aplicado todo no sulco de plantio, já nas demais doses foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N no plantio e o restante em cobertura, antes da amontoa.

Nos experimentos IV, V e VI, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram

compostos por duas doses (120 e 160 kg ha⁻¹) do fertilizante Entec[®] 26, aplicadas totalmente no sulco de plantio ou parceladas com aplicação de 40 kg ha⁻¹ no sulco de plantio e o restante das doses (80 e 120 kg ha⁻¹) em cobertura, e uma testemunha (sem aplicação de N).

Em todos os experimentos a unidade experimental foi constituída por cinco fileiras de 5 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as fileiras centrais desprezando-se 0,5 m na extremidade de cada fileira de plantas e uma fileira de cada lado da unidade experimental.

3.2.3 Instalação e condução dos experimentos

Em todos os seis experimentos o preparo de solo foi realizado de forma convencional com as seguintes operações: duas gradagens pesadas, escarificação e uma gradagem leve as vésperas do plantio. Para elevar a saturação por bases à 60%, somente foi necessário a realização de calagem antes da instalação dos experimentos realizados em São Manuel, com a aplicação 640 e 600 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (CaO: 29%, MgO:18% e PRNT: 96%), respectivamente, para os anos de 2011 e 2012 (Tabela 2).

Tabela 2. Cronograma das atividades e datas de realizações.

Atividades	São Manuel (2011)			São Manuel (2012)			Avaré (2012)		
	Data	DAP ⁽¹⁾	DAE	Data	DAP	DAE	Data	DAP	DAE
Calagem	28/03	-	-	26/03	-	-	-	-	-
Plantio	09/05	-	-	03/05	-	-	20/04	-	-
Emergência	23/05	14	-	18/05	15	-	02/05	12	-
Cobertura	13/06	35	21	11/06	39	24	15/05	25	13
Amontoa	13/06	35	21	11/06	39	24	15/05	25	13
Folha diagnose	21/06	43	29	21/06	49	34	04/06	45	33
MS e extração	04/08	87	73	02/08	91	76	14/07	85	73
Dessecação	-	-	-	-	-	-	27/07	98	86
Colheita	08/09	122	108	06/09	126	111	15/08	117	105

⁽¹⁾ DAP: dias após o plantio; DAE: dias após a emergência.

Previamente ao plantio, os sulcos foram abertos mecanicamente com sulcadora-plantadora no espaçamento de 0,75 m entre linha nos experimentos conduzidos em São Manuel e, de 0,80 m entre linha nos experimentos conduzidos em Avaré, em seguida realizou-se a adubação de base com distribuição manual dos fertilizantes nos sulcos, a qual constou de iguais aplicações nos experimentos de 384 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), 100 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e fertilizante

nitrogenado de acordo com os tratamentos. Além disso, no experimento de São Manuel em 2012 foi realizada adubação com micronutrientes através da aplicação de 50 kg ha⁻¹ de FTE BR-12, que contem em sua formulação 2,5% de Boro (B); 7,5% de Cobre (Cu); 12,0% de Manganês (Mn); 5,0% de Zinco (Zn) e 6,0% de Ferro (Fe). Posteriormente, os adubos foram incorporados com auxílio de enxada e após esta operação, imediatamente antes do plantio, foram aplicados nos sulcos o inseticida carbofurano (4 kg do i.a. ha⁻¹), os fungicidas pencicrom (1.250 g do i.a. ha⁻¹), mancozebe (225 g do i.a. ha⁻¹) e casugamicina (3 g do i.a. ha⁻¹). Os tubérculos-semente (tipo III, com diâmetro entre 30 e 40 mm e peso médio de 41g) foram distribuídos manualmente no espaçamento de 0,30 m entre eles. Foram instalados nas áreas sistema de irrigação por aspersão do tipo convencional em São Manuel e pivô central em Avaré. Após o plantio a irrigação seguiu as recomendações técnicas para a cultura nessas regiões, visando atender as necessidades hídricas para a emergência das plantas e seu desenvolvimento durante todo o ciclo da cultura. As quantidades de água aplicadas encontram-se na Figura 1.

Conforme cronograma de atividades apresentado na Tabela 2, no mesmo dia e antes da operação de amontoa realizou-se a adubação de cobertura com 150 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e os fertilizantes nitrogenados, de acordo com os tratamentos. Para a adubação com P e K as doses foram aplicadas conforme recomendado por Lorenzi et al. (1997)

O manejo fitossanitário foi realizado segundo recomendações técnicas para a cultura e, no caso dos experimentos conduzidos em Avaré, também de acordo com critérios adotados pelo produtor, utilizando-se produtos recomendados para a cultura da batata (Tabelas 3, 4 e 5). Realizou-se dessecação prévia das plantas, com aplicação de dibrometo de diquate (434 g do i.a. ha⁻¹), apenas nos experimentos de Avaré (Tabela 2).

Tabela 3. Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos I e IV, conduzidos no município de São Manuel-SP, em 2011.

Época de aplicação DAP ⁽¹⁾	Ingrediente ativo	Dose g do i.a. ha ⁻¹
16	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	azoxistrobina	40
	clorpirifós	720
21	mancozebe	2.400
	lambda cialotrina	13
28	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	azoxistrobina	40
	clorpirifós	720
35	mancozebe	2.400
	mandipropamid	150
	lambda cialotrina	13
	teflubenzurom	37
42	clorpirifós	720
49	mandipropamid	150
	clotianidina	100
	tiametoxam	13
56	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	azoxistrobina	40
	clorpirifós	720
	teflubenzurom	37
63	clorotalonil	1.237
	azoxistrobina	40
	boscalida	75
	paration metílico	90
70	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	tiametoxam	13
	clorfenapir	180
77	azoxistrobina	40
	dimetomorfe	400
	clotianidina	100
	clorpirifós	720
	óxido cuproso	280
81	mandipropamid	150
	azoxistrobina	40
	lambda cialotrina	13
90	casugamicina	5
	espinosade	144
96	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	casugamicina	5
	paration metílico	90
	óxido cuproso	280

⁽¹⁾ DAP: dias após o plantio.

Tabela 4. Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos II e V, conduzidos no município de São Manuel-SP, em 2012.

Época de aplicação DAP ⁽¹⁾	Ingrediente ativo	Dose g do i.a. ha ⁻¹
25	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	azoxistrobina	40
	clorpirifós	720
32	mancozebe	2.400
	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
39	mancozebe	2.400
	azoxistrobina	40
	espinosade	144
46	azoxistrobina	40
	clorothanil	1.500
56	azoxistrobina	40
	mancozebe	2.400
	clorothanil	1.500
	tiametoxam	13
62	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	clorothanil	1.500
69	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	clorothanil	1.500
	clorpirifós	720
76	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	mancozebe	2.400
	clorpirifós	720
83	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	clorothanil	1.500
	tiametoxam	13
90	azoxistrobina	40
	cimoxanil + mancozebe	160 + 1.280
	clorothanil	1.500
97	lambda cialotrina	13
	clorothanil	1.500
	lambda cialotrina	13

⁽¹⁾ DAP: dias após o plantio.

Tabela 5. Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos III e VI, conduzidos no município de Avaré-SP, em 2012.

Época de aplicação DAP ⁽¹⁾	Ingrediente ativo	Dose g do i.a. ha ⁻¹
9	parationa-metílica	162
	metribuzim	170
21	parationa-metílica	166
	clorotalonil	1.159
26	tiametoxam	155
	fluazinam	1.035
	metiram+piraclostrobina	1.821 + 165
27	fenomidona	160
	metamidofós	258
	parationa-metílica	193
	clorotalonil	1.252
41	abamectina	77
	parationa-metílica	193
	mancozebe	1.616
46	boscalida	70
	parationa-metílica	193
	metiram+piraclostrobina	1.749 + 159
51	clorotalonil	1.252
	oxicloreto de cobre	974
	mancozebe+metalaxil-M	1.293 + 81
	metamidofós	258
	tiametoxam	25
58	mancozebe + metalaxil-M	1.293 + 81
	metamidofós	258
	clorotalonil	1.252
65	parationa-metílica	153
	oxicloreto de cobre	958
	clorotalonil	1.224
	fluopicolide+cloridrato de propamocarbe	93 + 925
67	metamidofós	258
	metiram+piraclostrobina	1832 + 166
73	metamidofós	348
	dimetomorfe	215
	clorotalonil	1.252
82	mancozebe	344
	metamidofós	258
99	parationa-metílica	193
	dibrometo de diquate	434
102	parationa-metílica	193
114	fentoato	650
	parationa-metílica	193

⁽¹⁾ DAP: dias após o plantio.

3.2.4 Avaliações

a) Diagnose foliar

Para isto foi realizada a amostragem de 10 folhas (terceira folha a partir do tufo apical) em cada unidade experimental de acordo com Lorenzi et al. (1997). O material amostrado foi lavado, secado em estufa e moído para que a realização das determinações dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn), segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

b) Quantidade de matéria seca acumulada na planta e nos tubérculos colhidos

Para determinar o acúmulo de MS em cada parte da planta, alguns dias antes na finalização do ciclo ou da dessecação (Tabela 2), foram coletadas cinco plantas ao acaso na área útil de cada unidade experimental. Esta é a fase em que a cultura atinge o acúmulo máximo de MS (FERNANDES et al., 2010). Já para a determinação de MS acumulada nos tubérculos colhidos, retirou-se uma amostra de cada unidade experimental após a colheita final dos tubérculos. Após coletados, os materiais (planta e tubérculos) foram lavados. As plantas (coleta realizada antes da finalização do ciclo) foram separadas em parte aérea, raízes e tubérculos e os tubérculos colhidos foram fatiados. Em seguida, os materiais foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 96 h. Após a secagem, as amostras foram pesadas para obtenção da MS. Para as amostras de tubérculos, previamente a secagem determinou-se o peso fresco para posterior cálculo de porcentagem de MS através da relação entre massa fresca e massa seca das amostras. Com os valores obtidos calculou-se o acúmulo de MS das plantas e dos tubérculos colhidos, em kg ha⁻¹.

c) Extração de nutrientes

Após a secagem e pesagem das plantas, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Esta porção triturada foi utilizada para a determinação dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn), segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). De posse desses resultados, foram estimadas as quantidades de nutrientes extraídas pela cultura, multiplicando-se o teor de cada nutriente pela MS acumulada pela cultura da batata.

d) Número, peso médio, produtividade e classificação dos tubérculos

Na data da colheita (Tabela 2), foram coletados os tubérculos de 10 plantas da área útil de cada unidade experimental. Os tubérculos colhidos foram lavados, contados e classificados segundo o diâmetro em quatro classes: graúda (tubérculos com diâmetro maior que 45 mm), primeira (tubérculos com diâmetro entre 33 e 45 mm), segunda (tubérculos com diâmetro entre 23 e 33 mm) e miúda (tubérculos com diâmetro inferior a 23 mm). Após classificados os tubérculos foram pesados para a determinação do peso médio de tubérculos e posterior determinação da produtividade de tubérculos por classes. A partir do somatório de todas as classes foi determinada a produtividade total de tubérculos. A produtividade comercial de tubérculos foi obtida a partir do somatório das três primeiras classes (especial ou “graúda”, primeira e segunda).

Com os valores obtidos da produtividade por classe determinou-se o percentual de cada classe dentro do total produzido.

e) Eficiência agronômica

Foi determinada com base na produção de tubérculos obtida por unidade do nutriente aplicado (BERO et al., 2014). A eficiência agronômica-EF (kg kg^{-1}) foi calculada pela seguinte equação:

$$EF = \frac{\text{Produtividade com adubação com N} - \text{Produtividade sem adubação com N}}{\text{Dose de N aplicada}}$$

f) Peso específico e percentagem de matéria seca do tubérculo

Para a determinação do peso específico foi utilizada amostra aleatória composta por três tubérculos, de cada classe, por unidade experimental. Estes foram lavados e secos à sombra. Cada tubérculo foi pesado ao ar livre e na água, em balança hidrostática de precisão (FELTRAN, 2002). Com estes resultados foi calculado o peso específico através da fórmula:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso ao ar livre}}{\text{Peso ao ar livre} - \text{Peso na água}}$$

A percentagem de MS foi determinada a partir da secagem da polpa dos tubérculos (amostra proporcional por massa de amostragem entre todas as classes) em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante (ZENEBOIM; PASCUET, 2005).

g) Exportação de nutrientes

Após a determinação da percentagem de MS nos tubérculos, foram determinados os teores dos nutrientes estudados (MALAVOLTA et al., 1997) e a partir destes valores a exportação dos nutrientes foi estimada mediante a multiplicação dos teores de cada nutriente pela MS dos tubérculos colhidos, sendo os dados expressos em quantidade de nutrientes exportada por área (kg ha^{-1}).

3.2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Nos experimentos I, II e III, as médias das fontes de N, no esquema fatorial, foram comparadas pelo teste de t (DMS) a 5% de probabilidade, enquanto os efeitos das doses de N foram avaliados por meio de análise de regressão e, para este propósito, a testemunha (sem aplicação N) foi considerada como dose zero. Nos experimentos IV, V e VI, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento em laboratório

A CE do solo foi influenciada pela aplicação dos fertilizantes nitrogenados (Figura 2A). Foi possível observar já a partir da primeira avaliação (logo após a aplicação dos fertilizantes) maiores valores de CE em todos os tratamentos com aplicação de N, em comparação com a testemunha (sem aplicação de N), cujo CE nesta avaliação foi de $39,8 \mu\text{S cm}^{-1}$. No tratamento com o fertilizante Entec já havia aumentado para $656,00 \mu\text{S cm}^{-1}$, o tratamento com sulfato de amônio para $803,8 \mu\text{S cm}^{-1}$ e o tratamento com aplicação de ureia para $118,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Figura 2A). Segundo Zhao et al. (2014), a CE tem tradicionalmente sido usado para indicar a concentração de sais na solução do solo, os mesmos autores constataram que a adição de doses crescentes N no solo, na forma de ureia, proporcionou aumento crescente da CE e atribuíram isso a adição de sais no solo. Dessa forma, o aumento da CE do solo observado neste experimento evidencia essa entrada de sais na solução. Shen et al. (2010) também demonstraram em pesquisa conduzida em casa de vegetação que a adição de fertilizantes nitrogenados no solo aumenta sua CE.

A diferença na CE verificada após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados estudados é justificada pela maior quantidade de sulfato (SO_4^{2-}) presente no Entec e sulfato de amônio, uma vez que a mesma dose de N foi aplicada nos tratamentos com fertilizante (Figura 2A). Segundo Acosta et al. (2011) este ânion é fortemente ligado, ao Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e NH_4^+ , quando disponíveis na solução do solo, formando sais de sulfato na forma de CaSO_4 , MgSO_4 , Na_2SO_4 e NH_4SO_4^- , aumentando sua concentração e a condutividade elétrica do solo. A partir dos 15 DAI a CE permaneceu estável, porém com valores maiores no tratamento com sulfato de amônio, fato este atribuído a maior

porcentagem de NH_4^+ e SO_4^{2-} na sua composição, se comparado com o Entec e à ureia que não possui SO_4^{2-} em sua composição.

Com exceção do aumento verificado no tratamento com ureia, imediatamente após a aplicação do fertilizante, os valores de pH, na primeira avaliação, nos outros tratamentos não foram afetados pela aplicação de N ou pela fonte (Figura 2B). Ao entrar em contato com o solo a ureia passa por reação de hidrólise, consumindo prótons (H^+) e provocando a elevação do pH ao redor das partículas (CANTARELLA, 2007; TRENKEL, 2010), e este aumento é mais acentuado em solos arenosos, com baixa capacidade de tamponamento, principalmente quando são usadas altas doses de N (SANGOI et al., 2003).

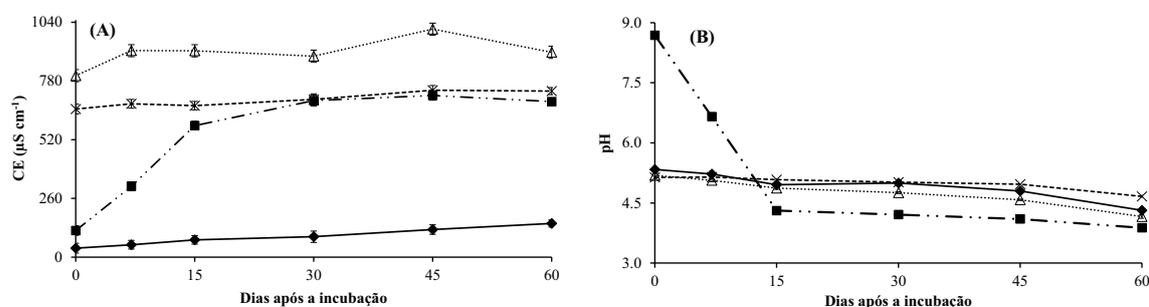


Figura 2. Condutividade elétrica (A) e pH (B) do solo, sem aplicação de N (◆) e em função da aplicação dos fertilizantes Entec (×), sulfato de amônio (Δ) e ureia (■). Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ($P=0,05$).

Da primeira para a terceira avaliação (15 DAI), os valores de pH reduziram acentuadamente no tratamento com aplicação de ureia (redução de 9,0 para 4,3), e partir deste período até o final do experimento, observou-se estabilização do pH do solo incubado nos tratamentos estudados, porém com valores de pH mais ácidos nos tratamentos com aplicação de ureia e sulfato de amônio, em comparação com os solos dos demais tratamentos (Figura 2B). Dos 15 aos 60 DAI, o tratamento com ureia apresentou, em média, pH 0,64 pontos, menor que o tratamento sem aplicação de N e 0,81 pontos menor que o tratamento com Entec. Já no tratamento com aplicação de sulfato de amônio a diferença média durante esse período foi de 0,18 pontos para o tratamento sem aplicação de N e de 0,35 pontos para o tratamento com aplicação de Entec. Comportamento semelhante foi constatado por Zhou et al. (2014), em experimento com testemunha sem aplicação de N e tratamentos com aplicação de 200 mg dm^{-3} de N na forma de ureia e sulfato de amônio, por um período de incubação de 90 dias. Os mesmos verificaram

aumento no pH do solo no tratamento com aplicação de ureia já três dias após a aplicação o qual decresceu de forma acentuada aos 30 DAI e, partir desta avaliação, verificaram estabilização do pH do solo, com menores valores de pH nos tratamentos com aplicação de N e acidez mais acentuada no tratamento com aplicação de ureia. Já Paulo (2012) verificou menor acidez no solo ao adicionar DMPP tanto na ureia como no sulfonitrato de amônio, em comparação com os tratamentos sem DMPP. Esses resultados sugerem o efeito do inibidor DMPP presente no fertilizante Entec, inibindo a nitrificação do N-NH_4^+ e consequentemente reduzindo a acidificação do solo, já que de acordo com Geisseler e Scow (2014) a acidificação do solo pela aplicação de ureia e sulfato de amônio é resultante do processo de nitrificação, a oxidação do NH_4^+ para NO_2^- e, em seguida, para NO_3^- , os quais produzem prótons.

Com relação aos teores de N-NH_4^+ no solo, foi verificado na primeira avaliação diferença significativa dos tratamentos com aplicação de N em comparação a testemunha, em que o tratamento com aplicação de sulfato de amônio apresentou maiores valores se comparado aos tratamentos que receberam N na forma de ureia e Entec (Figura 3A). Esses resultados podem ser atribuídos à presença de N nos tratamentos fertilizados e a maior quantidade de N-NH_4^+ na formulação do sulfato de amônio. Nos tratamentos com aplicação de Entec e sulfato de amônio os teores de N-NH_4^+ pouco variaram durante o período de estudo. Já no tratamento com aplicação de ureia após a avaliação realizada aos 7 DAI, verificou-se redução nos teores de N-NH_4^+ , o qual variou pouco a partir da terceira avaliação (15 DAI). Essa redução nos teores de N-NH_4^+ no tratamento com aplicação de ureia ocorreu devido a maior capacidade de nitrificação causada pelo aumento de pH inicial do solo neste tratamento. Segundo Cai et al. (2014), há correlação significativa entre máximas taxas de nitrificação e alta concentração de prótons no solo, os mesmos autores estudando nitrificação e acidificação da ureia constataram maiores taxas de nitrificação do NH_4^+ provido da ureia, do início até 14 DAI do solo, período este com maiores valores de pH no solo estudado.

Na primeira avaliação (no dia da aplicação dos tratamentos), foi detectada presença de N-NO_3^- somente no solo tratamento com Entec, uma vez que apenas este fertilizante possui N-NO_3^- prontamente disponível em sua formulação (Figura 3B). Já no tratamento com aplicação de ureia, verificou-se aumento no teor de N-NO_3^- , especialmente no período dos primeiros 15 DAI, o qual foi resultado de altas taxas de nitrificação, causadas pelo elevado pH no solo proveniente da aplicação de ureia neste

tratamento (CAI et al., 2014). O que pode ser confirmado através da relação $N-NH_4^+ : N-NO_3^-$ (Figura 3C), o qual revela maior taxa de nitrificação do $N-NH_4^+$ disponibilizado pela uréia, já na primeira semana.

Mediante a relação $N-NH_4^+ : N-NO_3^-$ (Figura 3C), verifica-se entre os tratamentos com aplicação de N, que o fertilizante Entec foi o único que manteve os teores de $N-NH_4^+$ estáveis durante o período de incubação, o que pode ser atribuído a manutenção do pH inicial do solo. Esses resultados contribuem para confirmar a relação do pH do solo com o potencial de nitrificação, indicando potencial de nitrificação em solo arenoso até acidez próxima de pH 4,5, o qual foi verificada aos 15 dias após a aplicação de ureia e aos 45 dias após a aplicação de sulfato de amônio. Segundo Rosolem et al. (2003) o aumento do pH do solo proporcionado pela calagem aumenta a nitrificação, a qual é limitada em pH de 4,0 pontos.

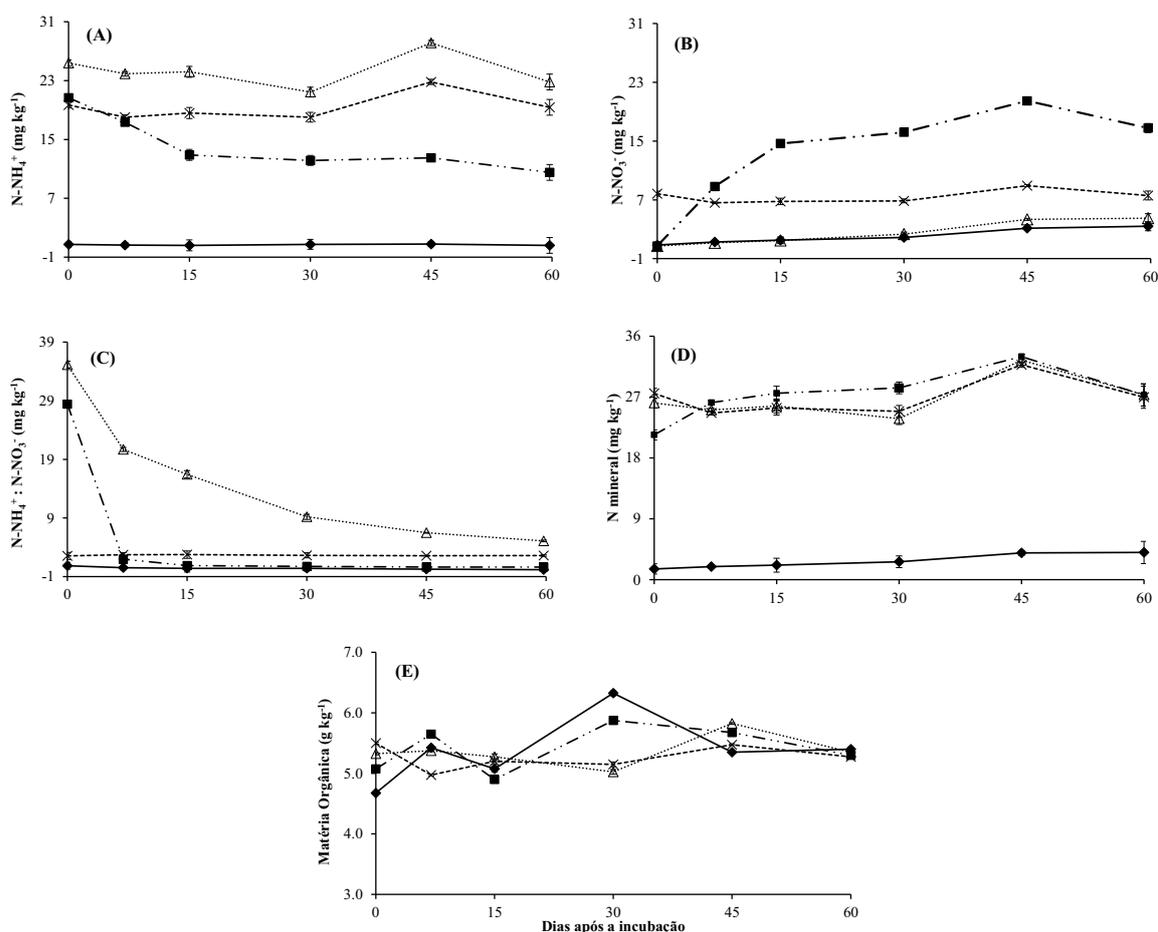


Figura 3. Teores de $N-NH_4^+$ (A), $N-NO_3^-$ (B), relação $N-NH_4^+ : N-NO_3^-$ (C), teor de N mineral (D) e matéria orgânica (E) no solo, sem aplicação de N (♦) e em função da aplicação dos fertilizantes Entec (x), sulfato de amônio (Δ) e ureia (■). Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ($P=0,05$).

Com exceção da nitrificação observada nos primeiros 15 DAI no tratamento com aplicação de ureia, não foi possível observar o mesmo a partir desta data neste tratamento, bem como nos demais (Figura 3B). Também não foi verificado diminuição nos teores de N mineral no solo (Figura 3D), fato este que poderia ter ocorrido devido a desnitrificação do NO_3^- formado após a oxidação do NH_4^+ (CANTARELLA, 2007; SANGOI et al., 2003). Segundo Carmo et al. (2005) para solo incubado o suprimento de N- NO_3^- aliado a umidade de 30% já é suficiente para promover a desnitrificação, ressalta-se que condições mais propícias a desnitrificação do que essas, foram proporcionadas neste experimento. Tais resultados confirmam, portanto, que em solo com pH ácido (variação média de 4,12 para 4,93) as taxas de nitrificação são reduzidas, indicando baixa população de bactérias nitrificadoras nestas condições. Börjesson et al. (2012) verificaram em solo adubado com sulfato de amônio populações muito baixas de bactérias oxidantes de NH_4^+ , tipicamente encontradas no tipo de solo estudado e atribuíram isto ao pH baixo do solo (4,2). Já Enwalla et al. (2007) verificaram que a adubação com o nitrato de cálcio aumentou significativamente o potencial de oxidação de NH_4^+ e este foi diminuída em solo com aplicação de sulfato de amônio. Dessa forma, como no tratamento com aplicação de Entec o pH do solo permaneceu em condições favoráveis a nitrificação, durante todo o período de incubação (Figura 2B) e, tanto o teor de N- NH_4^+ , como a relação N- NH_4^+ :N- NO_3^- permaneceram estáveis durante o período experimental (Figura 3B e 3C), fica evidente o efeito do inibidor de nitrificação DMPP, presente no Entec, sobre a oxidação bacteriana do N- NH_4^+ adicionado ao solo.

Verificou-se pouca variação no teor de MOS no decorrer do período experimental (Figura 3E). Isso era esperado uma vez que material orgânico não foi adicionado ou cultivado no solo. O que poderia aumentar o teor de C orgânico no solo através do aumento de resíduos vegetais adicionados ao solo proporcionados pelos fertilizantes nitrogenados ou diminuir o C orgânico do solo através da mineralização do mesmo (RUSSELL et al., 2009). Segundo Aita e Giacomini (2007) para que ocorra a decomposição de MOS, a biomassa microbiana deve assimilar C para, através de reações catabólicas, produzir a energia necessária às reações envolvidas na síntese celular.

Com relação ao C na biomassa microbiana, ao se comparar os tratamentos, verificou-se diferença significativa somente do tratamento com aplicação de ureia, a partir dos 30 DAI, com teores menores que no solo dos demais tratamentos e decrescendo até o fim do período experimental (60 DAI) (Figura 4A). Esse comportamento

indica alta influência do efeito da aplicação da ureia no pH do solo (Figura 2B), confirmando o pressuposto dos efeitos negativos da acidez do solo sobre a população microbiana. Resultados esses que estão de acordo com Kaur et al. (2008), os quais citam que os processos de acidificação do solo resultam em condições desfavoráveis para muitos tipos de microrganismos, como por exemplo, bactérias e actinomicetos. Além disso, segundo revisão de Geisseler e Scow (2014), a ureia ao ser aplicada no solo pode causar alta concentração amoniacal (NH_3 e NH_4^+), excedendo 3000 mg g^{-1} de solo próximo ao grânulo de uréia e concentrações como estas podem matar fungos e bactérias. Song et al. (2014) também verificaram menores teores do C na biomassa microbiana em tratamento com aplicação de ureia, em comparação com a testemunha, a partir dos 30 DAI, o qual decresceu até os 120 (DAI) e atribuíram esse efeito aos menores valores de pH neste tratamento.

De maneira geral, verificou-se diminuição gradativa do N na biomassa microbiana nos tratamentos estudados (Figura 4B), provavelmente, devido a insuficiente disponibilidade de C para manter as taxas de assimilação de N (HODGE et al., 2000; JACKSON et al., 2008). Inselsbacher et al. (2010), em estudo realizado em solo incubado sem adição de material orgânico, constataram diminuição nas taxas de assimilação de N na biomassa microbiana, tanto em tratamento com aplicação de N, como no tratamento testemunha, e atribuíram esse resultado a deficiência de C no solo (relação C:N = 10).

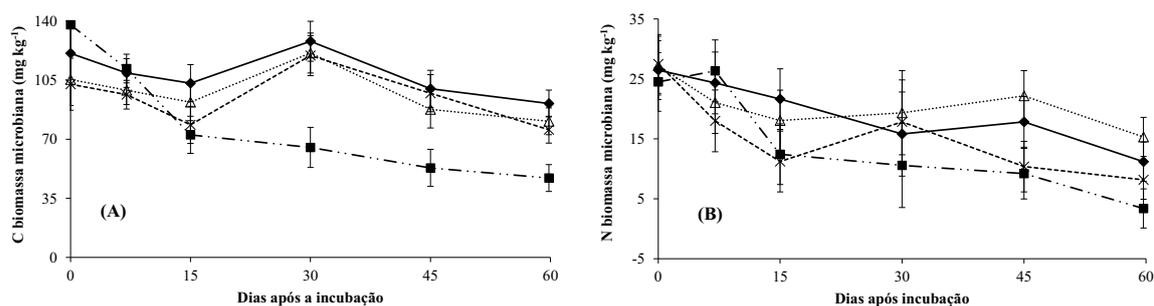


Figura 4. Carbono (A) e nitrogênio (B) na biomassa microbiana do solo, sem aplicação de N (◆) e em função da aplicação dos fertilizantes Entec (×), sulfato de amônio (Δ) e ureia (■). Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste t ($P=0,05$).

4.2 Estudo sobre o efeito de fontes e doses de nitrogênio

4.2.1 Diagnóstico foliar

Os teores de N nas folhas da cultura da batata não foram influenciados pelas fontes de N estudadas em nenhum dos experimentos (Tabela 6). Independentemente da fonte utilizada, a aplicação de doses crescentes de N incrementou os valores de N foliar em todos os experimentos até as doses estimadas de 132,5, 88,2 e 85,0 kg ha⁻¹ de N, respectivamente nos experimentos I, II e III, onde foram constatados teores máximos estimados de 45,9, 37,4 e 43,8 g kg⁻¹ de N na folha diagnose (Tabela 6). Estes valores são inferiores aos encontrados por Fernandes et al. (2011) e Fernandes (2013), que, respectivamente, constataram teores de 53 g kg⁻¹ e de 54 g kg⁻¹ de N na folha diagnose com aplicações de 129,4 e 105 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia na cultivar Ágata cultivada em solo argiloso. Além disso, segundo Jones Junior (1991) a cultura da batata tem potencial para atingir o teor de até 60 g kg⁻¹ de N na folha diagnose. Contudo, com exceção da testemunha (sem aplicação de N) e a aplicação da dose de 80 kg ha⁻¹ de N no experimento II, todas as demais doses proporcionaram teores de N foliares dentro do intervalo de 40 a 50 g kg⁻¹, considerado adequado para a batateira (LORENZI et al., 1997). Esses resultados indicam que nas condições estudadas somente o acréscimo das doses de N contribuiu para o aumento da nutrição nitrogenada das plantas de batata, sem haver diferenças entre as fontes. Luz et al. (2014) verificaram aumento linear no teor de N na folha da planta de batata até dose de 280 kg ha⁻¹, de acordo com os mesmos a disponibilidade do nutriente no solo foi aumentada e as plantas de batata o absorveram em maior quantidade; conseqüentemente, o seu transporte para as folhas foi maior. Segundo Duchenne et al. (1997), a planta de batata absorve continuamente o N quando disponível no solo para suprir e desenvolver os tubérculos.

Verificou-se efeito das fontes de N no teor de P foliar nos experimentos I e II, nos quais foi verificado, respectivamente, maior teor de P com aplicação de sulfato de amônio em comparação com o tratamento com aplicação de Entec e maior teor de P com aplicação de Entec (Tabela 6). Já no experimento III, as fontes não influenciaram nos teores de P na folha diagnose, o que pode ser atribuído ao teor de P disponível no solo neste experimento antes da adubação de plantio (Tabela 1), considerado alto, segundo recomendação de Lorenzi et al. (1997) e a dose de P aplicada via adubação de plantio. De acordo com Fernandes (2013), a adubação com 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, mesmo

em solo com baixo teor de P disponível já é suficiente para elevar o teor de P à faixa considerada adequada para a cultura da batata.

Tabela 6. Teores de N, P, K na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso, em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	g kg ⁻¹								
Entec	47a ⁽¹⁾	42a	50a	4,4b	4,5a	4,8a	42a	30b	54a
Sulf. de amônio	45a	41a	49a	4,8a	4,1b	4,7a	44a	34a	51a
Ureia	44a	41a	47a	4,5ab	4,0b	4,6a	41a	29b	52a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)									
0	38	31	37	3,7	3,4	4,4	51	27	45
80	45	34	42	4,5	4,0	4,8	39	28	49
120	45	44	50	4,6	4,2	4,7	43	31	55
160	46	45	53	4,5	4,4	4,7	45	33	53
Efeito	(²)	(³)	(⁴)	(⁵)	-	ns	(⁶)	-	-
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	*	**
CV (%)	9,5	5,6	6,0	8,4	9,9	8,1	12,8	10,3	6,3

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽³⁾ $y = 37,8184 + 0,1219**x - 0,00046*x^2$ R² = 0,99; ⁽⁴⁾ $y = 30,4258 + 0,0529**x - 0,00030**x^2$ R² = 0,88; ⁽⁵⁾ $y = 36,6413 + 0,0561*x - 0,00033*x^2$ R² = 0,96; ⁽⁶⁾ $y = 3,6913 + 0,0149**x - 0,000061**x^2$ R² = 0,99; ⁽⁶⁾ $y = 50,5374 - 0,2154**x + 0,00114**x^2$ R² = 0,92. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Com relação ao incremento das doses de N aplicadas, no experimento I foi verificado aumento no teor de P na folha diagnose de forma quadrática até a dose estimada de 122,1 kg ha⁻¹ de N (Tabela 6). No experimento II houve interação entre fontes x doses de N. Mediante o desdobramento foi possível observar que com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N as plantas de batata apresentaram maiores teores de P na folha diagnose quando foi utilizada a fonte Entec, em comparação com as demais fontes (Tabela 7). Além disso, verificou-se aumento linear dos teores de P até a dose máxima de N estudada, com a aplicação dos fertilizantes Entec e sulfato de amônio e aumento quadrático até a dose estimada de 120,2 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia. Esses resultados indicam uma melhor nutrição de P com a aplicação de Entec e sulfato de amônio, e menor com a utilização de ureia. Ressalta-se que em todos os experimentos, independentemente da fonte e da dose de N aplicada, os teores de P permaneceram dentro da faixa de 2,5 a 5,0 g kg⁻¹, considerada adequada por Lorenzi et al. (1997).

Tabela 7. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio para os teores de P (Exp. II) e K (Exp. II e Exp. III) na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
—— Teor de P (g kg ⁻¹) Exp. II ——						
Entec		4,0a	4,6a	4,9a	$y = 3,338 + 0,010^{**}x$	0,97
SA	3,4	4,0a	4,1ab	4,3b	$y = 3,448 + 0,005^{**}x$	0,97
Ureia		4,0a	4,0b	3,9b	$y = 3,403 + 0,012^{**}x - 0,00005^{**}x^2$	0,99
—— Teor de K (g kg ⁻¹) Exp. II ——						
Entec		27,6b	28,4b	32,8a	$y = 26,326 + 0,029^{*}x$	0,63
SA	27,3	33,0a	35,5a	32,2a	$y = 27,101 + 0,136^{**}x - 0,00063^{*}x^2$	0,93
Ureia		23,5b	30,0b	32,8a	$y = 27,007 - 0,091^{*}x + 0,00082^{**}x^2$	0,85
—— Teor de K (g kg ⁻¹) Exp. III ——						
Entec		47,5b	58,7a	55,4a	$y = 44,526 + 0,077^{**}x$	0,73
SA	45,1	45,6b	54,0ab	52,8a	$y = 44,207 + 0,057^{**}x$	0,70
Ureia		55,0a	51,7b	50,1a	$y = 45,278 + 0,187^{**}x - 0,00100^{**}x^2$	0,92

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

No Experimento I, o teor de K na folha diagnose somente foi influenciado pela aplicação das doses de N, onde se verificou aumento quadrático até a dose máxima estudada de 94,5 kg ha⁻¹ de N (Tabela 6). Nos experimentos II e III, o teor de K na folha diagnose foi influenciado pela interação entre fontes e doses de N. Mediante o desdobramento verifica-se que o teor de K foliar aumentou de forma linear no tratamento com aplicação de Entec, de forma quadrática (Exp. II) e linear (Exp. III) no tratamento com aplicação de sulfato de amônio e diminuiu (Exp. II) e aumentou (Exp. III) de forma quadrática com aplicação de ureia (Tabela 7). Ao comparar esses efeitos, é possível observar maior consistência no aumento do teor de K com aplicação de doses crescentes de Entec e sulfato de amônio. O melhor ambiente químico no solo pode ter favorecido melhor nutrição potássica, uma vez que conforme constatado no experimento de laboratório, a ureia promoveu acidificação mais acentuada no solo após sua aplicação (Figura 2B). Paulo (2012), em experimento com solo arenoso estudando o comportamento dos fertilizantes ureia e sulfonitrato de amônio com e sem DMPP, verificou menor acidez no solo ao adicionar DMPP em ambos fertilizantes. A condição de menor acidificação do solo, promovida pelo Entec e do sulfato de amônio quando comparado à ureia (Figura 2B), pode ter favorecido a absorção de K. Ressalta-se, que com exceção ao experimento II, independente das fontes e doses de N aplicadas, o teor de K permaneceu dentro da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997), que é de 40 a 65 g kg⁻¹, mas abaixo da faixa de teores de 93 a 115 g kg⁻¹ considerada adequada por Jones Junior (1991). Indicando

que, dependendo das condições de cultivo, a cultivar Ágata pode ser melhor nutrida em K, uma vez que Fernandes et al. (2011) verificaram teor de 82 g kg^{-1} de K na folha diagnose da cultivar Ágata cultivada em solo argiloso com aplicação de $129,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. Os baixos teores de K nos solos (Tabela 1) e o fato deles serem arenosos, pode ter favorecido perdas do nutriente por lixiviação.

O teor de Ca na folha diagnose foi influenciado pelas fontes de N aplicadas, verificando-se, de maneira geral, menores teores no tratamento com aplicação de Entec, nos três experimentos realizados (Tabela 8). Esses resultados podem ser atribuídos a absorção equilibrada entre cátions (N-NH_4^+) e ânions (N-NO_3^- e SO_4^{2-}) contidos no Entec, reduzindo a absorção de Ca^{2+} . Segundo Marschner (1995), ocorrem interações entre os nutrientes absorvidos pelas plantas, podendo influenciar a absorção de outros nutrientes. Íons como NO_3^- , K^+ e Cl^- são absorvidos mais rapidamente, enquanto a absorção de Ca^{2+} , SO_4^{2-} é relativamente lenta. A diferença na taxa de absorção significa que mesmo disponíveis, a planta remove cátions e ânions em quantidades desiguais do meio (MENGEL; KIRKBY, 1987).

As doses crescentes de N aplicadas proporcionaram diminuição do teor Ca no Experimento I (Tabela 8). Já nos experimentos II e III, os teores de Ca da folha diagnose foram influenciados pela interação fontes x doses de N. Mediante o desdobramento das interações é possível observar, respectivamente, para os experimentos II e III, resposta não significativa e redução linear deste teor com o aumento das doses aplicadas de Entec; aumento quadrático até a dose máxima estudada de 65 kg ha^{-1} de N e redução linear com o incremento das doses de sulfato de amônio, além da redução quadrática e linear com a aplicação de ureia (Tabela 9). Esses resultados indicam, de maneira geral, a diminuição da nutrição em cálcio com o incremento da disponibilidade N na solução do solo. Segundo Vitti et al. (2007), o Ca é absorvido pelas raízes como Ca^{2+} , podendo sua absorção ser diminuída por altas concentrações de K^+ , Mg^{2+} e NH_4^+ no meio de cultivo. É importante ressaltar que, nos experimentos, I e III o teor de Ca na folha diagnose permaneceu dentro da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997) que é de 10 a 20 g kg^{-1} , e no experimento II os teores estavam dentro do estabelecido por Jones Junior (1991) que é de $7,6$ a 10 g kg^{-1} .

O teor de Mg na folha diagnose foi afetado de forma isolada pelas doses de N aplicadas, nos experimentos I e II, nos quais as doses crescentes de N promoveram, respectivamente, aumento no teor de Mg foliar de forma quadrática até a

dose máxima estimada de 113,4 kg ha⁻¹ e aumento linear até a dose máxima estudada (Tabela 8). Esses resultados indicam aumento na produção de clorofila, uma vez que o teor de N na folha também aumentou com a aplicação das doses de N (Tabela 6). Segundo Vitti et al. (2006), o Mg corresponde a 2,7% do peso molecular das clorofilas e cerca de 10% do teor total de Mg da folha.

Tabela 8. Teores de Ca, Mg e S na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	g kg ⁻¹								
Entec	13,8b ⁽¹⁾	9,1b	13,1b	3,6a	3,1a	3,8b	3,0ab	1,3a	3,1a
Sulf. de amônio	15,8a	10,1ab	13,5ab	3,8a	3,5a	3,9ab	3,2a	1,3a	3,3a
Ureia	16,0a	10,2a	14,8a	3,6a	3,1a	4,2a	2,8b	1,3a	2,7b
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)									
0	16,7	10,4	17,0	3,0	2,8	4,1	3,8	1,5	2,6
80	15,4	9,7	15,9	3,7	3,1	4,3	3,0	1,5	2,9
120	15,1	9,8	12,9	3,7	3,2	3,8	2,8	1,2	3,1
160	15,2	9,8	12,7	3,6	3,4	3,8	3,1	1,2	3,1
Efeito	⁽²⁾	-	-	⁽³⁾	⁽⁴⁾	-	-	⁽⁵⁾	-
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	**	ns	ns	*	*	ns	*
CV (%)	11,2	11,5	10,7	12,7	21,0	8,0	11,0	17,7	10,9

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ $y = 16,5190 - 0,0102 * x$ $R^2 = 0,84$; ⁽³⁾ $y = 3,0035 + 0,0127 * x - 0,000056 * x^2$ $R^2 = 0,99$; ⁽⁴⁾ $y = 2,7685 + 0,0038 * x$ $R^2 = 0,52$; ⁽⁵⁾ $y = 1,5732 - 0,0023 * x$ $R^2 = 0,71$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

No experimento III, o teor de Mg na folha diagnose foi influenciado pela interação fontes x doses (Tabela 8). Com o desdobramento, os resultados revelaram menor teor de Mg na dose de 80 kg ha⁻¹ de N no tratamento com aplicação de Entec e maiores teores no tratamento com ureia, quando se utilizou a maior dose dos fertilizantes (Tabela 9). Além disso, a aplicação de doses de Entec reduziu de forma linear o teor de Mg e a aplicação de sulfato de amônio promoveu aumento de forma quadrática apenas até a dose máxima estimada de 50 kg ha⁻¹ de N. Esse resultado pode ser atribuído a competição de Mg com outros cátions devido ao aumento da disponibilidade NH₄⁺ com o incremento das doses de N. Segundo Vitti et al. (2006), a taxa de absorção de Mg pode ser muito afetada por outros cátions, como K⁺, NH₄⁺, Ca²⁺ e Mn²⁺, assim como H⁺ em condições de baixo pH. Independentemente dos resultados obtidos em todos os tratamentos os teores foliares de Mg ficaram dentro do intervalo considerado como adequado por Lorenzi et al. (1997), que é de 3 a 5 g kg⁻¹. Segundo Jones Junior (1991), o potencial de

nutrição magnésiana na folha diagnose está dentro da faixa de 10 a 12 g kg⁻¹ de Mg. Segundo Vitti et al. (2006), embora a maioria dos solos contenha Mg suficiente para suportar o crescimento das plantas, podem ocorrer deficiências, mais frequentemente em solos arenosos, ácidos, formados em condições de elevado índice pluvial.

Tabela 9. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para os teores de Ca (Exp. II e Exp. III), Mg (Exp. III) e S (Exp. I e Exp. III) na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
—— Teor de Ca (g kg ⁻¹) Exp. II ——						
Entec		10,6a	6,7c	10,0b	ns	-
SA	10,4	10,7a	12,5a	7,2c	$y = 10,140 + 0,062^{**}x - 0,00047^{**}x^2$	0,64
Ureia		7,8b	10,4b	12,3a	$y = 10,271 - 0,062^{**}x + 0,00048^{**}x^2$	0,92
—— Teor de Ca (g kg ⁻¹) Exp. III ——						
Entec		14,7b	12,4ab	12,2b	$y = 17,012 - 0,032^{**}x$	0,95
SA	17,0	17,9a	11,7b	10,9b	$y = 18,255 - 0,042^{**}x$	0,66
Ureia		14,9b	14,4a	14,9a	$y = 16,654 - 0,014^{*}x$	0,74
—— Teor de Mg (g kg ⁻¹) Exp. III ——						
Entec		3,9b	3,6a	3,7ab	$y = 4,105 - 0,002^{*}x$	0,74
SA	4,1	4,5a	3,8a	3,4b	$y = 4,135 + 0,010^{*}x - 0,00010^{**}x^2$	0,89
Ureia		4,5a	3,9a	4,2a	ns	-
—— Teor de S (g kg ⁻¹) Exp. I ——						
Entec		3,2a	2,7b	3,1ab	ns	-
SA	2,8	3,0a	3,3a	3,3a	$y = 2,804 + 0,003^{*}x$	0,85
Ureia		3,0a	2,5b	2,8b	ns	-
—— Teor de S (g kg ⁻¹) Exp. III ——						
Entec		2,8a	3,3a	3,3a	$y = 2,608 + 0,004^{**}x$	0,87
SA	2,6	2,9a	3,5a	3,5a	$y = 2,584 + 0,006^{**}x$	0,85
Ureia		2,9a	2,5b	2,6b	ns	-

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Houve efeito isolado das doses de N estudadas apenas no experimento II, no qual se constatou redução no teor foliar de S com o incremento das doses (Tabela 8). Além disso, foi possível verificar influência da interação fontes x doses de N para esta variável nos experimentos I e III. Ao analisar os desdobramentos, verifica-se maior teor de S na folha diagnose com a aplicação das maiores doses de N (120 e 160 kg ha⁻¹) nos tratamentos com sulfato de amônio e Entec no experimento III, e com aplicação do sulfato de amônio do experimento I (Tabela 9). Houve também aumento linear nos teores de S conforme a aplicação das doses crescentes de Entec no experimento I e de sulfato de amônio nos experimentos I e III. Esses resultados são justificados devido à

presença de S na formulação do Entec e, em maior concentração, no sulfato de amônio. Ressalta-se que, com exceção ao experimento II, que apresentou baixos teores de S, nos demais experimentos os teores foliares desse nutriente ficaram dentro do intervalo considerado adequado por Lorenzi et al. (1997) (2,5 a 5,0 g kg⁻¹).

O teor de Cu da folha diagnose foi influenciado pelas fontes de N e pela interação fonte x dose no experimento II, e pela dose de N no experimento III (Tabela 10). No experimento II, por meio do desdobramento, foi verificado maior teor de Cu nas folhas da batateira, com a aplicação de Entec (Tabela 11). Além disso, a aplicação de N na forma de Entec incrementou o teor de Cu nas folhas da batateira de forma quadrática, enquanto o incremento das doses de uréia reduziu os teores deste micronutriente até a dose estimada de 83,3 kg ha⁻¹ de N, e a partir desta dose com tendência de aumento até a dose máxima estudada. No experimento III, as doses de N promoveram aumento quadrático neste teor de Cu nas folhas da batateira até a dose máxima estimada de 75,3 kg ha⁻¹ de N (Tabela 10). Os teores foliares de Cu ficaram respectivamente para os experimentos I, II e III, abaixo, acima e dentro do intervalo considerado como adequado por Lorenzi et al. (1997) e Jones Junior (1991), que é de 7 a 20 mg kg⁻¹. Os maiores teores de Cu observados no experimento II podem ser atribuídos a aplicação de 50 kg ha⁻¹ do fertilizante FTE no plantio, que possui 7,5% de Cu em sua formulação.

As fontes de N estudadas neste experimento não influenciaram o teor de Fe da folha diagnose das plantas de batata (Tabela 10). A aplicação de doses crescentes de N promoveu efeito isolado no experimento I, com redução linear do teor foliar de Fe até a dose máxima estudada, independentemente da fonte de N empregada. No entanto verificou-se interação entre fontes e doses de N sobre o teor de Fe na folha diagnose nos experimentos II e III. No experimento II, houve aumento quadrático até a dose estimada de 92 kg ha⁻¹ para esta variável no tratamento com aplicação de Entec, e redução linear independente da fonte utilizada, no Experimento III (Tabela 11). Esses resultados podem ter ocorrido devido à maior absorção de NO₃⁻ promovido pelo aumento das doses, o qual contribui para diminuir a absorção de Fe. Segundo Cantarella (2007), a absorção de NO₃⁻ pode afetar a absorção de outros nutrientes por efeito da alcalinização do pH na região da rizosfera. Pois, como o N é absorvido em grandes quantidades, a mudança de pH pode resultar na redução da solubilidade do Fe, a qual decresce aproximadamente mil vezes para cada unidade de aumento do pH do solo (ABREU et al., 2007).

Tabela 10. Teores de Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Cobre			Ferro		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	mg kg ⁻¹					
Entec	6,7a ⁽¹⁾	36,3a	15,5a	579a	679a	415a
Sulf. de amônio	6,3a	24,7b	16,4a	494a	614a	455a
Ureia	7,0a	23,7b	15,4a	623a	661a	480a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	5,9	28,3	15,2	665	677	614
80	6,3	28,4	16,4	635	674	550
120	7,2	27,0	16,8	581	712	376
160	6,5	29,3	14,1	480	568	424
Efeito	ns	-	(2)	(3)	-	-
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	ns	ns	**	*
CV (%)	25,1	13,3	16,5	36,4	23,7	24,2
	Manganês			Zinco		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	mg kg ⁻¹					
Entec	459a	462b	545a	64,9a	60,1a	93,0ab
Sulf. de amônio	491a	503a	496b	68,1a	60,4a	99,0a
Ureia	484a	493ab	425c	66,6a	59,4a	89,7b
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	534	499	500	75,5	64,4	102,5
80	469	516	462	62,8	67,6	96,9
120	470	506	517	67,2	56,1	93,3
160	495	436	487	69,6	56,2	92,0
Efeito	(4)	-	-	(5)	-	(6)
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	**	ns	*	ns
CV (%)	7,0	9,9	12,0	15,4	11,8	10,4

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽²⁾ $y = 15,1114 + 0,0481*x - 0,00032**x^2$ $R^2 = 0,82$; ⁽³⁾ $y = 688,0287 - 1,0854*x$ $R^2 = 0,83$; ⁽⁴⁾ $y = 534,4658 - 1,3967**x + 0,00719**x^2$ $R^2 = 1,00$; ⁽⁵⁾ $y = 75,2339 - 0,2430**x + 0,00132*x^2$ $R^2 = 0,92$; ⁽⁶⁾ $y = 102,5216 - 0,0707**x$ $R^2 = 0,98$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

De maneira geral, verificou-se que os teores foliares de Fe obtidos ficaram bem acima do intervalo considerado adequado para a cultura por Lorenzi et al. (1997) e Jones Junior (1991), que é de 50 a 100 mg kg⁻¹ (Tabela 10). Soratto et al. (2011) verificaram teor de 520 mg kg⁻¹ de Fe na folha diagnose da cultivar Ágata, teor este também acima dos descritos como dentro do adequado por esses pesquisadores citados. Esses elevados teores de Fe na folha diagnose da batateira podem ser atribuídos a alta disponibilidade de Fe devido à irrigação. Segundo Karim et al. (2012), a absorção de micronutrientes pelas plantas aumenta em áreas bem irrigadas. E como a absorção de Fe pelas plantas se dá na forma altamente solúvel (Fe²⁺) (ABREU et al., 2007) e seu movimento para a superfície radicular ocorre predominantemente por difusão, a umidade

do solo torna-se um dos principais fatores para que este processo ocorra (CAKMAK, 2008). Wang et al. (2014) constataram aumento significativo do teor de Fe no grão de trigo cultivado sob irrigação em comparação com a testemunha sem irrigação.

Tabela 11. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio para os teores de Cu (Exp. II), Fe (Exp. II e Exp. III), Mn (Exp. II e Exp. III) e Zn (Exp. II) na folha diagnose das plantas de batata cultivadas em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)			Equação de regressão	R ²	
	0	80	120			160
— Teor de Cu (mg kg ⁻¹) Exp. II —						
Entec		36,3a	39,1a	33,5a	$y = 28,086 + 0,199^{**}x - 0,00100^{**}x^2$	0,93
SA	28,3	25,2b	23,8b	25,2b	ns	-
Ureia		23,8b	18,2b	29,1ab	$y = 28,803 - 0,195^{**}x + 0,00117^{**}x^2$	0,62
— Teor de Fe (mg kg ⁻¹) Exp. II —						
Entec		733a	902a	401b	$y = 656,576 + 6,240^{**}x - 0,04654^{2**}x^2$	0,63
SA	677,4	788a	408b	646a	ns	-
Ureia		501b	826a	657a	ns	-
— Teor de Fe (mg kg ⁻¹) Exp. III —						
Entec		548ab	344a	473a	$y = 605,784 - 1,235^{*}x$	0,53
SA	613,8	663a	340a	439a	$y = 648,564 - 1,497^{**}x$	0,46
Ureia		440b	449a	361a	$y = 600,037 - 1,503^{**}x$	0,93
— Teor de Mn (mg kg ⁻¹) Exp. II —						
Entec		555a	422b	410a	ns	-
SA	499,4	532a	540a	437a	$y = 496,545 + 1,643^{*}x - 0,01225^{**}x^2$	0,86
Ureia		462b	555a	462a	ns	-
— Teor de Mn (mg kg ⁻¹) Exp. III —						
Entec		547a	550a	539a	ns	-
SA	499,6	380c	540a	570a	$y = 492,192 - 2,314^{**}x + 0,01837x^2$	0,71
Ureia		461b	463b	351b	$y = 514,924 - 0,793^{**}x$	0,72
— Teor de Zn (mg kg ⁻¹) Exp. II —						
Entec		68,6ab	57,9a	53,7a	$y = 67,451 - 0,070^{*}x$	0,52
SA	64,4	60,1b	57,6a	63,4a	ns	-
Ureia		74,1a	52,7a	51,5a	-	-

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A aplicação de doses crescentes de N reduziu o teor de Mn até a dose estimada de 97,1 kg ha⁻¹ de N no experimento I, porém com tendência de aumento em doses superiores, independentemente da fonte utilizada (Tabela 10). Nos demais experimentos, foram verificados efeitos significativos da interação fontes x doses de N (Tabela 10). Ao desdobrar as interações, verificou-se que o incremento das doses N no tratamento com sulfato de amônio no experimento II promoveu aumento no teor de Mn foliar até a dose estimada de 67,1 kg ha⁻¹ de N e reduziu de forma quadrática até a dose estimada de 63 kg ha⁻¹, mas com tendência de aumento em doses superiores no

experimento III. Já no tratamento com aplicação de ureia somente verificou-se resposta significativa na interação do experimento III, no qual o desdobramento revelou redução linear do teor de Mn na folha diagnose com a aplicação de doses crescentes de N (Tabela 11), indicando, portanto, que o incremento de N no solo promove diminuição na nutrição de Mn e a disponibilidade S promove incremento, uma vez que a ureia não possui S em sua formulação. É importante ressaltar que os valores obtidos em todos os experimentos ficaram acima da faixa considerada adequada para a batateira que é de 30 a 250 mg kg⁻¹ (LORENZI et al., 1997; JONES JUNIOR, 1991). Os elevados teores de Mn constatados devem-se à aplicação de fungicidas com o ingrediente ativo mancozebe em sua formulação, o qual contém Mn (Tabelas 3, 4 e 5). Soratto et al. (2011) constataram teor de 449 mg kg⁻¹ de Mn na folha diagnose da cultivar Ágata.

Com relação ao teor de Zn na folha diagnose, as fontes de N proporcionaram efeito isolado apenas no experimento III, com maior teor de Zn no tratamento com aplicação de sulfato de amônio (Tabela 10). Já o incremento das doses de N aplicadas promoveu aumento quadrático no teor de Zn até a dose estimada de 92,0 kg ha⁻¹ de N no experimento I. Nos experimentos II e III, houve incrementos lineares nos teores foliares de Zn até a dose máxima estudada (Tabela 10). Ressalta-se que em todos os tratamentos os teores foliares de Zn ficaram acima da faixa considerada como adequada por Lorenzi et al. (1997), que está entre 20 e 60 mg kg⁻¹, porém, dentro do intervalo de 45 a 250 mg kg⁻¹, proposto como adequado por Jones Junior (1991). Soratto et al. (2011) verificaram teor de 76 mg kg⁻¹ na folha diagnose da cultivar Ágata. A aplicação dos fungicidas metiram e mancozebe (Tabela 3, 4 e 5), os quais possuem Zn em sua composição, podem ter contribuído para os elevados teores de Zn nas folhas da batateira.

4.2.2 Matéria seca acumulada e extração de nutrientes pela planta

O acúmulo de MS das raízes não foi influenciado pelas fontes de N estudadas (Tabela 12). Já o incremento das doses de N reduziu este acúmulo até a dose estimada de 87,2 kg ha⁻¹, podendo se observar, porém, tendência de aumento na maior dose estudada. No experimento II, a MS das raízes foi influenciada pela interação fontes x doses de N, a qual mediante desdobramento verifica-se aumento linear no acúmulo de MS nas raízes da batateira com o aumento das doses N, no tratamento com aplicação de sulfato de amônio (Tabela 13). De maneira geral, esses resultados revelaram pouca influência da aplicação de N no acúmulo de MS das raízes, sugerindo estagnação do desenvolvimento

das raízes e habilidade da planta em utilizar o N disponível para manter o desenvolvimento dos outros órgãos. Além disso, fatores como a disponibilidade de água e outros nutrientes podem ter contribuído para a padronização do desenvolvimento das raízes da batateira.

Tabela 12. Quantidade de matéria seca acumulada nas raízes, parte aérea e tubérculos de plantas de batata cultivadas em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	MS Raízes			MS Parte Aérea			MS Tubérculos		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹								
Entec	7,1a ⁽¹⁾	12,8a	16,7a	374a	439a	675a	3.221a	4.392a	3.217a
Sulf. de amônio	8,6a	14,2a	20,0a	389a	392a	706a	3.051a	4.172a	3.393a
Ureia	8,5a	12,4a	17,8a	378a	238b	645a	2.857a	2.498b	3.164a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)									
0	10,0	11,1	20,1	233	172	348	1.965	1.815	1.819
80	7,5	11,0	17,8	322	296	404	2.887	3.284	2.223
120	7,3	14,2	18,3	416	345	791	3.102	3.534	3.828
160	9,4	14,5	18,3	401	428	830	3.139	4.245	3.724
Efeito	⁽²⁾	-	ns	⁽³⁾	-	⁽⁴⁾	⁽⁵⁾	⁽⁶⁾	⁽⁷⁾
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	28,3	19,6	22,6	26,3	18,4	20,7	18,8	23,6	14,6

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ $y = 10,0417 - 0,0663**x + 0,00038**x^2$ $R^2 = 0,96$; ⁽³⁾ $y = 238,0414 + 1,1719**x$ $R^2 = 0,90$; ⁽⁴⁾ $y = 294,3063 + 3,3228**x$ $R^2 = 0,80$; ⁽⁵⁾ $y = 1964,3949 + 15,7770**x - 0,05266*x^2$ $R^2 = 1,00$; ⁽⁶⁾ $y = 1888,6061 + 14,7846**x$ $R^2 = 0,98$; ⁽⁷⁾ $y = 1679,6606 + 13,5430**x$ $R^2 = 0,81$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Nos experimentos I e III, não houve efeito das fontes de N no acúmulo de MS na parte aérea e nos tubérculos (Tabela 12). No experimento II, a aplicação de ureia proporcionou menores valores destas variáveis. Além disso, neste experimento houve influência da interação significativa fontes x doses de N estudadas no acúmulo de MS da parte aérea, que ao ser desdobrada, revelou maior acúmulo de MS com a aplicação de Entec, quando se aplicou apenas 80 kg ha⁻¹ de N, e aumento linear deste com os incrementos das doses de N nos tratamentos com aplicação de Entec e sulfato de amônio (Tabela 13). A aplicação da maior dose de ureia (160 kg ha⁻¹) proporcionou menor acúmulo de MS. Segundo Soratto et al. (2004), o N exerce extrema importância na produção de MS, por se tratar de constituinte da molécula de clorofila tendo portanto, influência na fotossíntese promovendo o crescimento vegetativo. Bangemann et al. (2014) verificaram aumento na MS da parte aérea da batateira com a aplicação de N, sendo que em um dos experimentos chegaram a constatar incremento de 64, 97 e 104% respectivamente com aplicação das doses de 80, 160 e 240 kg ha⁻¹, além de constatarem

aumento linear no acúmulo de MS nos tubérculos nos tratamentos com aplicação de N em relação ao período de disponibilidade do N aplicado.

Tabela 13. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a quantidade de matéria seca acumulada nas raízes (Exp. II) e na parte aérea (Exp. II) pelas plantas de batata cultivadas em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
—— MS Raízes (kg ha ⁻¹) Exp. II ——						
Entec		13,0a	12,0b	13,3a	ns	-
SA	11,1	11,1ab	15,1ab	16,3a	$y = 10,303 + 0,034^{**}x$	0,76
Ureia		8,9b	15,5a	13,8a	ns	-
—— MS Parte aérea (kg ha ⁻¹) Exp. II ——						
Entec		428a	391a	498a	$y = 199,270 + 1,920^{**}x$	0,87
SA	172	276b	335a	566a	$y = 134,855 + 2,246^{**}x$	0,85
Ureia		184b	308a	221b	ns	-

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O acúmulo de MS na planta inteira foi influenciado apenas pelas doses de N, nos experimentos I e III, e pelas fontes e interação fontes x doses, no experimento II (Tabela 14). Nos experimentos I e III, a adubação nitrogenada, independentemente da fonte utilizada, incrementou linearmente a produção de MS pelas plantas de batata. Esses resultados devem-se aos acúmulos de MS na parte aérea e nos tubérculos da batateira conferidas neste experimento, os quais também foram semelhantemente influenciados com o incremento das doses de N aplicadas (Tabela 12). Mediante o desdobramento da interação observada no experimento II, verificou-se maior acúmulo da MS no tratamento com aplicação de Entec e sulfato de amônio e menores valores com aplicação de uréia (Tabela 15). A aplicação de doses crescentes de N, na forma de Entec proporcionou incremento no acúmulo de MS da planta inteira até dose estimada de 141,8 kg ha⁻¹ de N e, no tratamento com aplicação de sulfato de amônio, o incremento nesta variável foi de maneira linear até a dose máxima estudada (Tabela 15), o que sugere melhor aproveitamento do N com aplicação destas fontes em relação à ureia.

Nos experimentos I e II, verificou-se efeito das fontes de N sobre a produção de MS de tubérculos colhidos ao final do ciclo, onde a aplicação de N na forma de Entec e sulfato de amônio, proporcionou maior produção de MS no experimento I e a aplicação de Entec e uréia, promoveram esse efeito no experimento II (Tabela 14). Nos experimentos I e III, houve incrementos na produção de MS de tubérculos com a aplicação

de doses crescentes de N, independente da fonte utilizada. Indicando que quando disponível no solo o N é absorvido e aproveitado pela batateira para a alocação de biomassa para os tubérculos. Bangemann et al. (2014) constataram em solo franco arenoso, aumento linear no acúmulo de MS nos tubérculos da batateira cultivar Ditta até 100 dias após o plantio, com aplicação de N e atribuíram esse efeito ao aumento proporcional da área foliar com o aumento da disponibilidade de N, sugerindo habilidade desta planta em estocar N na folhagem para manter por maior período a área foliar fotossinteticamente ativa dos tratamentos com aplicação de N, em comparação ao baixo suprimento deste.

Tabela 14. Quantidade de matéria seca acumulada na planta inteira e nos tubérculos ao final do cultivo, pelas plantas de batata cultivadas em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Planta inteira			Tubérculos final		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹					
Entec	3.603a ⁽¹⁾	4.844a	3.909a	4.200a	4.388a	4.405a
Sulf. de amônio	3.448a	4.578a	4.120a	3.906a	3.559b	4.409a
Ureia	3.243a	2.748b	3.827a	3.453b	3.751ab	3.396a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	2.208	1.997	2.187	2.422	1.661	2.763
80	3.317	3.591	2.644	3.552	3.355	3.341
120	3.526	3.893	4.638	4.319	3.844	4.369
160	3.550	4.688	4.573	3.689	4.498	4.761
Efeito	(2)	-	(3)	(4)	-	(5)
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	*	ns	ns	**	ns
CV (%)	18,7	22,3	14,6	12,6	24,0	14,7

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽²⁾ $y = 2331,9708 + 8,8171**x$ $R^2 = 0,91$; ⁽³⁾ $y = 1996,56 + 16,8550**x$ $R^2 = 0,81$; ⁽⁴⁾ $y = 2380,13 + 26,5991**x - 0,11023**x^2$ $R^2 = 0,90$; ⁽⁵⁾ $y = 2636,89 + 13,0199**x$ $R^2 = 0,93$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

No experimento II, houve interação fontes x doses de N, cujo desdobramento revelou maiores acúmulos de MS nos tratamentos com aplicação de Entec e sulfato de amônio, nas doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N. No tratamento com aplicação de ureia o maior acúmulo foi constatado na aplicação da maior dose de N estudada (160 kg ha⁻¹) (Tabela 15). O maior acúmulo de MS dos tubérculos na colheita no tratamento com Entec, sugere que a combinação NO₃⁻ e NH₄⁺ deste fertilizante proporcionou melhor eficiência de utilização para o desenvolvimento dos tubérculos. Além disso, a maior permanência da relação NO₃⁻/NH₄⁺ pode ter contribuído para absorção dessas formas de N, uma vez que, conforme constatado no experimento em laboratório, essas proporções

iniciais das formas de N mineral do fertilizante Entec são pouco alteradas por até 60 dias em condições de semelhante pH em solo arenoso (Figuras 3A, 3B e 3C).

Tabela 15. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a quantidade de MS acumulada na planta inteira (Exp. II) e nos tubérculos ao final do cultivo (Exp. II) pelas plantas de batata cultivadas em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
MS planta inteira (kg ha ⁻¹) Exp. II						
Entec		4.679a	4.742a	5.110a	$y = 2028,879 + 42,846^{**}x - 0,15110^{*}x^2$	0,98
SA	1.997	3.686ab	3.822ab	6.229a	$y = 1785,883 + 23,860^{**}x$	0,88
Ureia		2.408b	3.115b	2.723b	ns	-
MS tubérculos final (kg ha ⁻¹) Exp. II						
Entec		4.335a	4.683a	4.144b	$y = 1655,061 + 52,259^{**}x - 0,22865^{**}x^2$	0,99
SA	1.661	3.847a	3.520ab	3.311b	$y = 1690,345 + 39,972^{**}x - 0,18992^{*}x^2$	0,97
Ureia		1.885b	3.327b	6.040a	$y = 1.671,869 - 23,347^{*}x + 0,31532^{**}x^2$	0,99

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A extração de N e P pela cultura da batata foi influenciada somente pelas fontes e pela interação fontes x doses de N no experimento II, onde verificou-se menor extração destes nutrientes no tratamento com aplicação de ureia (Tabela 16), o que é justificado pelo menor acúmulo de MS da planta inteira verificado neste tratamento (Tabela 14). Além disso, verificou-se menor nutrição de P na folha diagnose neste experimento (Tabela 6), sugerindo menor absorção de P com aplicação de ureia. Mediante desdobramento da interação, verifica-se que a aplicação de Entec e sulfato de amônio proporcionou maior extração de N e P, sendo que independentemente da fonte aplicada, as doses aumentaram linearmente a extração de N até a dose máxima estudada (Tabela 17). Já a extração de P foi aumentada de forma quadrática até a dose estimada de 128,8 kg ha⁻¹ de N no tratamento com aplicação de Entec e de forma linear no tratamento com aplicação de sulfato de amônio.

Incrementos lineares da extração de N e P, nos experimentos I e III, também foram verificados com o aumento das doses de N aplicadas (Tabela 16). Esses resultados foram proporcionais ao aumento linear no acúmulo de MS na planta inteira com o aumento das doses de N (Tabela 14). Esse efeito linear indica que há maior potencial de extração destes nutrientes pelas plantas e fatores como menor disponibilidade de N durante o ciclo da batateira, em condições de solo arenoso, não permitiram desenvolvimento adequado desta a ponto de atingir seu potencial ótimo. Fernandes et al. (2011) constataram

acúmulo máximo de 90 e 14 kg ha⁻¹, respectivamente, de N e P pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia. Destaca-se que neste experimento acúmulo de N igual ao obtido por Fernandes et al. (2011) somente foi observado com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N no experimento II. Além disso, o maior teor de P no solo do experimento III pode justificar a maior extração de P no mesmo.

Tabela 16. Quantidades totais de N, P, e K extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹								
Entec	73a ⁽¹⁾	87a	67a	6,3a	9,1a	13,2a	130ab	112a	84a
Sulf. de amônio	63a	76a	66a	5,9a	8,5a	12,8a	141a	113a	83a
Ureia	66a	47b	60a	5,3a	5,4b	11,8a	119b	71b	80a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)									
0	29	30	28	3,0	4,1	9,3	92	48	48
80	52	52	36	4,6	7,0	9,4	117	93	59
120	69	68	74	6,1	7,4	14,5	136	93	93
160	82	90	84	6,8	8,7	13,9	137	111	94
Efeito	⁽²⁾	-	⁽³⁾	⁽⁴⁾	-	⁽⁵⁾	⁽⁶⁾	-	⁽⁷⁾
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
CV (%)	20,0	20,9	18,5	25,2	23,8	17,8	19,4	23,5	14,5

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽³⁾ $y = 28,0252 + 0,3337**x$ $R^2 = 0,99$; ⁽⁴⁾ $y = 22,2173 + 0,3706**x$ $R^2 = 0,85$; ⁽⁵⁾ $y = 2,9067 + 0,0247**x$ $R^2 = 0,99$; ⁽⁶⁾ $y = 8,6807 + 0,0342**x$ $R^2 = 0,70$; ⁽⁷⁾ $y = 93,5899 + 0,3019**x$ $R^2 = 0,95$; ⁽⁸⁾ $y = 44,584 + 0,322**x$ $R^2 = 0,86$.

Tabela 17. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio para a quantidades totais de N (Exp. II) extraída pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
— N acumulado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		68a	88a	104a	$y = 30,762 + 0,465**x$	1,00
SA	30	53ab	62b	113a	$y = 22,785 + 0,467**x$	0,83
Ureia		35b	54b	53b	$y = 28,673 + 0,160**x$	0,83
— P acumulado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		9,0a	9,2a	9,2a	$y = 4,119 + 0,085**x - 0,00033*x^2$	0,99
SA	4,1	6,7ab	7,0ab	11,8a	$y = 3,540 + 0,042**x$	0,83
Ureia		5,2b	6,0b	5,1b	ns	-
— K acumulado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		115a	109a	112b	$y = 48,713 + 1,137**x - 0,00474*x^2$	0,97
SA	48	97ab	91a	151a	$y = 44,967 + 0,575**x$	0,86
Ureia		66b	77a	68c	ns	-

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Nos experimentos I e II houve influência das fontes de N na extração de K pela cultura, nos quais foi verificado menor extração no tratamento com aplicação de ureia (Tabela 16). O que indica maior lixiviação de K neste tratamento. Segundo Ernani et al. (2007), a lixiviação de K aumenta com a adição de outros fertilizantes ao solo, como consequência do deslocamento do K das cargas negativas pelos cátions adicionados e diminui com o aumento do pH. Vale lembrar que no experimento de laboratório foi verificado menor pH com a aplicação de ureia (Figura 2B). No experimento II houve influência da interação fontes x doses de N na extração de K (Tabela 16), onde mediante desdobramento verificou-se menor extração de K com a aplicação de ureia. Com aplicação de Entec houve aumento quadrático na extração deste nutriente até dose estimada de 119,9 kg ha⁻¹ de N e com aplicação de sulfato de amônio houve aumento linear até a dose máxima de N estudada (Tabela 17). Esses resultados podem ser justificados pelo acúmulo de MS neste experimento. O qual foi influenciado pela interação fontes x dose de N e o mesmo efeito foi observado na aplicação das fontes (Tabela 15).

A aplicação de doses crescentes nos experimentos I e III também proporcionou aumento linear na extração de K (Tabela 16). Mesmo assim, verificou-se menor extração quando comparado aos resultados obtidos por Fernandes et al. (2011), que constataram em experimento realizado em solo argiloso, extração de 166 kg ha⁻¹ de K pela cultivar Ágata com adubação de 129,4 kg ha⁻¹ de N. Dessa forma, esses resultados sugerem menor extração de nutrientes pela batateira em condições de solo arenoso.

Houve efeito das fontes de N na extração de Ca, Mg e S (Tabela 18 e 19), onde foi verificado incremento da extração desses nutrientes proporcionalmente aos acúmulos de MS da planta inteira (Tabela 14 e 15). Resultados esses já esperados, uma vez que o Ca tem sua maior parte no tecido vegetal como componente estrutural, o Mg é constituinte da clorofila (VITTI et al., 2006) e o S é absorvido, reduzido e incorporado a esqueletos carbônicos para formar componentes orgânicos que abastecerão as áreas de crescimento (ALVAREZ V et al., 2007). Dessa forma, a extração destes nutrientes, quando disponível no solo, é proporcional ao desenvolvimento das plantas. Mesmo assim a extração de Ca pela cultura da batata está muito aquém da obtida por Fernandes et al. (2011), os quais constataram acúmulo de 34 kg ha⁻¹ de Ca pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N. Segundo Vitti et al. (2006) o Ca²⁺ trocável é dominante em solos argilosos como cátion no complexo de troca, sendo retido

nas superfícies com cargas negativas das argilas e da MOS, além disso segundo os mesmos o Ca^{2+} pode ter sua absorção diminuída por altas concentrações de NH_4^+ .

Tabela 18. Quantidades totais de Ca, Mg e S extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹								
Entec	18,4a ⁽¹⁾	16,4a	16,3a	9,8b	6,4a	4,2a	4,3a	8,1a	6,4a
Sulf. de amônio	18,1a	15,6a	17,4a	9,9b	6,1a	4,3a	4,3a	7,5a	6,9a
Ureia	20,3a	9,5b	17,9a	12,4a	3,7b	4,3a	3,8a	4,5b	6,3a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)									
0	10,5	6,7	11,5	4,8	2,9	2,6	2,7	3,8	3,8
80	16,7	12,6	13,4	9,0	5,2	3,3	3,7	5,8	4,5
120	20,6	12,6	17,5	12,0	5,0	4,5	4,2	6,3	7,5
160	19,4	16,3	20,7	11,1	6,0	5,1	4,5	8,0	7,6
Efeito	(2)	-	(3)	(4)	-	(5)	(6)	-	(7)
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
CV (%)	28,2	22,0	21,5	25,4	23,5	18,7	19,5	22,2	16,7

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ $y = 11,2390 + 0,0617**x$ $R^2 = 0,88$; ⁽³⁾ $y = 10,6097 + 0,0575**x$ $R^2 = 0,91$; ⁽⁴⁾ $y = 4,6281 + 0,0845**x - 0,00026*x^2$ $R^2 = 0,95$; ⁽⁵⁾ $y = 2,3864 + 0,0162**x$ $R^2 = 0,93$ ⁽⁶⁾ $y = 2,7112 + 0,0117**x$ $R^2 = 0,99$; ⁽⁷⁾ $y = 3,4394 + 0,0267**x$ $R^2 = 0,83$.

Tabela 19. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a quantidades totais de Ca (Exp. II) extraída pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
— Ca acumulado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		18,1a	14,6a	16,4b	$y = 7,040 + 0,176**x - 0,00077**x^2$	0,86
SA	6,7	11,6b	12,3a	23,0a	$y = 5,317 + 0,089**x$	0,80
Ureia		8,0b	10,9a	9,52c	ns	-
— Mg acumulado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		7,0a	6,1a	6,0b	$y = 2,938 + 0,072**x - 0,00034**x^2$	0,93
SA	2,9	5,0b	4,9ab	8,4a	$y = 2,562 + 0,030**x$	0,83
Ureia		4,0b	3,9b	3,6c	ns	-
— S acumulado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		7,6a	7,7a	9,0a	$y = 4,203 + 0,031**x$	0,93
SA	3,8	5,8ab	6,1ab	10,6a	$y = 3,239 + 0,037**x$	0,80
Ureia		4,0b	5,2b	4,3b	ns	-

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Apesar da menor absorção de nutrientes observadas neste experimento, de maneira geral, a extração dos macronutrientes estudados seguiram a mesma ordem de extração constatada em cinco cultivares de batata por Fernandes et al.

(2011), que de maneira decrescente foi: K>N>Ca>P>Mg>S. Esses resultados sugerem que independente da disponibilidade destes nutrientes promovida por meio de adubação, a batateira irá absorver os mesmos nesta ordem, indicando portanto que a menor extração de macronutrientes verificada neste experimento foi promovida pelas condições físicas do solo. Ahmadi et al. (2011) avaliando a absorção de N em função de diferentes classes texturais de solo constataram extração 37,8% maior no solo com textura média, em comparação com a extração de N obtida pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Apesar do efeito isolado no experimento III, a extração de Cu pela cultura da batata não foi influenciada pelas fontes nos demais experimentos (Tabela 20). Já a aplicação de doses crescentes de N proporcionou incremento linear no experimento I, chegando a extrair 36,0 g ha⁻¹ de Cu na dose máxima estudada (160 kg ha⁻¹ de N). Nos experimentos II e III essa dose proporcionou respectivamente extração de 28,2 e 130,6 g ha⁻¹ de Cu. Soratto et al. (2011) verificaram extração de 89 g ha⁻¹ de Cu pela cultivar Ágata cultivada com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N. A maior extração verificada no experimento III deve-se a aplicação de oxicloreto de cobre aos 51 e 65 DAP (Tabela 4).

Além disso, nos experimentos II e III a extração de Cu foi influenciada pela interação fontes x doses, onde mediante os desdobramentos (Tabela 21), verifica-se no experimento II que houve maior extração de Cu no tratamento com aplicação de uréia, na dose de 80 kg ha⁻¹ de N. Ao analisar o efeito das doses dentro de cada fonte, verifica-se aumento linear da extração de Cu com aplicação das doses crescentes de Entec e sulfato de amônio, além do aumento quadrático até a dose estimada de 79,7 kg ha⁻¹ de N, com a aplicação de uréia. No experimento III, utilizando-se o Entec como fonte de N, verificou-se menor extração de Cu com aplicação 160 kg ha⁻¹ de N. As outras fontes estudadas aumentaram de forma linear a extração deste nutriente com o incremento das doses de N. Esses resultados indicam aumento da extração de Cu com a disponibilidade e conseqüente absorção de N. Segundo Dechen e Nachtigall (2006) compostos nitrogenados solúveis atuam como carregadores deste elemento no xilema e floema, uma vez que o Cu tem alta afinidade com o átomo N do grupo amino (LONERAGAN, 1981).

As fontes de N influenciaram na absorção de Fe nos experimentos II e III, onde foi verificado menor extração deste nutriente no tratamento com aplicação de ureia (Tabela 20). Além disso, o incremento das doses de N aumentou linearmente a extração de Fe no experimento I. A aplicação da maior dose de N estudada (160 kg ha⁻¹)

proporcionou extração de 953, 1.643 e 1.721 g ha⁻¹ de Fe respectivamente nos experimentos I, II e III. Soratto et al. (2011) verificaram extração de 1.531 g ha⁻¹ de Fe pela cultivar Ágata cultivada com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. No experimento II a extração de Fe foi influenciada pela interação fontes x doses de N, o qual desdobramento revelou menor extração deste elemento nas maiores doses de N, no tratamento com aplicação de uréia. Com a aplicação de Entec e sulfato de amônio, a aplicação das doses crescentes de N proporcionaram aumento linear na extração de Fe. Apesar da menor extração com a aplicação de ureia, esses resultados indicam extração de Fe proporcional ao aumento do acúmulo de MS pela planta com a aplicação de N (Tabela 14).

Tabela 20. Quantidades totais de Cu, Fe, Mn e Zn extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Cobre			Ferro		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	g ha ⁻¹					
Entec	34,7a ⁽¹⁾	28,4a	96,9b	982a	1.661a	1.533a
Sulf. de amônio	34,4a	29,4a	115,6a	871a	1.615a	1.549a
Ureia	30,7a	26,0a	110,3ab	857a	969b	1.204b
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	17,1	15,2	59,0	625	793	785
80	29,3	29,2	73,4	828	1.220	925
120	34,4	26,4	118,7	930	1.383	1.641
160	36,0	28,2	130,6	953	1.643	1.721
Efeito	⁽²⁾	-	-	⁽³⁾	-	⁽⁴⁾
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	*	ns	**	ns
CV (%)	21,9	19,5	17,0	17,9	25,7	27,4
	Manganês			Zinco		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	g ha ⁻¹					
Entec	194a	301a	212a	217a	249a	148a
Sulf. de amônio	199a	261b	241a	207a	222a	151a
Ureia	169a	142c	214a	187a	128b	139a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	97	131	93	127	118	82
80	150	212	131	184	194	96
120	202	219	267	213	180	167
160	210	274	269	215	224	176
Efeito	⁽⁵⁾	-	-	⁽⁶⁾	⁽⁷⁾	⁽⁸⁾
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	*	ns	ns	ns
CV (%)	27,4	19,6	21,0	23,4	28,2	15,4

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator fonte), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽²⁾ $y = 18,1162 + 0,1231**x$ $R^2 = 0,96$; ⁽³⁾ $y = 640,4697 + 2,1483**x$ $R^2 = 0,96$; ⁽⁴⁾ $y = 690,6500 + 6,4141**x$ $R^2 = 0,83$; ⁽⁵⁾ $y = 96,9873 + 0,7553**x$ $R^2 = 0,96$; ⁽⁶⁾ $y = 132,0072 + 0,5827**x$ $R^2 = 0,95$; ⁽⁷⁾ $y = 123,848 + 0,615**x$ $R^2 = 0,87$; ⁽⁸⁾ $y = 72,4955 + 0,6392**x$ $R^2 = 0,83$.

Tabela 21. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para as quantidades totais de Cu (Exp. II e Exp. III), Fe (Exp. II), e Mn (Exp. II e Exp. III) extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
— Cu acumulado (g ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		25,7b	28,3a	31,3a	$y = 16,047 + 0,100^{**}x$	0,97
SA	15,2	28,1ab	21,8a	38,2a	$y = 15,030 + 0,119^{**}x$	0,70
Ureia		33,9a	29,0a	15,0b	$y = 15,228 + 0,467^{**}x - 0,00293^{**}x^2$	1,00
— Cu acumulado (g ha ⁻¹) Exp. III —						
Entec		71,6a	122,4a	96,6b	ns	-
SA	59,0	77,6a	115,9a	153,1a	$y = 49,285 + 0,579^{**}x$	0,90
Ureia		70,9a	117,9a	142,0a	$y = 49,490 + 0,533^{**}x$	0,87
— Fe acumulado (g ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		1.462a	1.836a	1.686b	$y = 884,463 + 6,220^{**}x$	0,85
SA	793	1.231a	1.283b	2.331a	$y = 651,502 + 8,426^{**}x$	0,78
Ureia		967a	1.028b	911c	ns	-
— Mn acumulado (g ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		314a	265a	324a	$y = 136,202 + 2,561^{**}x - 0,00931^{*}x^2$	0,86
SA	131	198b	198b	388a	$y = 104,316 + 1,380^{**}x$	0,72
Ureia		123c	193b	109b	ns	-
— Mn acumulado (g ha ⁻¹) Exp. III —						
Entec		122a	287a	229b	$y = 86,135 + 1,072^{**}x$	0,65
SA	93	116a	284a	322a	$y = 65,342 + 1,537^{**}x$	0,82
Ureia		156a	229a	257ab	$y = 87,996 + 1,067^{**}x$	0,97

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A extração de Zn não foi influenciada pelas fontes de N na maioria dos experimentos, onde foi verificado de maneira isolada no experimento II, em que a ureia promoveu menor extração deste nutriente. Já aplicação de doses crescentes aumentou de forma linear a extração de Zn, chegando a extrair na maior dose estudada (160 kg ha⁻¹ de N) 215, 224 e 176 g ha⁻¹ de Zn, respectivamente, nos experimentos I, II e III (Tabela 20). Esses resultados refletem extração proporcional ao desenvolvimento da batateira, promovido pelo aumento das doses de N aplicadas, porém esses com valores abaixo do seu máximo potencial. Soratto et al. (2011) verificaram extração de 295 g ha⁻¹ de Zn pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N.

Vale ressaltar que mesmo com a maior absorção de alguns micronutrientes devido a aplicação de defensivos e/ou fertilizantes em alguns experimentos, os mesmos seguiram a mesma ordem decrescente de extração verificada por Soratto et al. (2011) que foi Fe>Mn>Zn>Cu. Resultados esses que contribuem para confirmar que as aplicações de fertilizantes não interferem na sequência de demanda de nutrientes absorvidos pela batateira.

4.2.3 Número, peso médio e produtividade de tubérculos e eficiência agronômica

Com relação ao número total de tubérculos por planta, verificou-se menores valores com aplicação de ureia, no experimento I, e com aplicação de ureia e sulfato de amônio, no experimento III (Tabela 22). Além disso, a aplicação de doses crescentes de N aumentou de forma linear essa variável até a dose máxima estudada neste experimento.

O número de tubérculos por planta foi influenciado pela interação fontes x doses de N nos experimentos I e II. Ao verificar o desdobramento do experimento I, constata-se no tratamento com aplicação de uréia, que nas doses 80 e 160 kg ha⁻¹ de N houve menor número de tubérculos e com o incremento das doses de N, verificou-se, que neste tratamento houve redução linear do número de tubérculos por planta (Tabela 23). No experimento II, o desdobramento revelou maior número de tubérculos por planta no tratamento com aplicação de Entec, apenas na dose de 80 kg ha⁻¹ de N, além de constatar-se menor número com aplicação da maior dose, o que resultou em aumento quadrático do número total de tubérculos por planta, até a dose estimada de 91,1 kg ha⁻¹ de N aplicado. Nos tratamentos com aplicação de sulfato de amônio e de ureia, a dose de 80 kg ha⁻¹ diminuiu número de tubérculos por planta, porém com o incremento das doses de N providos pela ureia, verificou-se aumento linear no número de tubérculos. De maneira geral, houve menor produção de tubérculos com a aplicação de ureia (Exp. I e III), o que sugere menor disponibilidade de N desta fonte no período de tuberização que está entre 35 a 41 DAP (FERNANDES et al., 2011). Neste período, independente da fonte estudada, a cultura estava sob influência da aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N incorporada no plantio, evidenciado pelas datas de cobertura aos 35, 39 e 25 DAP, respectivamente, nos experimentos I, II e III (Tabela 2). Os resultados indicam provável menor disponibilidade devido a lixiviação do N-NO₃⁻ provido pela ureia. Sangoi et al. (2003) verificaram em laboratório, maior lixiviação da ureia ao ser incorporada em solo arenoso, e independente da incorporação ou não constataram menor lixiviação em solo argiloso. Destaca-se que na aplicação de apenas 80 kg ha⁻¹, no sulco de plantio, o fertilizante Entec proporcionou maior número de tubérculos por planta que as demais fontes, nos experimentos I e II, isto provavelmente ocorreu, devido à manutenção de maior quantidade de N na forma de NH₄⁺ permitindo menores perdas por lixiviação em solos arenosos (SERNA et al., 2000).

Tabela 22. Número médio de tubérculos por planta total e das classes comercial e graúda ao final do cultivo da batata em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Total			Comercial			Graúda		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	nº por planta								
Entec	9,8a ⁽¹⁾	8,2a	9,3a	8,8a	7,1a	8,7a	1,4a	0,8a	3,4a
Sulf. de amônio	9,3a	7,2a	8,0b	8,3a	5,9b	7,6b	1,1ab	0,2b	3,0a
Ureia	7,8b	7,9a	7,6b	7,3b	6,1b	7,3b	0,8b	0,3b	3,0a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)									
0	13,0	6,3	7,3	12,0	4,5	6,6	0,4	0,1	1,6
80	9,4	7,7	7,8	8,4	6,2	7,3	0,5	0,2	2,0
120	8,9	7,5	8,5	8,3	6,1	8,0	1,7	0,5	3,5
160	8,5	8,2	8,6	7,7	6,9	8,3	1,1	0,6	3,9
Efeito	-	-	(²)	-	-	(³)	ns	-	(⁴)
Interação F x D ⁽¹⁾	*	*	ns	*	*	ns	ns	**	ns
CV (%)	31,9	15,2	15,2	36,7	15,9	14,7	47,0	63,2	25,4

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽³⁾ $y = 7,2466 + 0,0088**x$ $R^2 = 0,96$; ⁽⁴⁾ $y = 6,5726 + 0,0109**x$ $R^2 = 0,97$; ⁽⁵⁾ $y = 1,3602 + 0,0152**x$ $R^2 = 0,88$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Os efeitos de fontes, doses e interação fontes x doses de N obtidos no número total de tubérculos, foram semelhantes aos efeitos destes tratamentos sobre número de tubérculos comercializáveis por planta (Tabela 22). Esses resultados eram esperados, pois somente não se incluiu na classe comercial os tubérculos da classe miúda, os quais tiveram produção pouco significativa (Tabela 24).

O número de tubérculos da classe graúda foi influenciado pelas fontes de N nos experimentos I e II, onde verificou-se em ambos os experimentos, maior produção de tubérculos no tratamento com aplicação de Entec (Tabela 22). Resultados que indicam adequada disponibilidade da combinação do $N-NH_4^+ : N-NO_3^-$ disponível na fase de tuberização, que pode ser justificado pela composição inicial do fertilizante e pelo resultado obtido no experimento de laboratório, no qual foi constatado disponibilidade $N-NO_3^-$ e relação constante de $N-NH_4^+ : N-NO_3^-$ durante 60 dias (Figura 3A, 3B e 3C). Segundo Fernandes et al. (2011), 77% do N total absorvido pela planta de batata da cultivar Ágata é acumulado nesta época.

As doses de N proporcionaram aumento linear no número de tubérculos da classe graúda no experimento III (Tabela 22). No experimento II a interação fontes x doses de N influenciou nesta variável, onde ao verificar o desdobramento, constatou-se que no tratamento com aplicação de Entec, a aplicação das maiores doses (120 e 160 kg ha⁻¹ de N) promoveu maior número de tubérculos desta classe em

comparação com as outras fontes estudadas (Tabela 23). Além disso, verificou-se neste tratamento aumento linear do número de tubérculos graúdos por planta até a dose máxima estudada, já aplicação de ureia reduziu a quantidade de tubérculos até dose estimada de 42,9 kg ha⁻¹, indicando portanto, que apesar deste efeito quadrático, não houve interferência das doses de N neste tratamento, uma vez que a menor dose aplicada foi de 80 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 23. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio para o número médio de tubérculos das classes total (Exp. I e Exp. II), comercial (Exp. I e Exp. II) e graúda (Exp. II) por planta de batata ao final do cultivo em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
Tubérculos total por planta Exp. I						
Entec		11,0a	8,8a	9,5a	ns	-
SA	13,0	9,6b	9,2a	9,0a	ns	-
Ureia		7,7c	8,8a	7,0b	$y = 12,297 - 0,035 * x$	0,79
Tubérculos total por planta Exp. II						
Entec		9,2a	7,9a	7,7a	$y = 6,418 + 0,051 ** x - 0,00028 ** x^2$	0,83
SA	6,3	6,9b	7,3a	7,6a	ns	-
Ureia		6,9b	7,4a	9,4a	$y = 5,959 + 0,017 ** x$	0,78
Tubérculos comerciais por planta Exp. I						
Entec		9,6a	8,2a	8,7a	ns	-
SA	12,0	8,6a	8,3a	8,1a	ns	-
Ureia		7,1b	8,3a	6,3b	$y = 11,393 - 0,032 * x$	0,80
Tubérculos comerciais por planta Exp. II						
Entec		7,5a	7,0a	6,9ab	$y = 4,511 + 0,054 ** x - 0,00025 ** x^2$	0,95
SA	4,5	6,1ab	5,7a	5,8b	ns	-
Ureia		4,9b	5,7a	7,9a	$y = 4,013 + 0,018 ** x$	0,77
Tubérculos graúdos por planta Exp. II						
Entec		0,5a	1,0a	0,8a	$y = 0,098 + 0,005 ** x$	0,79
SA	0,1	0,2a	0,4b	0,2b	ns	-
Ureia		0,1a	0,1b	0,7a	$y = 0,080 - 0,006 * x + 0,00007 ** x^2$	0,94

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O número de tubérculos por planta da classe primeira, não foi influenciado pelas fontes nos experimentos I e III (Tabela 24). No entanto, no experimento II verificou-se maior número no tratamento com aplicação de Entec e sulfato de amônio e menor número no tratamento com aplicação de ureia. Além disso, as doses de N proporcionaram aumento linear até a dose máxima estudada neste experimento. Já a interação fontes x doses de N influenciou o número de tubérculos da classe primeira, somente no experimento I, onde mediante desdobramento verificou-se que na aplicação da dose de 80 kg ha⁻¹ houve maior número de tubérculos no tratamento com aplicação Entec,

número intermediário com aplicação de sulfato de amônio e menor número com aplicação de ureia (Tabela 25). Já as doses de N proporcionaram aumento quadrático até a dose estimada de 100,0, 120,8 e 100,0 kg ha⁻¹ de N respectivamente nos tratamentos com aplicação de Entec, sulfato de amônio e ureia. Esses resultados indicam que ainda há efeito da aplicação de N no acúmulo de MS, necessário para a produção de tubérculo da classe primeira. Ou seja, sem a disponibilidade das doses aplicadas a batateira não seria capaz de produzir tubérculos desta classe, nessas condições de solo e clima. Bangemann et al. (2014) verificou aumento da MS dos tubérculos com o aumento da dose de N aplicada.

Tabela 24. Número médio de tubérculos das classes primeira, segunda e miúda por planta e peso médio de tubérculos de batata ao final do cultivo em solo arenoso, em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Primeira			Segunda		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	Tubérculos por planta					
Entec	5,3a ⁽¹⁾	4,0a	4,1a	2,1a	2,4b	1,2a
Sulf. de amônio	5,2a	3,3ab	3,5a	2,0a	2,3b	1,1a
Ureia	4,9a	2,7b	3,5a	1,5b	3,2a	0,9a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	3,6	1,4	3,8	8,0	3,0	1,2
80	5,4	3,1	4,3	2,5	2,9	1,0
120	5,1	3,3	3,4	1,4	2,3	1,2
160	5,0	3,6	3,4	1,6	2,6	1,0
Efeito	-	(2)	ns	(3)	ns	ns
Interação F x D ⁽¹⁾	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12,0	25,7	27,6	88,6	23,2	37,2
	Miúda			Peso médio de tubérculos		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	Tubérculos por planta			g tubérculos ⁻¹		
Entec	1,0a	1,1b	0,5a	55,1a	40,5a	63,1a
Sulf. de amônio	0,9a	1,4ab	0,4ab	53,4a	37,2a	70,0a
Ureia	0,6b	1,8a	0,3b	54,7a	30,8b	67,5a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	1,0	1,9	0,7	25,9	20,7	49,6
80	1,0	1,5	0,5	45,2	30,9	55,1
120	0,7	1,4	0,4	61,3	38,7	71,0
160	0,8	1,4	0,3	56,6	38,5	74,5
Efeito	(4)	(5)	(6)	(7)	-	(8)
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	37,1	38,8	0,53	15,8	18,8	15,0

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽²⁾ $y = 1,6224 + 0,0136**x$ $R^2 = 0,93$; ⁽³⁾ $y = 8,0408 - 0,0987**x + 0,00036*x^2$ $R^2 = 1,00$; ⁽⁴⁾ $y = 1,0243 - 0,0017*x$ $R^2 = 0,52$; ⁽⁵⁾ $y = 1,8216 - 0,0030*x$ $R^2 = 0,87$; ⁽⁶⁾ $y = 0,6740 - 0,0021**x$ $R^2 = 1,00$; ⁽⁷⁾ $y = 25,1728 + 0,3951**x - 0,00116**x^2$ $R^2 = 0,93$; ⁽⁸⁾ $y = 47,5798 + 0,1662**x$ $R^2 = 0,89$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Com exceção ao experimento III, onde não foi verificada influência dos fatores estudados no número de tubérculos por planta da classe segunda (Tabela 24). Verificou-se nos experimentos I e II efeito das fontes e das doses estudadas, onde respectivamente, constatou-se menor e maior número de tubérculos desta classe com a aplicação de ureia e o aumento das doses aplicadas reduziu o número destes no experimento I. Esses resultados sugerem que com o aumento da disponibilidade de N, a batateira o utiliza para produzir tubérculos maiores.

As fontes de N influenciaram no número de tubérculos miúdos por planta, em todos os experimentos (Tabela 24). Sendo que com exceção ao efeito isolado verificado no experimento II, no qual foi constatado maior número de tubérculos com a aplicação de ureia, em comparação ao tratamento com aplicação de Entec. Nos outros experimentos houve efeito inverso a este, onde foi verificado maior produção de tubérculos desta classe com aplicação de Entec e sulfato de amônio. Resultados esses que indicam maior período de disponibilidade do N destas fontes, e com isto maior produção total de tubérculos (Tabela 22). Mesmo assim com incremento das doses de N a produção de tubérculos menores foi reduzida de forma linear em todos os tratamentos. O que pode ser atribuído ao aumento de produção do número de tubérculos por planta das classes primeira (Tabela 24) e graúda (Tabela 22).

Tabela 25. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio para o número médio de tubérculos da classe primeira (Exp. I) por planta de batata e para o peso médio do total de tubérculos (Exp. II) ao final do cultivo em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
Tubérculos primeira por planta Exp. I						
Entec		6,0a	4,8a	5,2a	$y = 3,656 + 0,038^{**}x - 0,00019^{**}x^2$	0,74
SA	3,6	5,5ab	4,9a	5,3a	$y = 3,629 + 0,029^{**}x - 0,00012^{**}x^2$	0,84
Ureia		4,7b	5,7a	4,4a	$y = 3,505 + 0,032^{**}x - 0,00016^{**}x^2$	0,78
Peso médio (g tubérculos ⁻¹) Exp. II						
Entec		32,5ab	46,0a	42,9a	$y = 21,370 + 0,157^{**}x$	0,89
SA	20,7	37,4a	39,6a	34,5a	$y = 20,627 + 0,345^{**}x - 0,00160^{**}x^2$	1,00
Ureia		22,8b	30,5b	42,9a	$y = 18,423 + 0,106^{**}x$	0,85

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O peso médio total de tubérculo ao final do cultivo não foi influenciado pelas fontes de N nos experimentos I e III (Tabela 24). Apesar disto no experimento II, foi constatado efeito isolado deste fator, no qual foi verificado menor peso com aplicação de ureia. O que é justificado pela maior produção de tubérculos menores

neste experimento. Já a aplicação de doses crescentes de N, proporcionou aumento quadrático no peso médio total de tubérculos, até a dose estimada de 170,3 kg ha⁻¹ de N no experimento I e aumento linear até a dose máxima estudada no experimento II. Além disso, no Experimento II a interação fontes x doses de N influenciou no peso médio total de tubérculo, onde mediante desdobramento, verifica-se menor peso com aplicação de ureia nas doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N, aumento linear com aplicação de Entec e Uréia, além do aumento quadrático até a dose estimada de 107 kg ha⁻¹ de N no tratamento com aplicação de sulfato de amônio (Tabela 25). Esses resultados aliados a maior nutrição (Tabela 6) e extração (Tabela 16) de N com o a aplicação de doses crescentes de N, sugerem que quanto maior a disponibilidade deste nutriente, maior a absorção e armazenamento do N na planta na forma de N-NO₃⁻, para posterior redistribuição e uso na produção de tubérculos, uma vez que o N-NH₄⁺ absorvido em altas quantidades pode ser tóxico à planta (EPSTAIN; BLOOM, 2006). Bangemann et al. (2014), Bero et al. (2014) e Cambouris et al. (2014) verificaram que após o máximo teor de N-NO₃⁻ no pecíolo da batateira ser alcançado, houve posterior redução deste com o decorrer do ciclo da cultura, e atribuíram isto a redistribuição de NO₃⁻ para produção e desenvolvimento de tubérculos.

As produtividades total e comercial foram influenciadas pelas fontes de N estudadas em todos os experimentos (Tabela 26). Nos experimentos I e III os fertilizantes Entec e sulfato de amônio proporcionaram maior produtividade, já no experimento II somente o Entec promoveu este efeito. No experimento II, o desdobramento da interação significativa também evidenciou maiores produtividades totais e comerciais de tubérculos com aplicação do fertilizante Entec, notadamente na dose de 80 kg ha⁻¹, a qual foi aplicada integralmente no sulco de plantio (Tabela 27). Além disso, com a aplicação de N na forma de Entec e sulfato de amônio verificou-se respostas quadráticas, até doses estimadas de aproximadamente 142 e 115 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, enquanto a ureia proporcionou efeito linear positivo nas produtividades. Esses resultados indicam maior eficiência na utilização do fertilizante Entec como fonte de N em comparação com o sulfato de amônio e, principalmente, com a uréia, para a cultura da batata. Possivelmente devido à presença inicial de N-NO₃⁻ na composição do sulfonitrato de amônio e ao efeito do inibidor de nitrificação DMPP controlando a disponibilidade do N-NO₃⁻. Além disso, de maneira geral, verificou-se neste estudo, maior eficiência agrônômica com aplicação de Entec (Figura 5). Gott et al. (2014) verificaram menor produtividade do milho com aplicação de ureia, em comparação com a aplicação do

fertilizante nitrato de amônio. Já Pasda et al. (2001) verificaram que a presença de DMPP no sulfonitrato de amônio proporcionou aumento significativo na produtividade de batata em comparação com o tratamento sem DMPP.

As doses crescentes de N estudadas influenciaram na produtividade total e comercial de tubérculos nos experimentos I e III, onde no experimento I a produtividade total e comercial incrementou respectivamente, até a dose estimada de 139,3 e 139,7 kg ha⁻¹ de N (Tabela 26). No experimento III verificou-se incremento linear na produtividade de tubérculos total e comercial até a dose máxima estudada. Esses resultados indicam que quando cultivada nessas condições de solo a produtividade da batata é incrementada com o aumento das doses de N. Bero et al. (2014) verificaram incremento na produtividade da batata cultivada em solo arenoso até a dose aplicada de 280 kg ha⁻¹ de N. Já Bangemann et al. (2014) verificaram em estudos realizados em áreas com solo arenoso, incremento na produtividade de tubérculos até a dose de 160 e 240 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, nos dois anos experimentais.

Tabela 26. Produtividade de tubérculos total e da classe comercial da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Total			Comercial		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹					
Entec	23.724a ⁽¹⁾	19.543a	24.497a	23.431a	19.208a	24.401a
Sulf. de amônio	21.656a	15.822b	22.550ab	21.367a	15.337b	22.484ab
Ureia	18.961b	14.405b	21.260b	18.781b	13.847b	21.212b
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	13.056	7.782	14.856	12.768	7.167	14.727
80	18.844	13.954	17.812	18.549	13.515	17.727
120	24.306	17,084	24.233	24.089	16.630	24.161
160	21.190	18,732	26.261	20.943	18.246	26.208
Efeito	(2)	-	(3)	(4)	-	(5)
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	*	ns	ns	*	ns
CV (%)	11,3	25,6	13,7	11,4	25,0	13,8

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽²⁾ $y = 12.775,2289 + 135,9626**x - 0,48816**x^2$ $R^2 = 0,87$; ⁽³⁾ $y = 14.040,1090 + 75,0066**x$ $R^2 = 0,92$; ⁽⁴⁾ $y = 12.483,3900 + 136,1823**x - 0,48729**x^2$ $R^2 = 0,87$; ⁽⁵⁾ $y = 13.912,8468 + 75,4774**x$ $R^2 = 0,92$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Apesar de alguma variação, de maneira geral, o fertilizante Entec apresentou maior eficiência agrônômica (Figura 5), o que se deve ao fato da produtividade total de tubérculos com a utilização desta fonte ter sido maior (Tabelas 26 e 27). O fato deste fertilizante ter em sua composição NO₃⁻ e disponibilizá-lo de forma uniforme durante 60 dias, conforme resultado obtido no experimento de laboratório (Figura 3B), fazem com

que o uso deste fertilizante pela planta seja mais eficiente mesmo em condições de grande susceptibilidade à lixiviação. Xu et al. (2014), avaliando a transformação de N no solo em função da adição ou não do DMPP na ureia, constataram que a aplicação de ureia sem o inibidor de nitrificação, aumentou significativamente a quantidade de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ no solo e, a adição de DMPP resultou em concentrações menores de $N-NO_3^-$ e maiores de $N-NH_4^+$ aos 28 dias após a aplicação. Os pesquisadores atribuíram esse resultado à inibição da nitrificação proporcionada pelo DMPP. Paulo (2012), avaliando a eficiência agrônômica do N pelo algodoeiro, verificou aumento de 137% desta eficiência com uso da ureia + DMPP, em comparação com a ureia.

Tabela 27. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio para a produtividade total (Exp. II) e da classe comercial de tubérculos (Exp. II) da cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
Produtividade total (kg ha ⁻¹) Exp. II						
Entec		17.177a	21.553a	19.900ab	$y = 7623,6 + 182,937^{**}x - 0,64523x^2$	0,98
SA	7.782	15.483a	16.782ab	15.201b	$y = 7750,0 + 150,978^{**}x - 0,64877x^2$	1,00
Ureia		9.203b	12.919b	21.095a	$y = 5859,7 + 76,558^{**}x$	0,77
Produtividade comercial (kg ha ⁻¹) Exp. II						
Entec		16.727a	21.253a	19.644ab	$y = 7003,9 + 185,422^{**}x - 0,64605x^2$	0,98
SA	7.167	15.207a	16.246ab	14.559b	$y = 7146,4 + 157,826^{**}x - 0,69448x^2$	1,00
Ureia		8.613b	12.392b	20.536a	$y = 5246,3 + 77,008^{**}x$	0,77

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Com a relação à eficiência agrônômica das doses de N de cada fonte estudada, verifica-se que utilizando como fonte o Entec e o sulfato de amônio a aplicação das doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N foram mais eficientes que a maior dose estudada (160 kg ha⁻¹) (Figura 5). Já quando utilizou-se a ureia verificou-se no experimento I, que a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N foi menos eficiente que a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N e nos experimentos II e III a aplicação de ureia proporcionou efeito contrário ao verificado com aplicação de Entec e sulfato de amônio. Esses resultados indicam que quando utiliza-se ureia como fonte de N, para o cultivo de batata em solo arenoso, há a necessidade de aplicação de maiores doses para aumentar a produtividade de tubérculos. Como verificado no experimento de laboratório, a ureia disponibiliza mais NO_3^- que os fertilizantes Entec e sulfato de amônio (Figura 3), o qual é altamente susceptível à lixiviação nas condições de solo arenoso (SANGOI et al., 2003). Diante disto, a menor eficiência agrônômica da ureia pode ser justificada pela lixiviação de NO_3^- ,

devido principalmente as condições proporcionadas neste estudo, o qual foi realizado sob irrigação e em solo arenoso. Bero et al. (2014) constataram maior eficiência agrônômica do N aplicado na produção de tubérculos de batata, com uso de ureia revestida com polímero ESN (Agrium®), o qual promove liberação lenta do N, em comparação com o tratamento convencional (sulfato de amônio na emergência + nitrato de amônio no início da tubertura).

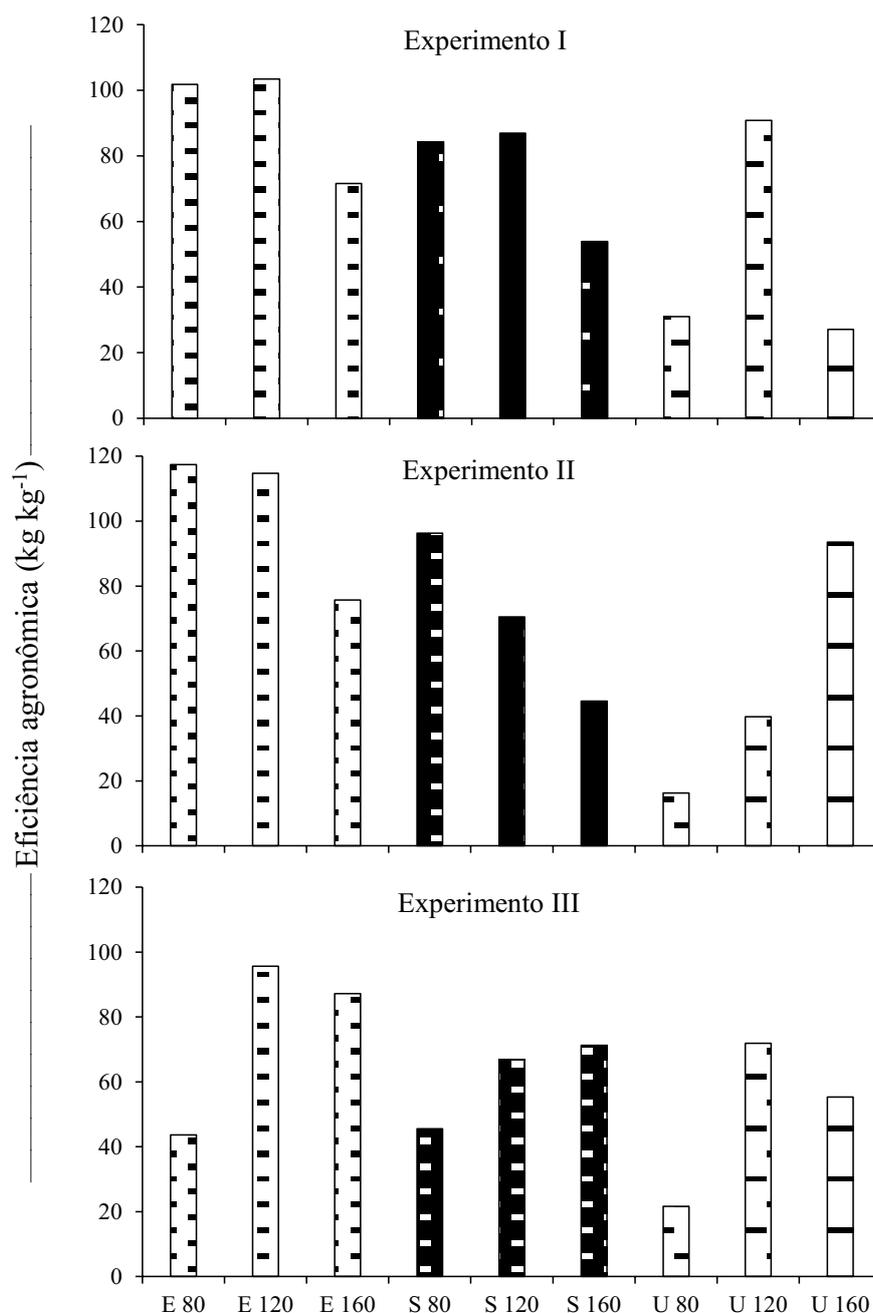


Figura 5. Eficiência Agrônômica dos fertilizantes nitrogenados E – Entec 26, S – sulfato de amônio e U – ureia, nas doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N para a produção de tubérculos frescos pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

A produtividade de tubérculos da classe graúda foi influenciada pelas fontes de N, nos experimentos I e II (Tabela 28). Em ambos os experimentos, o tratamento com o fertilizante Entec proporcionou maior produtividade de tubérculos graúdos que as demais fontes. Resultados esses que vem a confirmar que há maior permanência da relação $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ da composição inicial do Entec, contribuindo para absorção dessas formas de N, posterior armazenamento e/ou assimilação, redistribuição e utilização para a produção, enchimento e nutrição dos tubérculos (BANGEMANN et al., 2014; BERO et al., 2014; CAMBOURIS et al., 2014), uma vez que, conforme constatado no experimento em laboratório, essas proporções iniciais das formas de N mineral do fertilizante Entec, são pouco alteradas por até 60 dias, em condições de semelhante pH e solo arenoso (Figuras 3A, 3B e 3C).

Nos experimentos I e III, o incremento das doses de N proporcionou aumento linear na produtividade de tubérculos da classe graúda, independentemente da fonte utilizada (Tabela 28). Esses resultados indicam que quando disponível no solo, o N é utilizado pela batateira para enchimento de tubérculos. Bangemann et al. (2014) verificaram aumento linear no acúmulo de MS no tubérculo proporcional a disponibilidade de N no solo durante o ciclo.

Observa-se ainda que no experimento II que a interação fontes x doses de N influenciou de maneira significativa a produtividade de tubérculos da classe graúda (Tabela 28). O desdobramento revelou maior produtividade principalmente na dose aplicada de 120 kg ha^{-1} de N, quando se utilizou como fonte o Entec e na dose de 160 kg ha^{-1} de N quando utilizou-se Entec e ureia como fonte de N (Tabela 29). Além disso, o incremento das doses do fertilizante Entec promoveu aumento linear na produtividade de tubérculos e a aplicação de doses crescentes do fertilizante ureia reduziu a produtividade de maneira quadrática, porém verificou-se tendência de aumento de produtividade com aplicação das maiores doses. Resultados esses que contribuem para confirmar melhor eficiência do Entec como fonte de N para promover maior enchimento de tubérculos se comparado com sulfato de amônio e uréia, especialmente nas menores doses.

A produção de tubérculos da classe primeira somente foi influenciada pelas fontes estudadas, no experimento II, sendo verificado menor produtividade no tratamento com aplicação ureia (Tabela 28). Esses resultados são justificados pelo semelhante efeito da ureia, no número de tubérculos produzidos por planta da classe primeira neste experimento (Tabela 24). O aumento das doses de N nos

experimentos II e III não influenciou na produtividade de tubérculos da classe primeira. Entretanto no experimento I verificou-se influência da interação fontes x doses de N (Tabela 28), onde mediante desdobramento, os resultados revelaram menor produtividade no tratamento com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N provido pela ureia em comparação com as outras fontes, já o aumento das doses promoveu aumento quadrático da produtividade até a dose estimada de 106,0, 129,0 e 130,0 kg ha⁻¹ de N, respectivamente com aplicação das fontes Entec, sulfato de amônio e ureia (Tabela 29). Novamente os resultados indicam a melhor eficiência do fertilizante Entec para a produção de tubérculos, já que foi verificado menor dose estimada para a máxima produção de tubérculos da classe primeira em comparação com as doses estimadas de N provido pelas outras fontes.

Tabela 28. Produtividade de tubérculos das classes graúda, primeira, segunda e miúda da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Graúda			Primeira		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹					
Entec	7.315a ⁽¹⁾	4.746a	14.899a	14.195a	11.870a	8.681a
Sulf. de amônio	5.613ab	1.876b	14.183a	13.959a	10.915a	7.553a
Ureia	4.325b	2.166b	13.190a	12.995a	8.111b	7.422a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	1.813	324	6.038	8.270	3.747	7.860
80	2.560	1.294	8.206	13.617	9.053	8.877
120	8.739	3.521	15.933	14.038	10.497	7.422
160	5.955	3.972	18.132	13.494	11.346	7.356
Efeito	(2)	-	(3)	-	ns	ns
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	ns	*	ns	ns
CV (%)	46,8	77,2	26,7	13,8	31,3	26,6
Tratamento	Segunda			Miúda		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹					
Entec	1.922a	2.592b	820a	293a	336b	96a
Sulf. de amônio	1.796ab	2.546b	748a	289a	485ab	67ab
Ureia	1.461b	3.570a	601a	179b	559a	48b
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	2.686	3.096	829	287	616	129
80	2.372	3.168	644	295	439	85
120	1.312	2.612	806	217	454	72
160	1.494	2.929	720	248	486	53
Efeito	-	ns	ns	ns	ns	(4)
Interação F x D ⁽¹⁾	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	26,2	23,5	41,1	32,7	41,2	65,7

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna (dentro do fator fonte), não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽³⁾ $y = 1615,0767 + 35,0175**x$ $R^2 = 0,56$; ⁽⁴⁾ $y = 4865,6939 + 80,1284**x$ $R^2 = 0,87$; ⁽⁴⁾ $y = 127,2628 - 0,4707**x$ $R^2 = 0,99$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Com exceção ao experimento III, verificou-se influência das fontes de N na produtividade de tubérculos da classe segunda no experimento I, no qual constatou-se maior produtividade com aplicação de Entec e sulfato de amônio (Tabela 28). No experimento II a maior produtividade foi obtida com a aplicação de ureia. Com relação às doses de N, não foi verificada influência do incremento destas com a produtividade de tubérculos da classe segunda nos experimentos II e III. No entanto no experimento I a interação fontes x doses influenciou a produtividade de tubérculos da classe segunda. Ao verificar o desdobramento, constatou-se que na dose de 80 kg ha⁻¹ de N a aplicação de Entec proporcionou maior produtividade e, independentemente da fonte estudada, com o aumento das doses de N aplicadas, verificou-se redução linear da produtividade de tubérculos desta classe (Tabela 29). O que pode ser justificado pelo aumento linear na produção de tubérculos graúdos neste experimento (Tabela 28), indicando que quanto maior a disponibilidade de N, maior o desenvolvimento dos tubérculos. Ressalta-se a maior produtividade de tubérculos da classe segunda no experimento II em relação aos outros experimentos, o que pode ser justificado pela menor produção de tubérculos graúdos verificada neste experimento (Tabela 28).

Em relação à produtividade de tubérculos da classe miúda, houve influência das fontes de N, verificando-se maior produção com aplicação de Entec e sulfato de amônio nos experimentos I e III e, no experimento II a maior produção foi obtida com aplicação de ureia (Tabela 28). Já a aplicação de doses crescentes de N promoveu redução na produtividade de tubérculos da classe miúda somente no experimento III.

De maneira geral, a produção de tubérculos menores (classes segunda e miúda) foi diminuída com o aumento das doses de N, resultado este esperado, uma vez que foi verificado aumento na produção dos tubérculos maiores (Tabela 28). Essa parece ser uma característica da batateira, independentemente do nutriente com disponibilidade incrementada. Fernandes (2013) também verificou na maioria das cultivares de batata estudadas, que o incremento de doses de P promove aumento na produção de tubérculos da classe graúda e diminui a produção de tubérculos da classe miúda. Bangemann et al. (2014) constataram que aplicação de N reduziu a produtividade dos tubérculos menores em comparação com o tratamento sem aplicação de N.

Tabela 29. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio para a produtividade de tubérculos das classes graúda (Exp. II), Primeira (Exp. I) e segunda (Exp. I) da cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
Produtividade graúda (kg ha ⁻¹) Exp. II						
Entec		2.387a	6.843a	5.009a	$y = 408,19 + 35,918^{**}x$	0,73
SA	324	1.220a	2.895b	1.512b	ns	-
Ureia		278a	825b	5.395a	$y = 423,76 - 47,749^{*}x + 0,48100^{**}x^2$	0,94
Produtividade primeira (kg ha ⁻¹) Exp. I						
Entec		15.163a	13.888a	13.533a	$y = 8.380,5 + 122,791^{**}x - 0,57918^{**}x^2$	0,95
SA	8.270	14.393a	13.047a	14.436a	$y = 8.424,3 + 91,323^{**}x - 0,35405^{*}x^2$	0,90
Ureia		11.295b	15.180a	12.511a	$y = 8.047,7 + 82,390^{**}x - 0,31458^{*}x^2$	0,78
Produtividade segunda (kg ha ⁻¹) Exp. I						
Entec		2.980a	1.226a	1.559a	$y = 2.920,1 - 8,971^{**}x$	0,52
SA	2.686	2.385ab	1.208a	1.794a	$y = 2.685,2 - 7,412^{**}x$	0,60
Ureia		1.753b	1.501a	1.129a	$y = 2.636,3 - 9,654^{**}x$	0,99

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Verificando os resultados, nota-se que independentemente da fonte utilizada, a proporção de tubérculos da classe graúda foi maior quando se utilizou as doses de 120 e 160 kg ha⁻¹ de N (Figura 6). Já as porcentagens de tubérculos da classe primeira e segunda foram diminuídas pelas maiores doses de N. Dessa forma, os resultados evidenciam que apesar do aumento das doses de N aumentarem a produção de tubérculos por planta em alguns experimentos (Tabelas 22 e 23), há um equilíbrio de produção destes pela batateira, onde este comportamento caracteriza-se na utilização do N para produção de tubérculos maiores e conseqüente menor produção dos menores tubérculos.

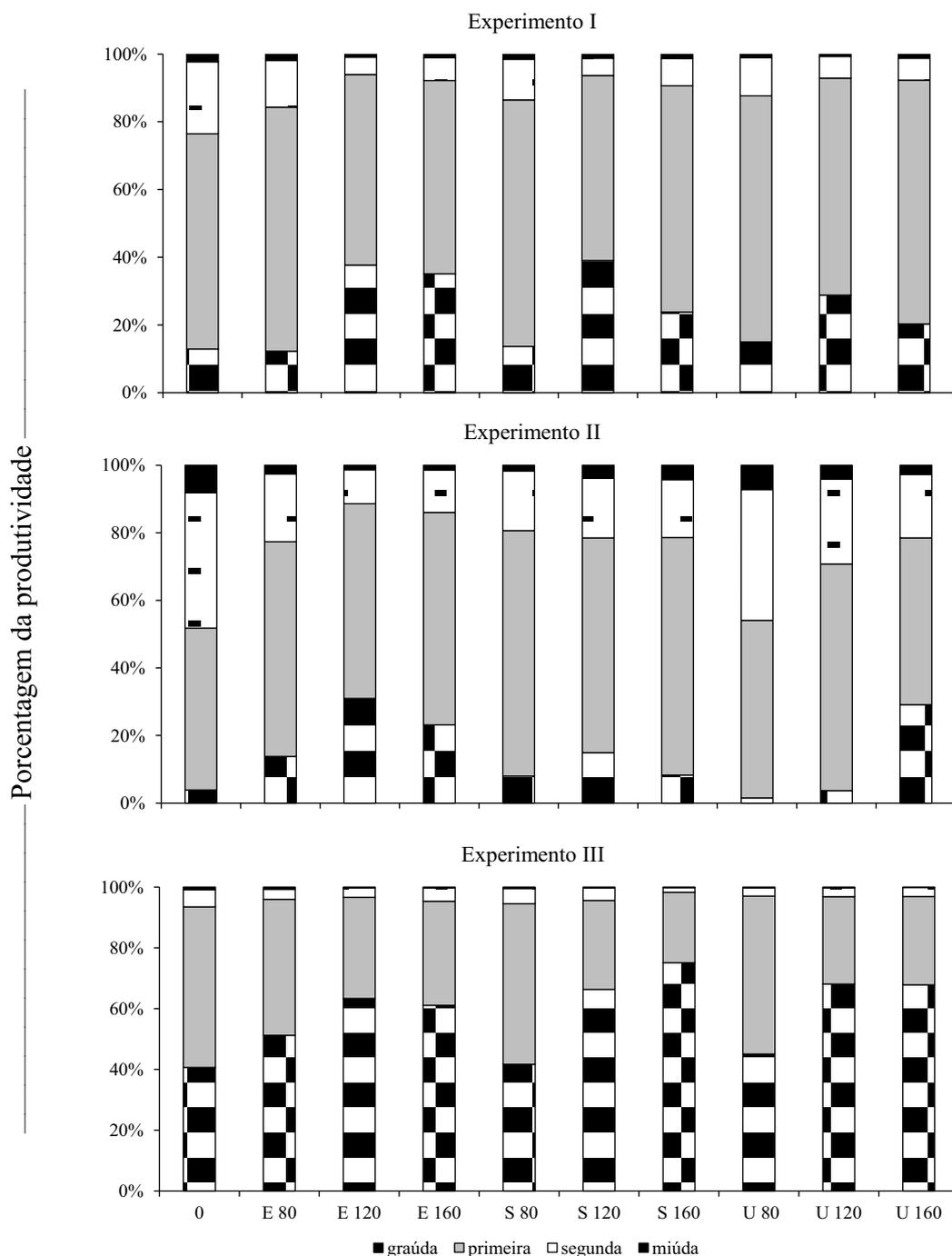


Figura 6. Percentual da produtividade de tubérculos da cultura da batata, cultivada em solo arenoso, em cada classe, em função da aplicação dos fertilizantes nitrogenados E – Entec 26, S – sulfato de amônio e U – ureia, nas doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N.

4.2.4 Peso específico e percentagem de matéria seca nos tubérculos

O peso específico dos tubérculos não foi influenciado pelas fontes de N estudadas em nenhum dos experimentos (Tabela 30). No entanto, o aumento das doses aplicadas reduziu o peso específico de maneira linear no experimento I e de maneira

quadrática até a dose estimada 100 kg ha^{-1} de N no experimento III. Bélanger et al. (2002) e Zebarth et al. (2004) verificaram diminuição linear no peso específico dos tubérculos de batata com o aumento das doses de N aplicadas.

Além disso, no experimento II verificou-se efeito da interação fontes x doses de N no peso específico dos tubérculos (Tabela 30), onde mediante desdobramento constatou-se que na dose de 80 kg ha^{-1} de N a aplicação de sulfato de amônio proporcionou maior valor e na dose de 160 kg ha^{-1} de N o maior peso específico foi proporcionado pela aplicação de Entec (Tabela 31). A influência das fontes de N sobre o peso específico dos tubérculos ainda não está bem definida o que sugere que outros fatores têm forte influência sobre esta variável. Reyes-Cabrera et al. (2014), em experimento realizado em solo arenoso, avaliando três sistemas de irrigação na cultura da batata, encontram diferença no peso específico dos tubérculos e atribuíram isto ao efeito direto das mudanças no teor de umidade no solo. Bero et al. (2014) avaliando o peso específico dos tubérculos de batata verificaram diferença significativa entre as fontes de N estudadas no primeiro ano experimental, já no segundo ano os mesmos não constataram influência das fontes estudadas sobre esta variável, ressalta-se que no primeiro ano a disponibilidade de água foi maior devido a maior quantidade de chuvas, onde os pesquisadores verificaram 753 mm contra 500 mm no segundo ano experimental.

A porcentagem de MS dos tubérculos não foi influenciada pelas fontes de N nos experimentos I e II, no entanto, verificou-se efeito isolado no experimento III, onde aplicação de uréia proporcionou maior percentual de MS (Tabela 30). Com relação a influência das doses crescentes de N, não foi verificado efeito deste fator na porcentagem de MS dos tubérculos, nos experimentos II e III. Entretanto, no experimento I foi verificado que o teor de MS reduziu com o acréscimo das doses de N aplicadas. Apesar deste efeito isolado das doses de N no experimento I, verificou-se também redução linear no peso específico dos tubérculos neste experimento, indicando correlação entre esses fatores. Segundo (AMARO et al., 2003; FELTRAN et al., 2004) o peso específico apresenta correlação positiva com o teor de MS, ou seja quanto maior o conteúdo de MS, maior será o peso específico. Vale ressaltar que independente do experimento o teor MS esteve próximo e até mesmo acima do teor recomendado para o processamento na forma “chips” que é de 20%, conforme recomendação de Oliveira et al. (2006). Característica essa que não é comum para a cultivar Ágata. Evangelista et al. (2011) constataram teor de 14,5% de MS na cultivar Ágata cultivada em solo argiloso. Essa diferença indica que

quando cultivada em solo arenoso a batata apresenta menor teor água, o que sugere baixa capacidade de retenção da mesma neste tipo de solo, não suprindo a planta para o enchimento adequado dos tubérculos. E isto é evidenciado neste estudo, pois constatou-se maior teor de MS e menor produtividade de tubérculos no experimento II (Tabela 26), no qual verificou-se menor precipitação pluvial (Figura 1).

Tabela 30. Peso específico e percentagem de matéria seca dos tubérculos de batata ao final do cultivo em solo arenoso, em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Peso específico			Matéria seca		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)				(%)		
Entec	1,058a ⁽¹⁾	1,060a	1,068a	17,7a	22,8a	18,0b
Sulf. de amônio	1,060a	1,059a	1,073a	18,1a	22,6a	18,2ab
Ureia	1,060a	1,055a	1,074a	18,2a	24,6a	18,7a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	1,062	1,052	1,088	18,6	23,1	18,6
80	1,061	1,054	1,073	18,8	23,4	18,8
120	1,058	1,065	1,071	17,8	23,3	18,0
160	1,058	1,057	1,072	17,4	23,2	18,1
Efeito	(2)	-	(3)	(4)	ns	ns
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0,5	1,3	0,8	5,6	11,9	3,3

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ $y = 1,0628 - 0,00002 \cdot x$ $R^2 = 0,83$; ⁽³⁾ $y = 10875 - 0,0002 \cdot x + 0,000001 \cdot x^2$ $R^2 = 1,00$; ⁽⁴⁾ $y = 18,8346 - 0,0076 \cdot x$ $R^2 = 0,63$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Tabela 31. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para o peso específico (Exp. II) dos tubérculos de batata ao final do cultivo em solo em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
	— Peso específico Exp. II —					
Entec		1,052ab	1,062a	1,067a	ns	-
SA	1,052	1,067a	1,060a	1,050b	ns	-
Ureia		1,042b	1,072a	1,052ab	ns	-

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

4.2.5 Exportação de nutrientes pelos tubérculos

As fontes de N influenciaram a exportação deste nutriente em todos os experimentos (Tabela 32). No experimento I, a aplicação de Entec e sulfato de amônio proporcionaram maior exportação, no experimento II a menor exportação foi verificada com uso do sulfato de amônio e ureia e no experimento III a aplicação de Entec promoveu

maior exportação de N. Indicando, portanto, que os tubérculos foram melhor nutridos por N com a aplicação do Entec. Além disso, no experimento I o incremento das doses de N aplicadas aumentou de forma linear a exportação de N pela cultura da batata, até a dose máxima estudada (160 kg ha^{-1} de N), onde verificou-se exportação de 92 kg ha^{-1} de N. Fernandes et al. (2011) constataram exportação de 69 kg ha^{-1} de N pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso. Essa diferença pode ser atribuída ao maior teor de MS obtido nas condições deste experimento (Tabela 30) se comparado ao teor 14,5% de MS no tubérculo da cultivar Ágata, cultivada em solo argiloso (EVANGELISTA et al., 2011).

Nos experimentos I e II houve interação fontes x doses de N para a exportação de N pela cultura, onde mediante desdobramento os resultados revelaram maior exportação com aplicação de Entec nas doses de 80 e 160 kg ha^{-1} no experimento I e no experimento II a maior exportação de N promovida por esta fonte e pelo sulfato de amônio, foi constatada na dose de 80 kg ha^{-1} . Já na dose de 160 kg ha^{-1} foi a ureia que promoveu maior exportação de N neste experimento (Tabela 33). Já o aumento das doses de N no experimento I proporcionou aumento linear na exportação com aplicação de Entec e ureia, com a aplicação de sulfato de amônio o aumento da exportação ocorreu de forma quadrática até a dose estimada de $127,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. No experimento II as doses crescentes de N fornecido pelas fontes Entec e sulfato de amônio, aumentaram a exportação linearmente e reduziu até a dose estimada de $41,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de N no tratamento com aplicação de ureia, porém com aplicação das maiores doses verificou-se tendência de aumento da exportação de N até a dose máxima estudada. Esses resultados além de constatarem melhor nutrição nitrogenada no tratamento com aplicação de Entec, indicam maior exportação de N com o incremento das doses estudadas. Arrobas e Rodrigues (2009) verificaram correlação positiva entre o teor de N nos tubérculos e sua produção, ou seja, com o aumento da produção (peso e quantidade) aumentou-se o teor de N nos tubérculos.

Com exceção ao experimento I onde foi verificado maiores exportações de P e K com aplicação de Entec, não se verificou nos outros experimentos influência das fontes sobre estas variáveis (Tabela 32). Já a aplicação das doses crescentes de N promoveu aumento quadrático, respectivamente, na exportação destes nutrientes, até a dose estimada de 116,5 e $113,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N no experimento I. No experimento III houve aumento linear da exportação de P e K. No entanto as exportações verificadas respectivamente nos experimentos I, II e III alcançaram na maior dose de N estudada,

valores de 21, 20 e 13 kg ha⁻¹ de P e valores de 103, 93 e 73 kg ha⁻¹ de K (Tabela 32). Fernandes et al. (2011) constataram exportação de 14 e 163 kg ha⁻¹ de P e K pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 32. Exportação de N, P e K pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹								
Entec	95a ⁽¹⁾	72a	78a	26a	19a	13a	121a	95a	71a
Sulf. de amônio	88a	55b	68b	23b	18a	11a	107ab	78a	63a
Ureia	73b	63ab	64b	19c	16a	11a	104b	83a	66a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)									
0	34	27	34	15	8	9	67	40	51
80	66	49	47	21	16	10	104	80	56
120	98	62	77	25	17	12	124	82	71
160	92	79	87	21	20	13	103	93	73
Efeito	-	-	(2)	(3)	-	(4)	(5)	-	(6)
Interação F x D ⁽¹⁾	**	**	ns	ns	**	ns	ns	**	ns
CV (%)	19,2	28,0	16,2	11,3	26,7	18,6	17,2	23,8	13,4

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ $y = 30,2154 + 0,3441**x$ R² = 0,90; ⁽³⁾ $y = 14,9420 + 0,1468**x - 0,00063**x^2$ R² = 0,87; ⁽⁴⁾ $y = 9,0380 + 0,0226**x$ R² = 0,89; ⁽⁵⁾ $y = 66,4547 + 0,8525**x - 0,00375**x^2$ R² = 91; ⁽⁶⁾ $y = 42,7334 + 0,1280**x$ R² = 0,88. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Além disso, no experimento II verificou-se influência da interação fontes x doses de N na exportação de P e K, onde nos tratamentos com aplicação Entec e sulfato de amônio, na dose de 80 kg ha⁻¹ houve maior exportação, na dose 160 kg ha⁻¹ essas fontes promoveram menor exportação (Tabela 33). Além dos efeitos das doses, dentre os quais no tratamento com aplicação de Entec, as doses de N aplicadas promoveram aumento quadrático na exportação de P e K, respectivamente, até a dose estimada de 100,8 e 97,2 kg ha⁻¹ de N. No tratamento com aplicação de sulfato de amônio o aumento na exportação de P e K foi máximo, respectivamente, nas doses estimadas de 96,0 e 97,8 kg ha⁻¹ de N. Com aplicação de ureia, as exportações de P e K foram reduzidas de maneira quadrática, respectivamente, até as doses estimadas de 39,0 e 35,8 kg ha⁻¹, porém com tendência de aumento da exportação até a dose máxima estudada, já que a menor dose estudada foi maior do que as estimadas. Esses resultados também podem ser atribuídos a exportação de nutrientes, uma vez que está diretamente relacionada com a produtividade obtida a qual foi influenciada pelas fontes e doses de N de forma semelhante nos experimentos (Tabela 26).

Tabela 33. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio para a exportação de N (Exp. I e Exp. II), P (Exp. II) e K (Exp. II) pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
— N exportado (kg ha ⁻¹) Exp. I —						
Entec		68ab	101a	118a	$y = 31,339 + 0,539^{**}x$	0,98
SA	34	83a	94a	88b	$y = 33,474 + 0,928^{**}x - 0,00364^{**}x^2$	1,00
Ureia		48b	99a	70b	$y = 34,623 + 0,313^{**}x$	0,57
— N exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		65a	73a	78b	$y = 31,102 + 0,329^{**}x$	0,93
SA	27	56a	59a	52b	$y = 32,732 + 0,172^{*}x$	0,65
Ureia		26b	55a	108a	$y = 26,887 - 0,538^{*}x + 0,00652^{**}x^2$	1,00
— P exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		20a	20a	16b	$y = 7,727 + 0,258^{**}x - 0,00128^{**}x^2$	1,00
SA	8	18a	15a	14b	$y = 7,965 + 0,196^{**}x - 0,00102^{*}x^2$	0,92
Ureia		9b	15a	30a	$y = 7,866 - 0,133^{*}x + 0,00169^{**}x^2$	0,99
— K exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		104a	101a	79b	$y = 39,823 + 1,355^{**}x - 0,00697^{**}x^2$	0,99
SA	40	92a	73a	63b	$y = 40,883 + 0,957^{**}x - 0,00505^{**}x^2$	0,89
Ureia		44b	73a	133a	$y = 40,050 - 0,533^{*}x + 0,00692^{**}x^2$	0,99

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

O Entec e o sulfato de amônio proporcionaram maior exportação de S pela cultura da batata no Experimento I (Tabela 34). No experimento II, a aplicação de Entec proporcionou maior exportação de Ca, Mg e S. Já no experimento III foi verificado maior exportação apenas do Mg com aplicação de Entec. Esses resultados podem ser atribuídos ao mesmo efeito das fontes de N nas produtividades obtidas (Tabela 26 e 28), já que está diretamente relacionada com a exportação de nutrientes. Além disso a presença do inibidor de nitrificação no Entec pode ter permitido maior disponibilidade e conseqüentemente melhor nutrição de Ca e Mg na batateira. Di e Cameron (2004) constataram que a redução de 50% na lixiviação de Ca e de 52% na lixiviação de Mg podem ser atribuídas ao menor teor de NO₃⁻ no solo devido a aplicação de inibidor de nitrificação (diciandiamida - DCD), uma vez que segundo os mesmos esses cátions são acompanhantes do ânion NO₃⁻ na solução do solo.

Mesma relação entre exportação e produtividade também podem justificar o efeito linear da exportação de Ca, Mg e S com o incremento das doses de N no experimento III (Tabela 34), uma vez que neste experimento a produtividade também sofreu mesmo efeito (Tabela 26). Vale ressaltar que mesmo na maior dose estudada a exportação de Mg esteve aquém da obtida por Fernandes et al. (2011) que em experimento

conduzido em solo argiloso, com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N constataram exportação de 2, 7 e 6 kg ha⁻¹ respectivamente de Ca, Mg e S. Esses resultados indicam menor disponibilidade de Mg para nutrir a batateira, possivelmente devido a sua lixiviação causada pelas condições experimentais. Gebrim et al. (2008) constataram que os ânions Cl⁻, NO₃⁻ e SO₄²⁻ no solo de textura média são aqueles que mais bem se correlacionam com as lixiviações do Ca, Mg e K e como neste experimento, com exceção a ureia, as demais fontes de N estudadas possuem S, a disponibilidade desses nutrientes pode ter sido prejudica devido a lixiviação.

Tabela 34. Exportação de Ca, Mg e S pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	kg ha ⁻¹								
Entec	2,1a ⁽¹⁾	2,1a	2,1a	6,0a	5,1a	4,4a	5,7a	8,8a	3,2a
Sulf. de amônio	2,0a	1,6b	1,9a	5,6a	3,9b	3,8b	5,8a	6,8b	3,1a
Ureia	1,8a	1,8ab	1,6a	5,6a	4,2ab	4,1ab	4,2b	7,5ab	2,9a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)									
0	1,5	1,0	1,2	3,3	2,0	2,8	3,2	3,4	1,5
80	1,7	1,6	1,6	5,2	4,0	3,3	4,6	6,7	2,4
120	2,2	1,7	1,9	6,6	4,2	4,2	5,9	7,6	3,3
160	1,9	2,2	2,0	5,4	4,9	4,8	5,2	8,7	3,4
Efeito	-	-	(2)	-	-	(3)	-	-	(4)
Interação F x D ⁽¹⁾	*	**	ns	*	**	ns	*	**	ns
CV (%)	26,3	27,1	29,5	19,8	29,1	16,5	17,7	26,3	19,4

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽²⁾ $y = 1,201 + 0,0054**x$ $R^2 = 0,99$; ⁽³⁾ $y = 2,6533 + 0,0126**x$ $R^2 = 0,93$; ⁽⁴⁾ $y = 1,5218 + 0,0127**x$ $R^2 = 0,97$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Além disso nos experimentos I e II, a interação fontes x doses de N influenciou na exportação de Ca, Mg e S, e ao verificar o desdobramento (Tabela 35), os resultados revelaram que na dose 80 kg ha⁻¹ a exportação desses nutrientes foi menor com a aplicação de ureia. No entanto, no experimento II, na dose 160 kg ha⁻¹ houve efeito inverso a este. No experimento I esses resultados podem ser justificados pela menor produtividade de tubérculos da classe primeira e segunda com aplicação de ureia nas doses 80 kg ha⁻¹ de N e pela maior produtividade de tubérculos graúdos na dose 160 kg ha⁻¹ (Tabela 29). Já no experimento II, as exportações refletem exatamente o efeito da interação fontes x doses de N na produtividade total (Tabela 27).

Com relação ao efeito das doses de N provido por cada fonte estudada, mediante desdobramento da interação, verificou-se aumento linear na exportação de Ca no tratamento com aplicação de Entec no experimento I, no experimento II a doses promoveram aumento de forma quadrática até a dose estimada de 95,8 kg ha⁻¹ de N (Tabela 35). Nos tratamentos com aplicação de sulfato de amônio e ureia, o incremento das doses aplicadas aumentou linearmente a exportação de Ca no experimento II.

Tabela 35. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a exportação de Ca (Exp. I e Exp. II), Mg (Exp. I e Exp. II) e S (Exp. I e Exp. II) pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
— Ca exportado (kg ha ⁻¹) Exp. I —						
Entec		1,7ab	2,3a	2,3a	$y = 1,378 + 0,004*x$	0,77
SA	1,5	2,1a	2,1a	1,7a	ns	-
Ureia		1,4b	2,4a	1,7a	ns	-
— Ca exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		2,3a	2,0a	2,0b	$y = 1,022 + 0,023**x - 0,00012**x^2$	0,92
SA	1,0	1,4b	1,6a	1,8b	$y = 0,981 + 0,005**x$	0,99
Ureia		1,0b	1,6a	2,7a	$y = 0,702 + 0,009**x$	0,71
— Mg exportado (kg ha ⁻¹) Exp. I —						
Entec		5,6ab	6,4ab	6,2a	$y = 3,630 + 0,019**x$	0,88
SA	3,3	6,0a	5,9b	5,1a	$y = 3,329 + 0,054**x - 0,00027**x$	0,99
Ureia		4,1b	7,6a	5,0a	ns	-
— Mg exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		5,6a	5,1a	4,6b	$y = 2,053 + 0,067**x - 0,00032**x^2$	0,98
SA	2,0	4,5a	3,8a	3,3b	$y = 2,053 + 0,047**x - 0,00025**x^2$	0,96
Ureia		2,0b	3,6a	6,9a	$y = 2,034 - 0,033*x + 0,00040**x^2$	0,99
— S exportado (kg ha ⁻¹) Exp. I —						
Entec		4,9a	5,9a	6,2a	$y = 3,249 + 0,019**x$	0,98
SA	3,2	5,6a	6,0a	5,6a	$y = 3,148 + 0,047**x - 0,00020**x^2$	0,99
Ureia		3,1b	5,7a	3,4b	ns	-
— S exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		9,0a	9,2a	8,1b	$y = 3,400 + 0,109**x - 0,00050**x^2$	0,99
SA	3,4	7,3a	7,0a	5,9b	$y = 3,413 + 0,079**x - 0,00040*x^2$	0,99
Ureia		3,8b	6,5a	12,1a	$y = 1,956 + 0,050**x$	0,72

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Com relação a exportação de Mg, o desdobramento da interação revelou respectivamente, nos experimentos I e II, aumento linear, e quadrático até a dose estimada de 104,7 kg ha⁻¹ de N no tratamento com aplicação de Entec. No tratamento com aplicação de sulfato de amônio ambos os experimentos (I e II) revelaram aumento quadrático, respectivamente, até a dose estimada de 100 e 94 kg ha⁻¹ de N (Tabela 35). No

tratamento com aplicação de ureia as doses influenciaram a exportação de Mg somente no experimento II, no qual foi verificada redução quadrática até a dose estimada de 41,3 kg ha⁻¹ de N, mesmo assim com incremento das doses verifica-se tendência de aumento da exportação, com o aumento das doses de N aplicadas.

Tratando-se da exportação de S, verificou-se mediante o desdobramento, que o aumento das doses de N no tratamento com aplicação de Entec, aumentou de forma linear a exportação no experimento I e de forma quadrática até a dose estimada de 109 kg ha⁻¹ de N no experimento II (Tabela 35). Com aplicação de sulfato de amônio as doses de N estudadas aumentaram a exportação de S de forma quadrática até a dose estimada de 117 e 98,9 kg ha⁻¹ de N, respectivamente, nos experimentos I e II. Por fim, a aplicação de ureia somente influenciou na exportação de S no experimento II, no qual foi verificado aumento linear do S com o incremento das doses de N estudadas. O incremento da exportação de Ca é justificado principalmente pelo aumento da produtividade proporcionado pela aplicação de N (Tabelas 26, 27 e 29), uma vez que a redistribuição de Ca²⁺ na planta é pequena (VITTI et al., 2006), já o aumento da exportação de Mg e S podem ser justificados, tanto com aumento da produtividade como pela fácil mobilidade do Mg, o qual é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas e para suprir frutos e tecidos de reserva, já o SO₄²⁻ tem sua redistribuição intimamente ligada com ao metabolismo do N, principalmente por 90% do S das plantas serem componentes da proteína vegetal (VITTI et al., 2006), ou seja quanto maior a alocação de N para os tubérculos maior será o teor de S.

As fontes de N estudadas influenciaram na exportação de Cu nos experimentos I e III, nos quais verificou-se maior exportação deste nutriente com a aplicação de Entec (Tabela 36). Já a interação fontes x doses influenciou na exportação de Cu nos experimentos II e III, onde mediante desdobramento, verificou-se maior exportação com aplicação de Entec na dose 80 kg ha⁻¹ de N no experimento I e na dose 120 kg ha⁻¹ no experimento II. Além disso, o incremento das doses de N, proporcionou aumento na exportação de Cu na maioria dos tratamentos, com exceção ao tratamento com aplicação de Entec no experimento I (Tabela 37). Esses resultados sugerem maior alocação de Cu para os tubérculos com o aumento da disponibilidade de N para a batateira. Segundo Dechen e Nachtigall (2006) compostos nitrogenados solúveis atuam como carregadores de Cu no xilema e floema.

Tabela 36. Exportação de Cu, Fe, Mn e Zn pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

Tratamento	Cobre			Ferro		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	g ha ⁻¹					
Entec	7,8a ⁽¹⁾	18,6a	110,2a	1.056a	937ab	215a
Sulf. de amônio	5,2ab	14,9a	88,6b	992ab	809b	217a
Ureia	4,7b	14,7a	85,4b	882b	1.034a	240a
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	4,2	6,3	68,5	572	419	125
80	6,0	14,0	72,9	908	686	166
120	6,4	15,1	99,2	1.114	1.065	225
160	5,3	19,1	112,1	909	1.030	280
Efeito	ns	-	-	-	-	-
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	*	*	**	**	**
CV (%)	53,9	49,9	21,4	14,6	25,7	20,1
	Manganês			Zinco		
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Exp. I	Exp. II	Exp. III
Fonte (F)	g ha ⁻¹					
Entec	45,9a	44,0a	66,1a	70,9a	127,6a	154,1a
Sulf. de amônio	44,8a	46,7a	66,2a	66,0a	99,3b	128,5b
Ureia	31,2b	51,5a	60,8a	46,0b	114,1ab	120,0b
Dose de N (kg ha ⁻¹) (D)						
0	26,3	25,3	37,7	31,1	65,5	81,7
80	31,1	37,4	55,2	48,1	99,4	99,5
120	48,3	49,1	63,5	70,9	103,4	137,6
160	42,6	55,7	74,5	63,9	138,1	165,5
Efeito	(2)	-	(3)	(4)	-	(5)
Interação F x D ⁽¹⁾	ns	**	ns	ns	**	ns
CV (%)	39,7	36,3	18,6	32,4	24,5	21,1

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro do fator fonte, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ⁽¹⁾ Interação considerando apenas o fatorial 3 (fontes) x 3 (doses). ⁽²⁾ $y = 25,7907 + 0,2351**x$ $R^2 = 0,71$; ⁽³⁾ $y = 37,2948 + 0,2268**x$ $R^2 = 0,99$; ⁽⁴⁾ $y = 32,1353 + 0,2373**x$ $R^2 = 0,84$; ⁽⁵⁾ $y = 73,720 + 0,526**x$ $R^2 = 0,91$. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

A exportação de Fe foi influenciada pelas fontes de N nos experimentos I e II, onde no experimento I a maior exportação deste elemento foi proporcionada pela aplicação de Entec, a exportação intermediária pela aplicação de sulfato de amônio e a menor exportação pela aplicação de ureia (Tabela 36). No experimento II a fonte ureia proporcionou maior exportação de Fe, o Entec proporcionou exportação intermediária e o sulfato de amônio promoveu menor exportação de Fe. Essa variabilidade de resultados indica que além das fontes de N, outros fatores podem interferir na redistribuição de Fe das demais partes da planta para os tubérculos. Segundo Dechen e Nachtigall (2006) a redistribuição do Fe na planta é afetada, negativamente por vários fatores, como alto teor de P ou Mn, deficiência de K e baixa intensidade luminosa. Ressalta-se que na maior dose de N estudada a exportação de Fe nos experimentos I e II

foram respectivamente de 909 e 1.030 g ha⁻¹, valores essas maiores do que os obtidos por Soratto et al. (2011) que constataram exportação de 296 g ha⁻¹ de Fe pela cultivar Ágata, em experimento com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N.

Em todos experimentos foi verificado que a interação fontes x doses de N influenciou a exportação de Fe pela cultura da batata (Tabela 37). Mediante o desdobramento, verifica-se menor exportação com aplicação de ureia nas doses 80 e 160 kg ha⁻¹ no experimento I. No experimento II a aplicação desta fonte proporcionou aumento da exportação na dose 160 kg ha⁻¹ e no experimento III o aumento foi verificado nas doses de 80 e 160 kg ha⁻¹. Essa variabilidade nos resultados sugere novamente que além da fonte de N, há interferência de outro fator na redistribuição de Fe da planta para os tubérculos e conseqüentemente na exportação deste nutriente. Além disso, no experimento I a aplicação de Entec e sulfato de amônio aumentou a exportação de Fe até as doses estimadas de 128,8 e 104,5 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Já no experimento II a exportação de Fe aumentou linearmente com a aplicação de ureia, mas houve aumento até as doses de 105 e 107 kg ha⁻¹ nos tratamentos com aplicação de Entec e sulfato de amônio, respectivamente. Por fim, no experimento III, verificou-se em todas as fontes de N estudadas, que o incremento das doses proporcionou aumento linear na exportação de Fe pela cultura da batata. O aumento da exportação de Fe com o incremento das doses de N pode ser justificado pelo aumento da produtividade proporcionado pela aplicação das doses crescentes de N estudadas (Tabelas 26 e 27).

As fontes de N influenciaram na exportação de Mn de maneira isolada no experimento I, no qual foi verificado menor exportação deste com aplicação de ureia (Tabela 36). Já o aumento das doses de N proporcionou incremento linear na exportação deste nutriente até a dose máxima estudada. Além disso, no experimento II a interação fontes x doses de N influenciou a exportação de Mn pela cultura da batata e ao desdobrar, os resultados revelaram menor exportação na dose de 80 kg ha⁻¹ de N e maior exportação com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N no tratamento com aplicação de ureia (Tabela 37). O aumento das doses de N incrementou de maneira linear a exportação de Mn nos tratamentos com aplicação de Entec e ureia. Os efeitos das fontes nesta interação já eram esperados, uma vez que mediante desdobramento da interação fontes x doses no experimento II, verificou se efeito semelhante no tratamento com aplicação de ureia na produtividade total de tubérculos (Tabela 27).

Tabela 37. Desdobramento da interação significativa entre fontes e doses de nitrogênio aplicado para a exportação de Cu (Exp. II e Exp. III), Fe (Exp. I, Exp. II e Exp. III), Mn (Exp. II) e Zn (Exp. II) pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

Fonte	Dose N (kg ha ⁻¹)				Equação de regressão	R ²
	0	80	120	160		
— Cu exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		22,4a	15,6a	17,8a	ns	-
SA	6,3	11,1b	18,9a	14,7a	$y = 6,85 + 0,065*x$	0,70
Ureia		8,4b	10,9a	24,8a	$y = 3,53 + 0,100**x$	0,68
— Cu exportado (kg ha ⁻¹) Exp. III —						
Entec		73,2a	135,5a	122,0a	$y = 63,1 + 0,408**x$	0,67
SA	68,5	83,7a	77,4b	104,6a	$y = 66,5 + 0,188*x$	0,71
Ureia		61,7a	84,8b	109,6a	$y = 59,0 + 0,245**x$	0,62
— Fe exportado (kg ha ⁻¹) Exp. I —						
Entec		971a	1.158a	1.040a	$y = 564,3 + 8,252**x - 0,03204**x^2$	0,96
SA	572	1.063a	984a	929ab	$y = 579,1 + 9,060**x - 0,04337**x^2$	0,97
Ureia		689b	1.198a	758b	ns	-
— Fe exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		821a	1.219a	772b	$y = 392,3 + 11,844**x - 0,05607**x^2$	0,76
SA	419	753a	963a	712b	$y = 405,5 + 8,541**x - 0,03986*x^2$	0,87
Ureia		484a	1.012a	1.606a	$y = 235,8 + 7,158**x$	0,79
— Fe exportado (kg ha ⁻¹) Exp. III —						
Entec		116b	233a	296a	$y = 93,7 + 1,097**x$	0,73
SA	125	197a	241a	211b	$y = 136,7 + 0,631**x$	0,76
Ureia		186a	202a	333a	$y = 106,9 + 1,159**x$	0,82
— Mn exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		36,5ab	53,1a	42,3b	$y = 27,0 + 0,137*x$	0,65
SA	25,3	52,2a	45,3a	42,7b	ns	-
Ureia		23,6b	48,9a	82,0a	$y = 14,7 + 0,335**x$	0,71
— Zn exportado (kg ha ⁻¹) Exp. II —						
Entec		133,1a	131,6a	118,0b	$y = 65,8 + 1,314**x - 0,00621**x^2$	0,99
SA	65,5	116,7a	92,3ab	89,0b	$y = 67,0 + 0,910*x - 0,00500*x^2$	0,82
Ureia		48,5b	86,4b	207,3a	$y = 66,9 - 1,524**x + 0,01484**x^2$	0,99

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, dentro das doses de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N, não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade. ns, * e ** são: não-significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Houve influência das fontes de N na exportação de Zn em todos os experimentos, onde no experimento I a maior exportação foi proporcionada pela aplicação de Entec e sulfato de amônio e nos demais apenas verificou-se maior exportação com aplicação de Entec (Tabela 36). Como a extração de Zn somente foi influenciada pelas fontes no experimento II (Tabela 20) esses resultados indicam que a aplicação de Entec proporcionou maior translocação de Zn para os tubérculos. Barunawati et al. (2013) avaliando o efeito de fontes de N na alocação de micronutrientes nos grãos de trigo verificaram que o tratamento com aplicação de ureia + inibidor de nitrificação (DCD) promoveu maior teor de Zn nos grãos que os tratamentos sem aplicação e com aplicação de nitrato de amônio.

Nos experimentos I e III verificou-se que a aplicação de doses crescentes de N promoveu aumento linear na exportação de Zn (Tabela 36). A interação fontes x doses de N influenciou a exportação de Zn pela cultura da batata, semelhantemente ao efeito na exportação de Mn, onde mediante o desdobramento os resultados também revelaram no tratamento com aplicação de ureia, menor exportação na dose de 80 kg ha⁻¹ de N e maior exportação com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N (Tabela 37). Confirmando portanto, que mesmo que diferentes fontes de N influenciem na absorção e redistribuição de muitos nutrientes, há maior relação da exportação com a produtividade. Além disso, o aumento das doses de N provido pelas fontes, incrementou de maneira quadrática a exportação de Zn nos tratamentos com aplicação de Entec e sulfato de amônio, respectivamente, até a dose estimada de 105,8 e 91,0 kg ha⁻¹ de N e reduziu a exportação de Zn de forma quadrática no tratamento com aplicação de ureia até a dose estimada de 51 kg ha⁻¹, porém com tendência de aumento até a dose máxima estudada. O aumento da exportação de Zn com o incremento das doses de N indica que a disponibilidade N pode proporcionar maior redistribuição deste nutriente para os tubérculos. Wang et al. (2014) verificaram incremento do teor de Zn nos grãos de trigo com o aumento das doses de N até a dose máxima estudada de 240 kg ha⁻¹ de N.

4.3 Estudo sobre manejo do fertilizante Entec 26

4.3.1 Diagnose foliar

O teor de N nas folhas foi influenciado pela adubação nitrogenada em todos os experimentos (Tabela 38). No experimento IV, verificou-se efeito da aplicação de N, em comparação à testemunha. No experimento V, apenas nos tratamentos com o parcelamento do N, os teores de N na folha da batateira diferiram da testemunha. Já no experimento VI todos os tratamentos com aplicação de N proporcionaram maiores teores deste nutriente nas folhas da batateira, porém, com valores significativamente maiores com o parcelamento da adubação. Esses resultados indicam melhor nutrição nitrogenada da cultura da batata com aplicação de N de forma parcelada, especialmente sob condições de maior precipitação pluvial como ocorreu no experimento IV (Figura 1), evidenciando a ocorrência de perdas de N quando toda dose é aplicada no plantio, mesmo utilizando um fertilizante com inibidor de nitrificação, como é o Entec. Segundo Fontes (1987), o parcelamento da adubação nitrogenada é benéfico, especialmente, em regiões com excesso de chuva e solos arenosos, concordando com Wolkowski et al. (1995), que afirmam que as

frequentes perdas de N em solos arenosos podem ser reduzidas pela aplicação de N em cobertura.

Tabela 38. Teores de macronutrientes na folha diagnose das plantas de batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	g kg ⁻¹								
0	38b	31b	37d	3,7b	3,4c	4,4a	51a	27b	45b
120 kg ha ⁻¹ plantio	47a	33b	42c	4,3ab	3,2c	4,8a	39b	20c	50b
120 kg ha ⁻¹ parcelado	47a	46a	51b	4,4a	4,6ab	4,8a	41b	28b	58a
160 kg ha ⁻¹ plantio	48a	31b	43c	4,9a	3,8bc	5,1a	44ab	29ab	57a
160 kg ha ⁻¹ parcelado	48a	45a	57a	4,6a	4,9a	4,8a	48ab	33a	55a
CV(%)	9,2	6,7	5,9	9,0	13,2	11,8	13,7	8,8	6,4
	Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	g kg ⁻¹								
0	16,7a	10,4a	17,0a	3,0c	2,8ab	4,1a	2,8a	1,5a	2,7b
120 kg ha ⁻¹ plantio	12,4b	7,4b	17,6a	3,3bc	2,3b	3,7a	3,0a	1,3a	3,0ab
120 kg ha ⁻¹ parcelado	13,5b	6,7b	12,4a	3,6ab	3,0ab	3,6a	2,7a	1,1a	3,3a
160 kg ha ⁻¹ plantio	11,4b	9,6a	14,4a	3,2c	2,5ab	3,8a	3,1a	1,3a	3,1ab
160 kg ha ⁻¹ parcelado	14,0ab	10,0a	12,2a	3,7a	3,5a	3,7a	3,1a	1,5a	3,3a
CV(%)	13,9	15,1	28,5	8,1	23,0	11,4	10,3	22,6	12,8

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Vale ressaltar que nos experimentos IV e VI, sob ausência de adubação nitrogenada o teor de N na folha diagnose permaneceu abaixo do intervalo considerado adequado por Lorenzi et al. (1997), que é de 40 a 50 g kg⁻¹ (Tabela 38). Já no experimento V os valores desta faixa só foram atingidos nos tratamentos com aplicação parcelada do N. Isso sugere que nas condições de solo arenoso a disponibilidade de N é altamente comprometida, uma vez que Fernandes et al. (2011), estudando a cultivar Ágata em condições de solo argiloso, constataram teor de 53 g kg⁻¹ de N na folha diagnose da batateira, com a aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia (65% no plantio + 35% aos 29 DAP). Já Luz et al. (2014), em experimento também conduzido em solo argiloso, com adubação nitrogenada parcelada 20% no plantio e 80% aos 30 DAP, verificaram aumento linear no teor de N na folha diagnose da cultivar Asterix até a dose máxima estimada de 280 kg ha⁻¹ de N, no qual conferiram teor de 74 g kg⁻¹ de N.

A aplicação de N influenciou no teor de P na folha diagnose, onde no experimento IV independentemente do manejo, a aplicação de N proporcionou maior teor de P, quando comparado a testemunha (Tabela 38). No experimento V não foi

verificado diferença do teor de P na folha diagnose entre os tratamentos testemunha e com aplicação de 120 e 160 kg ha⁻¹ de N no plantio, já quando parcelada esta dose proporcionou aumento no teor de P. A não influência da aplicação de N no teor de P na folha diagnose do experimento VI, pode ser justificado pelo alto teor de P no solo (> 60 mg dm⁻³) (Tabela 1), de acordo com Lorenzi et al. (1997) (Tabela 38). De maneira geral, esses resultados sugerem que a adubação nitrogenada pode contribuir para a melhor nutrição fosfatada da batateira em solos arenosos com teor de P até a faixa considerada média (25 a 60 mg dm⁻³) por Lorenzi et al. (1997). Rosen et al. (2014) citaram em revisão que a presença de N-NH₄⁺ em combinação com íons de P₂O₅ podem estimular a absorção de P pelas plantas.

O teor de K na folha diagnose foi influenciado pela adubação nitrogenada em todos os experimentos (Tabela 38). No experimento IV a aplicação de N diminuiu o teor deste com a aplicação da dose de 120 kg ha⁻¹. No experimento V, verificou-se diminuição deste teor na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, o qual foi menor que o teor verificado com a aplicação da dose de 160 kg ha⁻¹. Já no experimento VI não foi verificado diferença do teor de K na folha diagnose entre a testemunha e o tratamento com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio, no entanto, quando parcelada esta dose proporcionou aumento no teor de K semelhante ao obtido com aplicação dose de 160 kg ha⁻¹ de N. Dessa forma, os resultados indicam que sob as condições estudadas, a maior pode melhorar a nutrição de K na batateira. Fernandes et al. (2011) verificaram teor de 82 g kg⁻¹ de K na folha diagnose da cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N de forma parcelada. Vale destacar que apesar do experimento V apresentar teor de K abaixo da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997), que é de 40 a 65 g kg⁻¹, nos outros experimentos o teor de K permaneceu dentro desta faixa, independentemente das doses de N aplicadas, porém abaixo da faixa de teores de 93 a 115 g kg⁻¹, considerada adequada por Jones Junior (1991).

Verificou-se que a aplicação de N promoveu redução no teor de Ca no experimento IV. Já no experimento V, somente na dose 160 kg ha⁻¹ esse teor pôde ser equiparado ao teor verificado na testemunha. Esses resultados sugerem que a aplicação do fertilizante Entec promove redução do Ca disponível no solo, provavelmente devido sua composição, que além de possuir NH₄⁺, o qual pode diminuir a absorção de Ca²⁺ pelas raízes (VITTI et al., 2006). Também possui NO₃⁻ e SO₄²⁻, os quais segundo Foloni e Rosolem (2006) possuem afinidade para a formação de pares iônicos com os cátions Ca²⁺ e

Mg²⁺ e devido à alta solubilidade, estes tornam-se altamente susceptíveis a lixiviação. A não influência do N no teor de Ca e Mg no experimento VI, pode ser atribuído aos maiores teores destes nutrientes no solo deste experimento (Tabela 1), inclusive não necessitando da realização de calagem (Tabela 2).

A aplicação de N influenciou no teor de Mg na folha diagnose (Tabela 38). Onde no experimento IV, as doses de N estudadas promoveram aumento deste teor, principalmente nos tratamentos com aplicação de forma parcelada. No entanto, com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N no plantio, o teor observado foi semelhante ao obtido no tratamento testemunha. Já no experimento V aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio reduziu o teor de Mg nas folhas, sendo que neste experimento somente foi verificado aumento no teor deste nutriente com a aplicação da maior dose aplicada, de forma parcelada. Esses resultados evidenciam susceptibilidade do Mg²⁺ em interagir com as altas concentrações de NO₃⁻ e SO₄²⁻ fornecidos pelo Entec, formando compostos sujeitos a lixiviação, e conseqüentemente não aumentando nutrição de Mg na batateira.

Ressalta-se que nos experimentos IV e VI os teores de Ca e Mg estiveram dentro da faixa considerada adequada por Lorenzi et al. (1997) as quais respectivamente são 10 a 20 g kg⁻¹ e 3 a 5 g kg⁻¹. No experimento II o teor de Ca esteve dentro do estabelecido por Jones Junior (1991) que é de 7,6 a 10 g kg⁻¹ e o de teor de Mg abaixo do recomendado (Tabela 38). Fernandes et al. (2011) verificaram teor de 17,4 g kg⁻¹ de Ca e 3,7 g kg⁻¹ de Mg na folha diagnose da cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N de forma parcelada, o que sugere maior potencial de nutrição de Ca e Mg na batateira cultivada em solos argilosos. Segundo Vitti et al. (2006) embora a maioria dos solos contenha Mg suficiente para suportar o crescimento das plantas, podem ocorrer deficiências mais frequentemente em solos arenosos, ácidos, formados em condições de elevado índice pluvial.

Com exceção ao efeito isolado da aplicação de N sobre o teor de S na folha diagnose no experimento VI, no qual verificou-se maior nutrição de S com a aplicação de N. Não foi verificado influência da adubação nitrogenada nesta variável nos demais experimentos (Tabela 38). Esses resultados podem ser atribuídos a presença de S na formulação do Entec. Além disso somente no experimento V foi verificado teores de S na folha diagnose abaixo do intervalo considerado adequado por Lorenzi et al. (1997) que é de 2,5 a 5,0 g kg⁻¹. Fernandes et al. (2011) verificaram teor de 2,7 g kg⁻¹ de S na folha

diagnose da cultivar Ágata cultivada com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

O teor de Cu na folha diagnose da batateira foi influenciado pela aplicação de N nos experimentos IV e V (Tabela 39). No experimento IV verificou-se que na aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N no plantio esse teor sobressaiu em relação aos demais. No experimento V, verificou-se que somente o parcelamento da aplicação do N incrementou o teor de Cu, onde foi verificado maior valor com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N. Independentemente da aplicação de N nos experimentos IV e VI, os respectivos teores foliares médio desse nutriente (7,3 mg kg⁻¹ e 15,9 mg kg⁻¹) ficaram dentro do intervalo considerado como adequado por Lorenzi et al. (1997) e Jones Junior (1991), que é de 7 a 20 mg kg⁻¹, já no experimento V o teor médio de Cu na folha diagnose ficou acima do recomendado por esses pesquisadores, o que pode ser justificado pela aplicação de 50 kg ha⁻¹ do fertilizante FTE no plantio, que possui 7,5% de Cu em sua formulação. Soratto et al. (2011) constataram teor de 41 mg kg⁻¹ de Cu na folha diagnose da cultivar Ágata cultivada com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N, de forma parcelada.

Tabela 39. Teores de micronutrientes na folha diagnose das plantas de batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Cobre			Ferro		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	mg kg ⁻¹					
0	5,9b	28,3b	15,2a	665a	677b	614a
120 kg ha ⁻¹ plantio	7,3ab	32,8b	15,7a	798a	1.055a	473ab
120 kg ha ⁻¹ parcelado	7,3ab	39,1a	16,8a	557a	902b	344b
160 kg ha ⁻¹ plantio	9,3a	31,4b	17,3a	634a	441c	392b
160 kg ha ⁻¹ parcelado	6,8ab	33,5ab	14,7a	469a	401c	473ab
CV(%)	22,2	11,9	19,4	39,0	14,5	30,5
	Manganês			Zinco		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	mg kg ⁻¹					
0	534a	499ab	500ab	75,5a	64,4a	103,0a
120 kg ha ⁻¹ plantio	493ab	556a	550a	59,2a	60,2ab	94,4a
120 kg ha ⁻¹ parcelado	430b	422b	550a	68,0a	57,9bc	93,8a
160 kg ha ⁻¹ plantio	466ab	469ab	451b	63,5a	57,8bc	99,9a
160 kg ha ⁻¹ parcelado	486ab	410b	539ab	64,1a	53,7c	94,8a
CV(%)	9,5	16,2	11,6	17,3	6,3	7,9

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

O teor de Fe na folha diagnose do experimento IV não foi influenciado pela aplicação de N, permanecendo em média com teor de 624,6 mg kg⁻¹

(Tabela 39). No entanto, no experimento V, no tratamento com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio, verificou-se aumento deste teor. No tratamento com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N, o teor de Fe na folha diagnose foi menor em comparação com a testemunha. Já no experimento VI, a aplicação do fertilizante nitrogenado diminuiu o teor de Fe na folha diagnose da batateira. De maneira geral, os teores foliares de Fe obtidos, ficaram bem acima do intervalo considerado adequado para a cultura por Lorenzi et al. (1997) e Jones Junior (1991), que é de 50 a 100 mg kg⁻¹. O que pode ser justificado pela disponibilidade inicial de nutriente no solo (Tabela 1) e possivelmente devido ao aumento da absorção deste micronutriente promovido pela irrigação. Segundo Karim et al. (2012) a absorção de micronutrientes pelas plantas aumenta em áreas bem irrigadas. Soratto et al. (2011) verificaram teor de 520 mg kg⁻¹ de Fe na folha diagnose da cultivar Ágata, cultivada com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N de forma parcelada.

O teor de Mn na folha diagnose foi influenciado pela aplicação de N em todos os experimentos (Tabela 39). No experimento IV, os teores foram reduzidos com a adubação nitrogenada, principalmente quando foi parcelado a dose de 120 kg ha⁻¹ de N. No experimento V, somente foi verificado aumento do teor de Mn na folha, com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio, sendo que a aplicação das doses de forma parcelada promoveu redução no teor de Mn foliar, se comparado com a testemunha. Já no experimento VI a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N tanto no plantio como de forma parcelada promoveram aumento do teor de Mn na folha diagnose da batateira. Por meio destes resultados, nota-se que o aumento da disponibilidade de N, através do parcelamento da aplicação da dose, promoveu redução do teor de Mn na folha diagnose. Ressalta-se, que os valores obtidos em todos os experimentos ficaram acima da faixa considerada adequada para a batateira, que é de 30 a 250 mg kg⁻¹ (LORENZI et al., 1997; JONES JUNIOR, 1991). Resultados que podem ser justificados, devido à aplicação de fungicida contendo o ingrediente ativo mancozebe em sua formulação, o qual é composto por Mn (Tabelas 3, 4 e 5). Soratto et al. (2011) constataram teor de 449 mg kg⁻¹ de Mn na folha diagnose da cultivar Ágata cultivada com aplicação de 129,4 kg ha⁻¹ de N.

O teor de Zn na folha foi influenciado isoladamente pelos tratamentos no experimento V (Tabela 39). No qual a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N parcelado e a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N, independentemente do manejo, diminuíram o teor de Zn. Nos demais experimentos não foi verificado influência da aplicação de N no teor de Zn da folha diagnose. No entanto, os teores médios foram de 66,1, 58,8 e 97,2 mg kg⁻¹,

respectivamente, nos experimentos IV, V e VI, o quais com exceção ao experimento V ficaram acima da faixa considerada como adequada por Lorenzi et al. (1997), que está entre 20 a 60 mg kg⁻¹. Contudo, em todos experimentos os teores de Zn foliar se enquadraram dentro do intervalo de 45 a 250 mg kg⁻¹, proposto como adequado por Jones Junior (1991). Soratto et al. (2011) verificaram teor de 76 mg kg⁻¹ na folha diagnose da cultivar Ágata. Os maiores teores constatados no experimento VI, podem ser atribuídos a aplicação dos fungicidas metiram aos 26 DAP e mancozebe aos 41 DAP (Tabela 5), que possuem Zn em sua composição.

4.3.2 Matéria seca acumulada e extração de nutrientes pela planta

A quantidade de MS acumulada nas raízes não foi influenciada pela aplicação de N nos experimentos IV e V (Tabela 40). Entretanto, no experimento VI verificou-se diminuição do acúmulo de MS destas com a adubação nitrogenada. Esses resultados indicam que o N não é o principal fator a influenciar no desenvolvimento radicular. Fernandes (2013) verificou maior acúmulo de MS pelas raízes, em solo com teores menores de P, indicando, portanto, que quando há alta disponibilidade P o sistema radicular pouco desenvolve. Como neste experimento o teor de P no solo encontrava-se dentro da faixa considerada de médio a alto (Tabela 1), as doses de N provavelmente não promoveram incremento no acúmulo de MS das raízes.

Com relação ao acúmulo de MS na parte aérea, verifica-se que a aplicação N influenciou nesta variável em todos os experimentos (Tabela 40). No experimento IV as doses no plantio somente influenciaram quando utilizou-se 160 kg ha⁻¹ de N, mesmo assim esse incremento foi inferior ao verificado com aplicação parcelada das doses estudadas. No experimento V, a aplicação de N promoveu aumento no acúmulo de MS em todos os tratamentos, sendo que na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, o manejo não influenciou na quantidade de MS acumulada, porém os acúmulos foram maiores que os verificados com aplicação da dose de 160 kg ha⁻¹ no plantio, a qual quando parcelada promoveu o maior incremento no acúmulo de MS da parte aérea se comparado aos outros tratamentos. Já no experimento VI verificou-se que a aplicação de N proporcionou maior acúmulo de MS na parte aérea da batateira e este incremento foi acentuado quando se parcelou as doses aplicadas. Por meio destes resultados, observa-se que o parcelamento das doses de N proporcionou melhor desenvolvimento da parte aérea da batateira, possivelmente devido a melhor disponibilidade deste nutriente. Rens et al. (2014)

avaliando o acúmulo de MS na parte aérea da batateira, verificaram acúmulo acentuado desta até a colheita, após a aplicação do N em cobertura. O N como componente da clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2013), faz com que seu manejo seja um dos principais problemas no cultivo de batata, pois afeta vários parâmetros de crescimento de batata, incluindo a distribuição de MS na planta (DUCHENNE et al., 1997).

Tabela 40. Quantidade de matéria seca acumulada nas raízes, parte aérea, tubérculos e pela planta inteira de batata cultivada em solo arenoso em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.

Manejo do N	Raízes			Parte Aérea		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹					
0	10,0a	11,1a	20,1a	233b	172d	348c
120 kg ha ⁻¹ plantio	7,1a	12,3a	18,2ab	233b	343b	544b
120 kg ha ⁻¹ parcelado	6,3a	12,0a	15,6b	400a	391b	823a
160 kg ha ⁻¹ plantio	5,9a	10,0a	19,5ab	333ab	237c	532bc
160 kg ha ⁻¹ parcelado	8,4a	13,3a	17,2ab	383a	498a	790a
CV(%)	36,3	23,2	15,1	27,4	12,0	20,3
	Tubérculos			Planta inteira		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹					
0	1.965b	1.815c	1.819c	2.208c	1.997c	2.187c
120 kg ha ⁻¹ plantio	2.056bc	3.756b	2.796b	2.297bc	4.111b	3.358b
120 kg ha ⁻¹ parcelado	3.349a	4.339ab	4.067a	3.756a	4.742ab	4.906a
160 kg ha ⁻¹ plantio	3.164ab	2.532c	2.669bc	3.503ab	2.779c	3.221bc
160 kg ha ⁻¹ parcelado	3.526a	4.599a	3.454ab	3.918a	5.111a	4.260ab
CV(%)	26,5	14,6	19,4	26,0	13,6	18,9

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

O manejo das doses de N influenciou no acúmulo de MS dos tubérculos e refletiu diretamente no acúmulo de MS da planta inteira (Tabela 40). O que já era esperado, devido à grande proporção da MS dos tubérculos na planta de batata. Diante disto, verificou-se maior acúmulo na aplicação parcelada das doses no experimento IV. Nos experimento V e VI a dose de 120 kg ha⁻¹ de N aumentou o acúmulo de MS, no entanto, quando se parcelou as doses estudadas, o incremento da MS foi maior. Esses resultados indicam que o parcelamento de N proporciona melhor desenvolvimento dos tubérculos e da planta inteira, possivelmente devido as menores perdas do N aplicado e conseqüentemente melhor aproveitamento deste. Segundo Fernandes e Soratto (2012) a melhor forma de fornecimento de nutrientes para a batateira, é aquela que assegura o máximo aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Assim, o parcelamento da adubação

nitrogenada pode melhorar seu aproveitamento (FONTES, 1987), principalmente em solos arenosos, devido à solubilidade deste nutriente, o qual torna-se altamente susceptível a lixiviação (RENS et al., 2014).

Tabela 41. Quantidade de matéria seca acumulada nos tubérculos ao final do cultivo de plantas de batata cultivadas em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Tubérculos final		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹		
0	2.422b	1.661b	2.763c
120 kg ha ⁻¹ plantio	3.053b	2.656b	3.865bc
120 kg ha ⁻¹ parcelado	4.503a	4.684a	4.669ab
160 kg ha ⁻¹ plantio	4.145a	2.813b	3.847bc
160 kg ha ⁻¹ parcelado	4.221a	4.144a	5.092a
CV(%)	12,9	26,6	19,3

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

A quantidade de MS acumulada nos tubérculos ao final do cultivo foi influenciada pela aplicação de N em todos os experimentos (Tabela 41). No entanto, no experimento IV, a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio não incrementou o acúmulo de MS, diferentemente do efeito constatado pelo parcelamento desta dose, além disso, o manejo da dose 160 kg ha⁻¹ também não influenciou no acúmulo de MS, onde o incremento verificado com aplicação desta dose, não diferiu significativamente do acúmulo proporcionado pela aplicação parcelada de 120 kg ha⁻¹ de N. No experimento V, somente os tratamentos com aplicação parcelada do N aumentaram o acúmulo de MS dos tubérculos ao final do cultivo. Já no experimento VI os tratamentos com aplicação de N aumentaram este acúmulo se comparado a testemunha, além disso, quando parcelada, as doses aumentaram o acúmulo de MS. Esses resultados evidenciam que o parcelamento das doses de N proporcionou maior disponibilidade de N no solo, o qual supriu melhor as necessidades da planta para promover acúmulo contínuo de MS nos tubérculos. Segundo Duchenne et al. (1997) mesmo após alcançar seu máximo acúmulo de MS na parte aérea, as raízes da batateira permanecem capazes de absorver N até o final do ciclo.

A extração de N foi influenciada pela aplicação e pelo manejo do adubo nitrogenado nos três experimentos (Tabela 42). Onde no experimento IV, além do parcelamento ter promovido maior extração, independentemente da forma de aplicação, esta foi mais acentuada com a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N. No experimento V, a

aplicação de 120 kg ha⁻¹ proporcionou maior extração de N que a aplicação da maior dose no plantio. Mesmo assim, essa extração foi menor que a verificada nos tratamentos com parcelamento, o qual promoveu maior extração de N quando se parcelou a dose de 160 kg ha⁻¹ de N. Já no experimento VI, as doses aplicadas no plantio aumentaram a extração de N de forma semelhante entre as doses, no entanto, o parcelamento proporcionou maior extração. Pode-se supor por meio desses resultados, que tanto o parcelamento como o aumento da dose parcelada promovem aumento na extração de N. Segundo Duchenne et al. (1997) a razão de não se alcançar um máximo nível de absorção de N em experimentos realizados com a cultura da batateira, deve a característica da planta em absorver e acumular continuamente o N, o qual pode ser armazenado ou utilizado para suprir a planta e desenvolver os tubérculos até o fim do ciclo, o que é caracterizado como consumo de luxo. Fernandes et al. (2011) constataram acúmulo máximo de 90 kg ha⁻¹ de N pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

Tabela 42. Quantidades totais de macronutrientes extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹								
0	29d	30d	28c	3,0c	4,1b	9,3c	92b	48b	48c
120 kg ha ⁻¹ plantio	37cd	68c	51b	4,1bc	9,1a	11,9abc	88b	110a	71b
120 kg ha ⁻¹ parcelado	69ab	88b	82a	6,6ab	9,2a	15,1a	135ab	109a	102a
160 kg ha ⁻¹ plantio	56bc	38d	54b	5,9bc	5,1b	10,1bc	123ab	67b	73b
160 kg ha ⁻¹ parcelado	94a	104a	84a	7,5a	9,2a	13,9ab	146a	112a	90ab
CV(%)	29,5	15,4	22,8	27,6	18,7	22,1	28,3	15,6	18,8
	Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹								
0	10b	7c	12b	4,8b	2,9b	2,6b	2,7c	3,8c	3,8c
120 kg ha ⁻¹ plantio	11b	14b	14ab	6,9ab	6,2a	3,8ab	3,1bc	7,2b	5,8b
120 kg ha ⁻¹ parcelado	19a	15ab	17a	10,2a	6,1a	4,6a	4,3ab	7,7ab	7,8a
160 kg ha ⁻¹ plantio	15ab	9c	16ab	8,1ab	3,1b	3,6ab	4,7a	4,7c	5,7b
160 kg ha ⁻¹ parcelado	19a	16a	18a	10,8a	6,0a	4,9a	4,9a	8,9a	6,6ab
CV(%)	23,5	11,9	18,5	27,3	21,4	27,1	25,2	17,7	20,3

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Tanto a extração de P como a extração de K foram afetadas pela aplicação e pelo manejo das doses de N aplicadas (Tabela 42). No experimento IV verificou-se que o parcelamento das doses incrementou a extração destes nutrientes. No

experimento V, apenas a aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N no plantio não proporcionou aumento da extração do P e K. Já no experimento VI o parcelamento também proporcionou maior extração desses nutrientes. Esses resultados refletem o efeito das doses e do manejo do N sobre o acúmulo de MS dos tubérculos e da planta inteira (Tabela 40), por estarem diretamente relacionados com extração de nutrientes. Todavia estima-se que a extração por esses nutrientes poderia ser maior, uma vez que Fernandes et al. (2011) terem constatado em experimento realizado em solo argiloso, extração de 14 e 166 kg ha⁻¹ respectivamente de P e K pela cultivar Ágata, com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

A extração de Ca e Mg pela cultura da batata foi influenciada de maneira semelhante pela aplicação de N, onde no experimento IV verifica-se que independente da dose de N estudada, a aplicação parcelada proporcionou maior extração destes nutrientes (Tabela 42). No experimento V a aplicação de N no promoveu aumento na extração de Ca e Mg, no entanto, sendo que a extração de Ca foi maior com o parcelamento das doses. Já no experimento VI todos os tratamentos com aplicação de N extrariam esses nutrientes em maior quantidade, se comparado a testemunha. Esses resultados refletem o acúmulo de MS na planta (Tabela 40). Além disso, como o Ca é componente estrutura das plantas e o Mg compõe a clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2013), é de se esperar que a absorção desses nutrientes seja proporcional ao desenvolvimento da batateira provido pela aplicação e manejo do N. Mesmo assim, a extração destes nutrientes ficou aquém do constatado por Fernandes et al. (2011), os quais verificaram acúmulo de 34 e 8 kg ha⁻¹ respectivamente de Ca e Mg pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia. Isso também sugere menor disponibilidade desses nutrientes em solos arenosos.

A aplicação de N influenciou na extração de S em todos experimentos (Tabela 42). No experimento IV a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N de forma parcela proporcionou maior extração de S que no tratamento com aplicação desta dose no plantio, já com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N, independentemente do manejo, verificou-se maior extração do S. No experimento V, com relação as doses aplicadas no plantio, somente a dose de 120 kg ha⁻¹ de N proporcionou maior extração de S. Além disso, o parcelamento das doses neste experimento aumentou a extração deste nutriente de forma mais acentuada. Já no experimento VI, a aplicação de N promoveu maior exportação do S e com o parcelamento das doses, a extração foi mais acentuada. De maneira geral esses

resultados podem ser justificados pelo semelhante efeito das doses e manejos do N aplicados sobre o acúmulo de MS pela cultura da batata (Tabela 41). Uma vez que essa variável está diretamente relacionada com a extração de nutrientes. Assim, devido ao fato do S absorvido ser incorporado a esqueletos carbônicos, formando componentes orgânicos para abastecer as áreas de crescimento (ALVAREZ V et al., 2007) a extração deste nutriente, quando disponível no solo, é proporcional ao desenvolvimento das plantas.

Apesar da menor absorção de nutrientes observadas nestes experimentos, em comparação com os obtidos em solo argiloso, de maneira geral, a extração dos macronutrientes estudados, seguiram a mesma ordem de extração constatada em 5 diferentes cultivares de batata, por Fernandes et al. (2011) que de maneira decrescente foi: $K > N > Ca > P > Mg > S$. Esses resultados sugerem que independentemente da disponibilidade destes nutrientes promovida por meio de adubação, a batateira irá absorver os mesmos nesta ordem, indicando portanto que a menor extração de macronutrientes verificada neste experimento foi promovida, dentre outros fatores, principalmente pela textura arenosa do solo. Segundo Raij (1991) a energia de retenção dos cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nos colóides do solo segue uma série denominada liotrófica, resultando na maior lixiviação de K em solos bem drenados. Ahmadi et al. (2011) avaliando a absorção de N em função diferentes classes texturais de solo constataram extração 37,8% maior no solo com textura média em comparação com a extração de N obtida pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

A extração de Cu foi influenciada pelas doses e pelo manejo do N em todos os experimentos (Tabela 43). No experimento IV, a extração deste nutriente aumentou com o parcelamento da dose de 120 kg ha^{-1} e a aplicação da dose de 160 kg ha^{-1} , independentemente da forma de aplicação. No experimento V a aplicação do N também proporcionou maior extração de Cu se comparado ao tratamento testemunha, além disso, as doses aplicadas inteiramente no plantio proporcionaram maior acúmulo de Cu que o parcelamento destas. Já no experimento VI, nota-se que independente da dose, o parcelamento destas proporcionou maior extração do Cu pela cultura da batata. A variabilidade dos resultados indica pequena influência da adubação nitrogenada sobre a extração de Cu. Soratto et al. (2011) verificaram extração de 89 g ha^{-1} de Cu pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação parcelada de $129,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na forma de ureia. Ressalta-se que a maior extração verificada no experimento VI deve-se a aplicação de oxiclreto de cobre aos 51 e 65 DAP (Tabela 5).

Tabela 43. Quantidades totais de micronutrientes extraídas pela cultura da batata cultivada em solo arenoso em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Cobre			Ferro		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	g ha ⁻¹					
0	17,1c	15,2c	59,0c	625bc	793c	785c
120 kg ha ⁻¹ plantio	21,6bc	42,6a	78,0bc	603c	1.278b	1.053bc
120 kg ha ⁻¹ parcelado	32,5ab	28,3b	122,4a	1.090a	1.836a	1.467a
160 kg ha ⁻¹ plantio	36,8a	41,2a	79,0bc	931ab	820c	900c
160 kg ha ⁻¹ parcelado	40,4a	31,3ab	96,6ab	1.089a	1.686a	1.325ab
CV(%)	26,9	24,2	24,2	23,0	19,4	24,3
	Manganês			Zinco		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	g ha ⁻¹					
0	97c	131d	93c	127b	118b	82c
120 kg ha ⁻¹ plantio	129bc	219c	161bc	128b	206a	120b
120 kg ha ⁻¹ parcelado	184ab	265b	287a	223a	218a	181a
160 kg ha ⁻¹ plantio	157abc	178c	173b	217a	149b	123b
160 kg ha ⁻¹ parcelado	236a	324a	229ab	245a	247a	167a
CV(%)	27,3	12,6	24,5	29,1	18,9	17,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Com relação à extração de Fe e Mn, verificou-se que independente da dose de N aplicada, o parcelamento desta proporcionou maior extração desses nutrientes (Tabela 43). Além disso, o parcelamento promoveu maior extração de Fe e Mn. Apesar deste efeito, os resultados refletem o acúmulo de MS pelas plantas proporcionado pelo manejo das doses de N aplicadas (Tabela 40). Soratto et al. (2011) constataram extração de 1.531 g ha⁻¹ de Fe e 408 g ha⁻¹ de Mn pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia. Esses resultados indicam que mesmo com aplicação da maior dose, as condições de cultivo em solo arenoso não permitiram alcançar o máximo potencial de extração, já que os valores observados neste experimento foram menores que os observados pelos pesquisadores citados.

A extração de Zn pela cultura da batata também foi influenciada pela aplicação de N (Tabela 43). Onde no experimento IV somente o tratamento com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio não proporcionou aumento da extração deste nutriente. No experimento V a aplicação da dose de 160 kg ha⁻¹ de N no plantio foi o único tratamento que não apresentou maior extração que o tratamento testemunha. Já no experimento VI verificou-se que a aplicação de N invariavelmente, proporcionou aumento da extração de Zn, se comparado com a testemunha. Além disso, quando as doses foram parceladas essa extração foi mais acentuada. Apesar dos efeitos verificados os resultados

ficaram aquém dos encontrados por Soratto et al. (2011) que verificaram extração de 295 g ha⁻¹ de Zn pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia. Resultado esse, que indica maior potencial de absorção de Zn sob condições de solo argiloso. Vale ressaltar que mesmo com a maior absorção de alguns micronutrientes, devido a influência da aplicação do fertilizante nitrogenado e da aplicação de defensivos e/ou fertilizantes em alguns experimentos, os mesmos seguiram a mesma ordem decrescente de extração verificada por Soratto et al. (2011), a qual foi Fe>Mn>Zn>Cu em cinco cultivares de batata, cultivadas em solo argiloso. Resultados que sugerem pouca influência das doses e da forma de aplicação do N aplicadas, na sequência de demanda de nutrientes absorvidos pela batateira e indica que este comportamento dificilmente seja alterado por fatores edáficos.

4.3.3 Número, peso médio e produtividade de tubérculos e eficiência agronômica

O número total de tubérculos por planta não foi influenciado pelos tratamentos nos experimentos IV e V (Tabela 44). No experimento VI o parcelamento das doses proporcionou maior produção de tubérculos. Apesar disso, a ausência de efeitos nos experimentos IV e V, indica que as doses e o manejo estudado não promovem aumento no número total de tubérculos. Vale ressaltar que a média geral do número total de tubérculos por planta nos experimentos foi de 8,4. Fernandes (2013), em estudo realizado em área argilosa com teor alto de P no solo, e aplicação de 103 kg ha⁻¹ de N (62 kg destes incorporados no plantio), verificaram número total médio de 9,4 tubérculos por planta de batata da cultivar Ágata. Dessa forma esses resultados indicam menor potencial de produção de tubérculos por planta em condições de solos arenosos, uma vez que esses experimentos foram conduzidos em solos com teores de P considerados entre médio e alto de acordo com Lorenzi et al. (1997).

Com relação ao número de tubérculos comercializáveis por planta, não foi verificado influência dos tratamentos com aplicação de N no experimento IV (Tabela 44). No experimento V, o parcelamento das doses proporcionou aumento na produção de tubérculos comercializáveis. Já no experimento VI a aplicação de N aumentou o número de tubérculos por planta, e de forma mais acentuada quando se parcelou a aplicação das doses de N. Esses resultados indicam que com aplicação das doses no plantio, é menor a produção de tubérculos que se enquadram na classe comercializável, já

que não foi verificado maior produção de tubérculos da classe miúda nesses tratamentos (Tabela 44), pois esta é a variável diretamente relacionada na classificação de tubérculos comerciais.

As doses de N e o manejo destas influenciaram no número de tubérculos da classe graúda em todos os experimentos (Tabela 44). No experimento IV somente a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio não aumentou a produção de tubérculos desta classe, já no experimento V apenas o parcelamento das doses estudadas promoveu aumento no número de tubérculos graúdos. Já no experimento VI, verificou-se que aumento da produção de tubérculos desta classe com a aplicação de N, e de forma mais acentuada com o parcelamento destas. Esses resultados refletem exatamente o efeito das doses e do parcelamento destas sobre o acúmulo de MS nos tubérculos colhidos (Tabela 41), indicando que quanto maior a disponibilidade de N maior será o desenvolvimento dos tubérculos. Bangemann et al. (2014) verificaram que a adubação nitrogenada influenciou significativamente na produção de diferentes classes de tubérculos, onde constataram que o aumento das doses de N promoveu aumento no diâmetro dos tubérculos.

Tabela 44. Número médio de tubérculos por planta de batata das classes total, comercial, graúda, primeira, segunda e miúda cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Total			Comercial			Graúda		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	Tubérculos por planta								
0	13,0a	6,3a	7,3c	12,0a	4,5bc	6,6d	0,4b	0,1b	1,6c
120 kg ha ⁻¹ plantio	9,1a	5,6a	8,6bc	7,9a	4,3c	8,1bc	0,6b	0,2b	2,9abc
120 kg ha ⁻¹ parcelado	8,8a	7,9a	9,6ab	8,2a	7,0a	9,1ab	2,0a	1,0a	3,8ab
160 kg ha ⁻¹ plantio	9,6a	5,7a	7,8c	8,8a	4,4bc	7,6cd	1,4a	0,1b	2,7bc
160 kg ha ⁻¹ parcelado	9,5a	7,7a	10,2a	8,7a	6,9ab	9,8a	1,8a	0,8a	4,1a
CV(%)	30,4	26,9	11,6	34,8	29,7	10,9	44,7	60,9	30,5
	Primeira			Segunda			Miúda		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	Tubérculos por planta								
0	3,6b	1,4b	3,8a	8,0a	3,0a	1,2ab	1,0ab	1,9a	0,7a
120 kg ha ⁻¹ plantio	5,0a	1,7b	4,2a	2,4b	2,4ab	1,0ab	1,1a	1,3b	0,5ab
120 kg ha ⁻¹ parcelado	4,8a	4,1a	4,1a	1,4b	1,9b	1,3ab	0,6b	0,9bc	0,4ab
160 kg ha ⁻¹ plantio	5,2a	2,0b	4,2a	2,2b	2,3ab	0,8b	0,8ab	1,3b	0,2b
160 kg ha ⁻¹ parcelado	5,2a	4,0a	4,1a	1,7b	2,0b	1,5a	0,9ab	0,8c	0,4ab
CV(%)	7,5	39,0	24,3	95,7	19,5	32,9	34,6	20,7	63,8

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Verificou-se efeito da aplicação de N no número de tubérculos da classe primeira produzidos pela batateira nos experimentos IV e V (Tabela 44). No

experimento IV, a aplicação do N aumentou o número de tubérculos desta classe. No experimento V somente o parcelamento promoveu maior número de tubérculos por planta da classe primeira. Sugerindo portanto, que o aumento da disponibilidade N também promove aumento na produção de tubérculos desta classe. Já o número de tubérculos da classe segunda reduziu com a aplicação de N no experimento IV e com o parcelamento da aplicação das doses de N no experimento V, se comparado a testemunha. No experimento VI, verificou-se que a aplicação parcelada de 160 kg ha⁻¹ de N promoveu maior produção de tubérculos da classe segunda, quando comparado a aplicação desta dose toda no plantio. Semelhante efeito das doses e do manejo também foi verificado na produção de tubérculo da classe miúda. Diante desses resultados, sugere-se que há um balanço proporcional no número de tubérculos produzidos, já que o número total de tubérculos por planta praticamente não foi influenciado pela aplicação do N, ou seja com o aumento da produção de tubérculos maiores, proporcionado pela disponibilidade de N, reduz-se a produção de tubérculos menores. Indicando portanto, que esta não é uma característica alterada pela adubação. Fernandes (2013) em experimentos conduzidos em solo argiloso, verificou que o incremento das doses de P₂O₅ aumentou o número de tubérculos graúdos por planta e reduziu o número de tubérculos das classes menores, no entanto o mesmo constatou maior número de tubérculos por planta que neste experimento, o que sugere que o solo arenoso pode ter influenciado na menor produção de tubérculos por planta deste experimento.

Tabela 45. Peso médio de tubérculos da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Peso médio do total de tubérculos		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	g tubérculo ⁻¹		
0	25,9d	20,7c	49,6b
120 kg ha ⁻¹ plantio	43,8c	34,3b	57,4ab
120 kg ha ⁻¹ parcelado	64,3a	46,0a	66,0a
160 kg ha ⁻¹ plantio	50,8bc	44,5ab	64,2a
160 kg ha ⁻¹ parcelado	57,4ab	42,9ab	68,0a
CV(%)	17,7	19,4	14,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

O peso médio do total de tubérculos ao final do cultivo foi influenciado pela aplicação de N em todos os experimentos (Tabela 45). No experimento IV o parcelamento das doses proporcionou maiores pesos de tubérculo. No experimento V além de ter sido verificado maior peso dos tubérculos com a aplicação de N, na aplicação

parcelada de 120 kg ha⁻¹ de N e na aplicação de 160 kg ha⁻¹, independentemente da forma de aplicação, promoveu desenvolvimento mais acentuado dos tubérculos. No experimento VI, comparando-se o efeito das doses estudadas, na dose de 120 kg ha⁻¹ o parcelamento promoveu maior peso de tubérculos. Além disso, os resultados obtidos com aplicação da dose 160 kg ha⁻¹ de N se equipararam aos obtidos com a aplicação parcelada de 120 kg ha⁻¹ de N. Esses resultados indicam que a aplicação de N promove maior peso de tubérculos. Uma vez que quando o N está disponível, a batateira é capaz de absorvê-lo até o final do ciclo, inclusive com consumo de luxo (DUCHENNE et al., 1997) promovendo acúmulo linear da MS nos tubérculos proporcionalmente a sua disponibilidade (BANGEMANN et al., 2014).

A produtividade total e comercial de tubérculos foi influenciada pelos fatores estudados em todos os experimentos (Tabela 46). No experimento IV somente na dose de 120 kg ha⁻¹ de N o parcelamento promoveu maior produtividade, já com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N não houve efeito do parcelamento da dose e a produtividade foi igual a obtida com aplicação parcelada de 120 kg ha⁻¹ de N. No experimento V, o parcelamento das doses estudadas incrementou a produtividade. Já no experimento VI além do incremento promovido pela aplicação de N, verificou-se efeito das doses quando parceladas, sendo constatado maior produtividade com a aplicação parcelada de 160 kg ha⁻¹ de N. Esses resultados indicam que o parcelamento das doses de N promove maior produtividade de tubérculos. Sugerindo portanto, que quando aplicado todo no plantio, o N não permanece no solo arenoso por tempo necessário à atender o potencial produtivo da batateira, necessitando do parcelamento para o melhor aproveitamento do N aplicado. Errebhi et al. (1998) estudando o manejo de N na cultura da batata, verificaram que o aumento do parcelamento resulta em menor lixiviação de NO₃⁻, maior recuperação do N aplicado na cultura e maior produção de tubérculos comercializáveis.

Vale ressaltar que esperava-se maior efeito do inibidor de nitrificação, principalmente, nas doses aplicadas no sulco de plantio. No entanto, fatores como alta demanda de N pela planta e as condições propícias para a maior lixiviação de NO₃⁻ do solo arenoso, podem ter diminuído o tempo de disponibilidade do N na solução do solo. Maharjan et al. (2014) em experimento realizado em solo arenoso, verificaram maior eficiência de recuperação do N aplicado no milho e menor lixiviação de NO₃⁻, no tratamento com aplicação parcelada da dose de N na forma de ureia, em comparação com

os tratamentos com aplicação total da dose de N em pré-plantio dos fertilizantes ureia revestida com ESN Agrium® e ureia + inibidor de urease Tiofosfato de N-(n-butil) Triamida (NBPT) e inibidor de nitrificação (DCD).

Tabela 46. Produtividade de tubérculos total e da classe comercial da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Total			Comercial		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹					
0	13.056c	7.782b	14.856c	12.768c	7.167b	14.727c
120 kg ha ⁻¹ plantio	17.394b	10.952b	20.771bc	17.049b	10.454b	20.688bc
120 kg ha ⁻¹ parcelado	25.473a	21.553a	26.333ab	25.263a	21.253a	26.258ab
160 kg ha ⁻¹ plantio	21.696a	13.551b	20.829bc	21.437a	12.891b	20.795bc
160 kg ha ⁻¹ parcelado	24.501a	19.900a	28.809a	24.242a	19.644a	28.727a
CV(%)	12,7	27,2	18,5	13,1	28,1	18,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Independente da dose aplicada, a adubação de forma parcelada proporcionou maior eficiência agrônômica do N aplicado (Figura 7). Esses resultados são reflexos das maiores produtividades totais de tubérculos nos tratamentos com parcelamento do N (Tabela 46). Já com relação à eficiência agrônômica das doses de N, verifica-se que nos três experimentos a aplicação parcelada da dose 120 kg ha⁻¹ de N foi mais eficiente que a maior dose estudada (160 kg ha⁻¹). Esses resultados indicam que o parcelamento da dose de 120 kg ha⁻¹ promoveu melhor aproveitamento do N pela cultura da batata nas condições de solo arenoso, sugerindo limite na taxa de absorção de N. Dessa forma a aplicação de maiores doses ou a aplicação de toda a dose no plantio proporcionou adicional de N no solo, o qual permaneceu por mais tempo sujeito a lixiviação e desnitrificação.

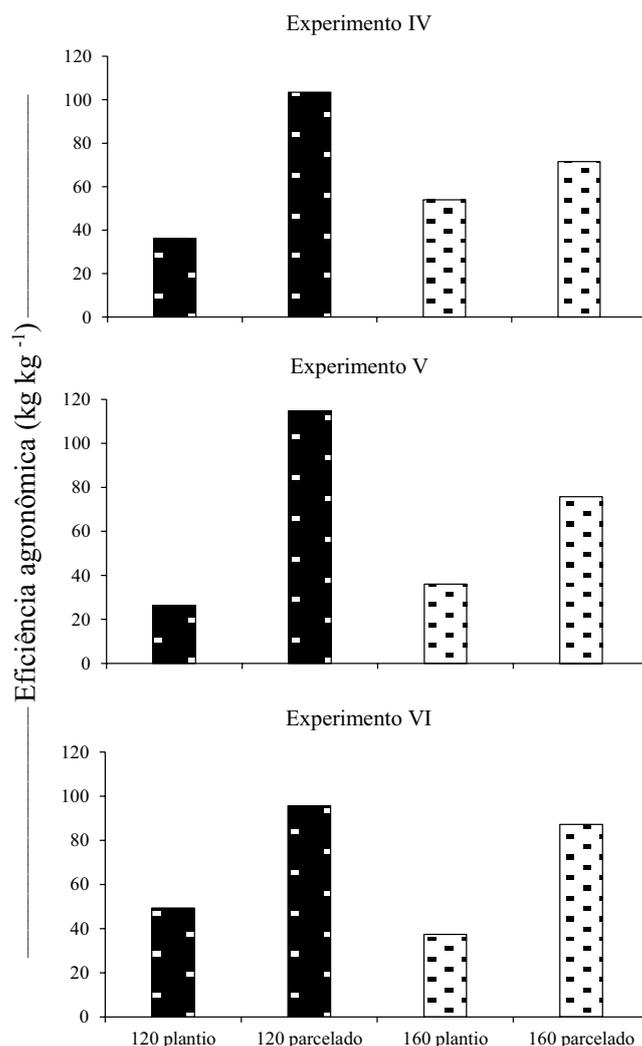


Figura 7. Eficiência agrônômica de diferentes doses e formas de aplicação do adubo Entec 26 para a produção de tubérculos frescos pela cultura da batata cultivada em solo arenoso.

A produção de tubérculos da classe graúda foi influenciada pelos fatores estudados em todos os experimentos (Tabela 47). No experimento IV apenas a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio não aumentou a produtividade de tubérculos desta classe. No experimento V somente o parcelamento das doses proporcionou maior produtividade de tubérculos da classe graúda. Já no experimento VI além do aumento da produtividade proporcionado pela aplicação de N, com o parcelamento a produtividade foi maior. A maior produção de tubérculos graúdos nos tratamentos onde as doses de N foram aplicadas de forma parcelada, sugerem maior disponibilidade de N nestes tratamentos, uma vez que nestes tratamentos também houve maior extração de N pela batateira (Tabela 42). Efeito semelhante também foi observado na produtividade de tubérculos da classe

primeira, onde somente no experimento VI não foi verificada influência da aplicação de N sobre a produtividade de tubérculos desta classe. Dessa forma, os resultados indicam que para desenvolver tubérculos com diâmetro mínimo de 33 mm, a batateira necessita de disponibilidade de N no solo por mais tempo. Cardoso et al. (2007) estudando manejo da adubação de N+K na cultura da batata, verificaram maior produtividade de tubérculos graúdos com a aplicação parcelada da dose (50% no plantio e 50% na tuberização) em comparação com a aplicação de toda dose no plantio.

Tabela 47. Produtividade de tubérculos das classes graúda, primeira, segunda e miúda da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 25.

Manejo do N	Graúda			Primeira		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹					
0	1.813b	324b	6.038c	8.270d	3.746c	7.860a
120 kg ha ⁻¹ plantio	2.799b	1.576b	12.065abc	12.064c	6.071bc	7.954a
120 kg ha ⁻¹ parcelado	10.149a	6.843a	16.721ab	13.888a	12.290a	8.744a
160 kg ha ⁻¹ plantio	7.250a	1.116b	11.335bc	12.211bc	7.831b	8.979a
160 kg ha ⁻¹ parcelado	9.150a	5.009a	18.483a	13.533ab	12.387a	9.165a
CV(%)	43,2	54,8	32,3	7,6	29,6	25,5
	Segunda			Miúda		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹					
0	2.686a	3.096b	829ab	287a	616a	129a
120 kg ha ⁻¹ plantio	2.186ab	2.807b	669ab	345a	498ab	83ab
120 kg ha ⁻¹ parcelado	1.226c	2.120c	794ab	209a	300bc	75ab
160 kg ha ⁻¹ plantio	1.975abc	3.944a	481b	259a	660a	33b
160 kg ha ⁻¹ parcelado	1.559bc	2.249c	1.079a	259a	256c	79ab
CV(%)	31,0	7,4	40,5	32,5	33,7	74,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

Com relação a produtividade de tubérculos da classe segunda, verifica-se que a aplicação do N influenciou em todos os experimentos (Tabela 47). Onde a na maioria dos tratamentos verificou-se menor produtividade de tubérculos com a aplicação de N e de forma mais acentuada quando se aplicou as doses de maneira parcelada. E com relação a produtividade de tubérculos da classe miúda os fatores estudados somente não influenciaram no experimento IV, já no experimento V o parcelamento das doses promoveram menor produção de tubérculos desta classe e no experimento VI a menor produção foi verificada no tratamento com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N no plantio. Esses resultados podem ser justificados pelo pressuposto de que há equilíbrio na produção do número de tubérculos por planta. Uma vez que nos tratamentos

onde houve menor produção de tubérculos das classes segunda e miúda foi constatado maior produção de tubérculos das classes graúda e primeira (Figura 8).

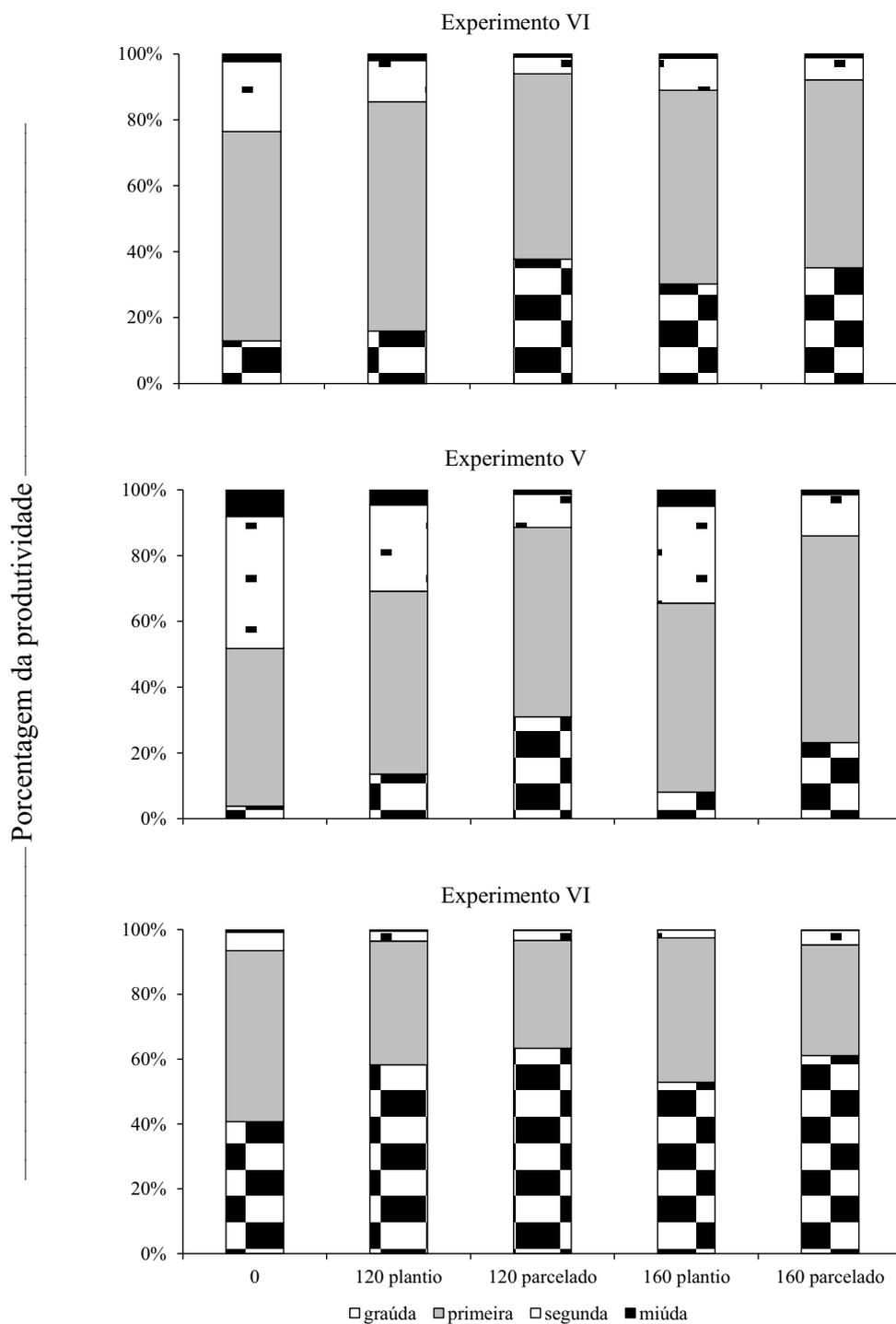


Figura 8. Percentual de produtividade de tubérculos das classes graúda, segunda, primeira e miúda da cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Independente da dose aplicada, a proporção de tubérculos da classe graúda foi incrementada com a adubação nitrogenada de forma parcelada (Figura 8). Mesmo efeito do parcelamento também foi observado nos experimentos IV e V, com relação a porcentagem de tubérculos da classe primeira. Esses resultados sugerem maior disponibilidade de N neste manejo e, conseqüentemente, melhor nutrição nitrogenada da batateira, a qual mantém sua área fotossinteticamente ativa por mais tempo aumentando a produção de fotoassimilados e alocando MS nos tubérculos por maior período (BANGEMANN et al., 2014). Já na classe segunda e miúda de tubérculos, ao comparar a testemunha com os tratamentos com adubação nitrogenada, verifica-se que a aplicação de N promove redução no percentual de produtividade de tubérculos desta classe. Dessa forma, os resultados mostrados evidenciam que apesar do parcelamento das doses de N aumentarem a produção de tubérculos (Tabelas 46), há equilíbrio de produção no número destes pela batateira, onde este comportamento caracteriza-se na utilização do N para produção de tubérculos maiores e conseqüente redução na produção dos tubérculos menores.

4.3.4 Peso específico e percentagem de matéria seca nos tubérculos

A aplicação de N influenciou o peso específico dos tubérculos, onde no experimento V a aplicação parcelada de 160 kg ha⁻¹ de N proporcionou maior peso específico, quando comparado a testemunha (Tabela 48). No experimento VI, esse efeito foi inverso, onde a aplicação de N diminuiu o peso específico e esta redução foi mais acentuada com a aplicação parcelada de 160 kg ha⁻¹ de N. A diferença desses resultados indica pouca influência da adubação nitrogenada sobre o peso específico. Segundo Zebarth e Rosen (2007) a variabilidade do peso específico em função da adubação nitrogenada, deve-se ao fato de que este parâmetro de qualidade está altamente relacionado com o grau de maturidade dos tubérculos, o qual tem estreita relação com as condições climáticas. Reyes-Cabrera et al. (2014) em experimento realizado em solo arenoso, avaliando três sistemas de irrigação na cultura da batata, encontraram diferença no peso específico dos tubérculos e atribuíram isto ao efeito direto das mudanças no teor de umidade no solo.

Com relação ao teor de MS nos tubérculos, foi verificado efeito da adubação nitrogenada nos experimentos IV e VI (Tabela 48). No experimento IV constatou-se que a aplicação da dose de 160 kg ha⁻¹ de N no plantio aumentou o teor de MS, entretanto, seu parcelamento proporcionou menor teor que os verificados no

tratamento testemunha. Já no experimento VI o parcelamento das doses estudadas promoveu menor teor de MS nos tubérculos. De maneira geral, verificou-se que aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N no plantio promoveu maior teor de MS nos tubérculos, o que sugere menor acúmulo de água já que neste tratamento o número de tubérculos por planta (Tabela 44), a produtividade (Tabela 47) e a porcentagem de tubérculos graúdos (Figura 8) foi menor entre os tratamentos com aplicação de N.

Vale ressaltar que independente do experimento, o teor MS esteve próximo e até mesmo acima do teor recomendado para o processamento na forma chips, que é de 20% segundo Oliveira et al. (2006). Característica essa que não é comum para a cultivar Ágata. Evangelista et al. (2011) constataram teor de 14,5% de MS na cultivar ágata cultivada em solo argiloso. Indicando baixa retenção de água nos tubérculos da batata cultivada em solo arenoso. O que pode ser observado neste experimento, pois constatou-se maior teor de MS no experimento II, no qual verificou-se menor precipitação pluvial (Figura 1).

Tabela 48. Peso específico e porcentagem de matéria seca dos tubérculos de batata ao final do cultivo em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec.

Manejo do N	Peso específico			Matéria Seca		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
				(%)		
0	1,062a	1,052b	1,088a	18,6ab	23,1a	18,6a
120 kg ha ⁻¹ plantio	1,060a	1,060ab	1,080ab	17,6b	24,4a	18,5a
120 kg ha ⁻¹ parcelado	1,058a	1,063ab	1,070cd	17,6b	22,7a	17,7b
160 kg ha ⁻¹ plantio	1,063a	1,055ab	1,078bc	19,3a	20,8a	18,4a
160 kg ha ⁻¹ parcelado	1,055a	1,068a	1,068d	17,2b	20,9a	17,6b
CV(%)	0,5	0,9	0,5	5,8	11,8	2,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

4.3.5 Exportação de nutrientes pelos tubérculos

A aplicação de N influenciou na exportação deste nutriente em todos os experimentos (Tabela 49). No experimento IV a adubação nitrogenada aumentou a exportação, sendo que na dose 120 kg ha⁻¹ de N aplicada no plantio, a extração de N foi menor que nos demais tratamentos adubados. No experimento V o parcelamento das doses de N promoveu maior exportação de N pela cultura da batata. Já no experimento VI, além da adubação nitrogenada proporcionar maior exportação, verificou-se exportação mais acentuada com o parcelamento das doses estudadas. Ressalta-se, principalmente no

parcelamento das doses de N estudadas, que a exportação deste nutriente foi maior do que a verificada por Fernandes et al. (2011), os quais constataram exportação de 69 kg ha⁻¹ de N pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia. Essa diferença pode ser atribuída à maior porcentagem de MS obtida nas condições deste experimento, se comparado ao teor 14,5% de MS no tubérculo, obtido com o cultivo da cultivar Ágata em solo argiloso (EVANGELISTA et al., 2011).

Com relação a exportação de P pela cultura da batata, verificou-se influência da adubação nitrogenada em todos os experimentos (Tabela 49). No experimento IV somente não foi constatado aumento na exportação, no tratamento com aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio. Já no experimento V e VI além do aumento da exportação com a adubação nitrogenada, no experimento V o parcelamento das doses aumentou a exportação. A maior exportação de nutrientes nos tratamentos onde as doses de N foram parceladas, refletem a maior produtividade (Tabela 46) e teor de MS no tubérculo (Tabela 48) também obtidos nestes tratamentos. Ressalta-se, que com exceção ao experimento VI, nos outros experimentos o efeito positivo da adubação nitrogenada proporcionou maior exportação de P se comparado ao resultado obtido por Fernandes et al. (2011), que constataram exportação de 14 kg ha⁻¹ de P pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso, com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

Tabela 49. Exportação de macronutrientes pela cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Nitrogênio			Fósforo			Potássio		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹								
0	34c	27b	34c	15b	8c	9c	76c	40c	51b
120 kg ha ⁻¹ plantio	66b	39b	58b	19b	12bc	12ab	96bc	60bc	63ab
120 kg ha ⁻¹ parcelado	101a	73a	89a	28a	20a	13ab	124a	101a	75a
160 kg ha ⁻¹ plantio	93a	38b	59b	25a	13bc	12ab	114ab	68b	63ab
160 kg ha ⁻¹ parcelado	118a	78a	101a	25a	16ab	14a	124a	79ab	77a
CV(%)	21,0	29,1	18,5	13,7	28,9	19,9	12,5	23,9	18,4
	Cálcio			Magnésio			Enxofre		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	kg ha ⁻¹								
0	1,4b	1,0b	1,2b	3,3c	2,0c	2,8c	3,2c	3,4c	1,5c
120 kg ha ⁻¹ plantio	1,5ab	1,4ab	1,6ab	4,1bc	3,3abc	3,9bc	3,9bc	5,5bc	2,6b
120 kg ha ⁻¹ parcelado	2,3a	2,0a	2,5a	6,4a	5,1a	4,7ab	5,9a	9,2a	3,5ab
160 kg ha ⁻¹ plantio	1,9ab	0,9b	1,9ab	5,4ab	3,1bc	4,0abc	5,0ab	6,1bc	2,9ab
160 kg ha ⁻¹ parcelado	2,3a	2,0a	2,2ab	6,2a	4,6ab	5,1a	6,2a	8,1ab	3,6a
CV(%)	25,7	29,3	28,9	17,5	20,8	19,1	19,7	23,6	22,7

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

As exportações de K, Ca, Mg e S foram influenciadas pela adubação nitrogenada em todos os experimentos, onde verificou-se maior exportação desses nutrientes com a aplicação de N e de forma mais acentuada quando se parcelou as doses estudadas (Tabela 49). Esses resultados eram esperados, pois refletem a produtividade (Tabela 46) e o teor de MS nos tubérculos (Tabela 48). Vale ressaltar que mesmo com o aumento da exportação nos tratamentos com parcelamento das doses, a exportação de K, Ca e Mg esteve aquém da exportação obtida por Fernandes et al. (2011) que em experimento conduzido em solo argiloso, com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N constataram exportação de 163, 2, 7 e 6 kg ha⁻¹ respectivamente de K, Ca, Mg e S. Esses resultados indicam menor disponibilidade de K, Ca e Mg para nutrir a batateira, possivelmente devido a sua lixiviação causada pelas condições experimentais. Gebrim et al. (2008) constataram que os ânions Cl⁻, NO₃⁻ e SO₄²⁻ em solo de textura média, são aqueles que mais bem se correlacionam com as lixiviações do Ca, Mg e K e como neste experimento utilizou-se como fonte de N o Entec que possui 13% de S, a disponibilidade desses nutrientes pode ter sido prejudicada devido a lixiviação. Além disso, Fernandes et al. (2011) se basearam na produtividade de tubérculos de batata da cultivar Ágata, obtida por Fernandes et al. (2010), para o cálculo de exportação de nutrientes, que foi de 37.268 kg ha⁻¹ de tubérculos.

A exportação de Cu pela cultura da batata foi influenciada pelas aplicações de N nos experimentos V e VI, nos quais verificou-se que a aplicação parcelada de N proporcionou maior extração deste nutriente (Tabela 50). Esses resultados são condizentes com a maior produtividade de tubérculos nestes tratamentos (Tabela 46). Destaca-se, que apenas no experimento VI a exportação de Cu foi maior do que a encontrada por Soratto et al. (2011), que foi de 20 g ha⁻¹ de Cu exportado pela cultivar Ágata cultivada em solo argiloso. Com relação a exportação de Fe, no experimento IV somente a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio não promoveu maior exportação do que a testemunha. No experimento V, o parcelamento das doses de N promoveu maior exportação de Fe. Além disso, no experimento VI, a aplicação de N no plantio incrementou a exportação deste nutriente apenas com aplicação da dose 160 kg ha⁻¹ de N, já o parcelamento promoveu exportação mais acentuada. De maneira geral, apenas a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio não promoveu aumento na exportação de Fe.

As exportações de Mn e Zn foram pouco influenciadas pela aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N no plantio. Entretanto, em todos os experimentos o

parcelamento das doses promoveu maiores exportações (Tabela 50). Esses resultados refletem a produtividade obtida nestes experimentos (Tabela 46), o que sugere que a adubação nitrogenada não promove maior alocação de Mn e Zn para os tubérculos. Soratto et al. (2011) em experimento conduzido em solo argiloso, constataram exportação de 62 e 114 g ha⁻¹ respectivamente de Mn e Zn com aplicação parcelada de 129,4 kg ha⁻¹ de N.

Tabela 50. Exportação de micronutrientes pela cultura da batata cultivada em solo arenoso, em função de doses e formas de aplicação do fertilizante nitrogenado Entec 26.

Manejo do N	Cobre			Ferro		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	g ha ⁻¹					
0	4,2a	6,3c	68,0b	572b	419c	125c
120 kg ha ⁻¹ plantio	3,8a	11,0bc	99,5ab	711b	491bc	145c
120 kg ha ⁻¹ parcelado	7,8a	15,6ab	135,5a	1.158a	1.219a	233ab
160 kg ha ⁻¹ plantio	6,2a	8,1c	79,0b	1.138a	601bc	218b
160 kg ha ⁻¹ parcelado	5,3a	17,8a	122,0a	1.040a	772b	296a
CV(%)	50,2	30,4	24,2	12,3	27,8	20,4
	Manganês			Zinco		
	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI	Exp. IV	Exp. V	Exp. VI
	g ha ⁻¹					
0	26,3b	25,3bc	37,7c	31,1c	65,5c	81,7c
120 kg ha ⁻¹ plantio	27,9b	16,8c	53,8bc	50,3bc	96,7abc	108,8c
120 kg ha ⁻¹ parcelado	58,0a	53,1a	68,7ab	74,8a	131,6a	166,0ab
160 kg ha ⁻¹ plantio	48,4ab	38,0ab	60,4b	65,3ab	81,6bc	122,1bc
160 kg ha ⁻¹ parcelado	47,7ab	42,3ab	81,9a	78,9a	118,0ab	200,3a
CV(%)	38,9	37,6	21,1	23,3	25,4	24,3

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (DMS) a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

A ureia promove rápida e forte elevação do pH do solo, porém, posteriormente leva a maior acidificação do solo e é mais susceptível a nitrificação que o sulfato de amônio e o Entec.

O Entec mantém a disponibilidade inicial de NO_3^- estável durante maior tempo, em comparação com as demais fontes.

A acidificação do solo pela aplicação de ureia promove redução da biomassa microbiana pré-existente.

O acúmulo de MS e nutrientes, a produtividade de tubérculos, a proporção de tubérculos graúdos e a exportação de nutrientes pela cultura da batata aumenta com o incremento das doses de N, independentemente da fonte utilizada.

O uso de Entec como fonte de N promove maior número de tubérculos comercializáveis por planta, produtividade total e comercial de tubérculos e exportação de N e Mg pela cultura da batata.

O fertilizante Entec é mais eficientemente utilizado pela batateira para a produção de tubérculos, principalmente que a ureia, especialmente quando aplicadas na dose de 80 kg ha^{-1} de N e unicamente no sulco de plantio.

O fertilizante Entec é mais eficiente quando fornecido de forma parcelada, no plantio e na amontoa, promovendo melhor nutrição e maior crescimento das plantas, bem como, maior acúmulo de nutrientes, produtividade de tubérculos, proporção de tubérculos graúdos e exportação de nutrientes.

A relativa melhor eficiência de uso do Entec pela batateira, quando comparado as outras fontes estudadas, não permite excluir o parcelamento nas condições de cultivo irrigado em solo arenoso.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA. **Variedades**. Disponível em: <<http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/variedades.asp>>. Acesso em: 15 jun. 2014.
- ABREU, C. A. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., (eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.645-736.
- ACOSTA, J.; FAZ, A.; JANSEN, B.; KALBITZ, K.; MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, S. Assessment of salinity status in intensively cultivated soils under semiarid climate, Murcia, SE Spain. **Journal of Arid Environments**, v.75, n.11, p.1056-1066, 2011.
- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP 2014. 167p.
- AHMADI, S. H.; ANDERSEN, M. N.; LAERKE, P. E.; PLAUBORG, F.; SEPASKHAH, A. R.; JENSEN, C. R.; HANSEN, S. Interaction of different irrigation strategies and soil textures on the nitrogen uptake of field grown potatoes. **International Journal of Plant Production**, v.5, n.3, p.263-274, 2011.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre em sistemas de exploração agrícola: plantio direto x plantio convencional. In: YAMADA, T. ABDALLA, S.R.S. VITTI, G. (eds.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. 1ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007, v. 1, p. 1-42.
- ALVA, A. K.; COLLINS, H. P.; BOYDSTON, R. A. Nitrogen management for irrigated potato production under conventional and reduced tillage. **Soil Science Society of America journal**, v.73, n.5, p.1496-1503, 2009.
- ALVAREZ, V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 595-644.

- AMARO, G. G.; PINTO, C. A. B. P.; LAMBERT, E. S.; MARTINS NETO, C. L. Seleção precoce de clones de batata para caracteres de tubérculos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.3, p.585-589, 2003.
- ARREGUI, L. M.; QUEMADA, M. Strategies to improve nitrogen use efficiency in winter cereal crops under rainfed conditions. **Agronomy Journal**, v.100, n.2, p.277-284, 2008.
- ARROBAS, M.; RODRIGUES, M. A. Efeito da adubação azotada, fosfatada e potássica na cultura da batata. Produtividade e eficiência de uso dos nutrientes. **Revista Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.101-111, 2009.
- BANGEMANN, L.-W.; SIELING, K.; KAGE, H. The effect of nitrogen and late blight on crop growth, solar radiation interception and yield of two potato cultivars. **Field Crops Research**, v.155, n.1, p.56-66, 2014.
- BARAK, P.; JOBE, B. O.; KRUEGER, A. R.; PETERSON, L. A.; LAIRD, D. A. Effects of long-term soil acidification due to nitrogen fertilizer inputs in Wisconsin. **Plant and Soil**, v.197, n.1, p.61-69, 1997.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K., SILVA, O.F. Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio em feijoeiro irrigado submetido a três níveis de acidez do solo. **Ciência Agrotecnologia**, v.28, n.4, p.785-792, 2004.
- BARTH, G.; VON TUCHER, S.; SCHMIDHALTER, U. Influence of soil parameters on the effect of 3,4-dimethylpyrazole-phosphate as a nitrification inhibitor. **Biology and Fertility of Soils**, v.34, n.2, p.98-102, 2001.
- BARUNAWATI, N.; RICARDO F. GIEHL, R. F. H.; BAUER, B.; VON WIRÉN, N. The influence of inorganic nitrogen fertilizer forms on micronutrient retranslocation and accumulation in grains of winter wheat. **Frontiers in Plant Science**, v.4, n.1, p.1-11, 2013.
- BÉLANGER, G.; WALSH, J. R.; RICHARDS, J. E.; MILBURN, P. H.; ZIADI, N. 2002. Nitrogen fertilization and irrigation affects tuber characteristics of two potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, v.79, n.4, p.269-279, 2002.
- BERO, N. J.; RUARK, M. D.; LOWERY, B. Controlled-release fertilizer effect on potato and groundwater nitrogen in sandy soil. **Agronomy Journal**, v.106, n.2, p.359-368, 2014.
- BINOTTI, F.F.S. **Manejo do nitrogênio no feijoeiro de inverno em sucessão a milho e *Brachiaria* em sistema de plantio direto**. 2009. 178 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.
- BÖRJESSON, G.; MENICHETTI, L.; KIRCHMANN, H.; KÄTTERER, T. Soil microbial community structure affected by 53 years of nitrogen fertilisation and different organic amendments. **Biology and Fertility of Soils**, v.48, n.3, p.245-257, 2012.
- BROWN, K. H.; BACH, E. M.; DRIJBER, R. A.; HOFMOCKEL, K. S.; ESKE, E. J.; SAWYER, J. E.; CASTELLANO, M. J. A long-term nitrogen fertilizer gradient has little effect on soil organic matter in a high-intensity maize production system. **Global Change Biology**, v.20, n.4, p.1339–1350, 2014.

CAI, Z.; WANG, B.; XU, M.; ZHANG, H.; ZHANG, L.; GAO, S. Nitrification and acidification from urea application in red soil (Ferralic Cambisol) after different long-term fertilization treatments. **Journal of Soils and Sediments**, v.14, n.9, p.1526-1536, 2014.

CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? **Plant and Soil**, v.302, n.1-2, p.1-17, 2008.

CAMBOURIS, A. N.; LUCE, M. S.; ZIADI, N.; ZEBARTH, B. J. Soil- and plant-based indices in potato production in response to polymer-coated urea. **Agronomy Journal**, v.106, n.6, p. 2125-2136, 2014.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L., (eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

CARDOSO AD; ALVARENGA MAR; MELO, TL; VIANA AES. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1729-1736, 2007.

CARMO, J. B.; ANDRADE, C. A.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C. Disponibilidade de nitrogênio e fluxos de N₂O a partir de solo sob pastagem após aplicação de herbicida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, p.735-746, 2005.

COLLAMER, D. J.; GEARTHART, M.; MONESMITH, F. L.; CRUZ, A. P.; SPOLIDORIO, E. S. Três formas de fertilizantes nitrogenados e o futuro – 3. Sulfato de Amônio. **Informações Agronômicas**, n.120, p.7-8, 2007.

CURTIN, D.; SYERS, J. K. Extractability and adsorption of sulphate in soils. **Journal of Soil Science**, v.41, n.2, p.305-312, 1990.

DALLA COSTA, L.; DELLE VEDOVE, G.; GIANQUINTO, G.; GIOVANARDI, R.; PERESSOTTI A. Yield, water use efficiency and nitrogen uptake in potato: influence of drought stress. **Potato Research**, v.40, n. 1, p.19-34, 1997.

DECHEN, R.A.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.327-354.

DI, H. J.; CAMERON, K. C. Effects of the nitrification inhibitor dicyandiamide on potassium, magnesium and calcium leaching in grazed grassland. **Soil Use and Management**, v.20, n.1, p.2-7, 2004.

DUCHENNE, T.; MACHET, J. M.; MARTIN, M. Diagnosis of potato nitrogen status. In: G. LEMAIRE (Eds). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Springer-Verlag, 1997, p.119-130.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Brasília: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Documentos, 1).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

ENWALLA, K.; NYBERGA, K.; BERTILSSON, S.; CEDERLUNDA, H.; STENSTRÖMA, J.; HALLIN, S. Long-term impact of fertilization on activity and composition of bacterial communities and metabolic guilds in agricultural soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, n.1, p.106-115, 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina, Planta, 2006. 403p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007b. p.551-594.

ERREBHI, M.; ROSEN, C. J.; GUPTA, S. C.; BIRONG, D. E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.90, n.1, p.10-15, 1998.

EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I.; FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Qualidade nutricional e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.8, p.953-960, 2011.

FACRE, W. R. Três formas de fertilizantes nitrogenados e o futuro – 1. Uréia. **Informações Agronômicas**, n.120, p.5-6, 2007.

FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B.; VIEITES, R. L. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, v.61, n.6, p.598-603, 2004.

FELTRAN, J.C. **Determinação das características agronômicas, dos distúrbios fisiológicos, do estado nutricional da planta e da qualidade dos tubérculos em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2002. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. 2002.

FELTRAN, J. C. **Adubação mineral na cultura da batata e residual no feijoeiro**. 2005. 112p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. 2005.

FERNANDES, A. M. **Adubação fosfatada em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2013. 145 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. Botucatu/Itapetininga: FEPAF/ABBA, 2012. 121p.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.6, p.2039-2056, 2011.

- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.8, p.826-835. 2010.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 4. ed. Passo Fundo: UPF, 2008. 733p.
- FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Efeito da calagem e sulfato de amônio no algodão. I - Transporte de cátions e ânions no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.3, p.425-432, 2006.
- FONTES, P. C. R. Nutrição mineral de plantas. In: REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Coord.) **Produção de batata**. Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.40-56.
- FONTES, P. C. R.; NUNES, J. C. S.; MOREIRA, M. A. Produção classificada de batata em resposta ao espaçamento e critério de recomendação da adubação. **Bioscience Journal**, v.28, n.3, p.404-412, 2012.
- GEBRIM, F. O.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; VERGÜTZ, L.; PROCÓPIO, L. C.; NUNES, T. N.; JESUS, G. L. Lixiviação de cátions favorecida pela presença de ânions inorgânicos e ácidos orgânicos de baixa massa molecular em solos adubados com camas de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.6, p.2255-2267, 2008.
- GEISSELER, D.; SCOW, K. M. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v.75, n.1, p.54-63, 2014.
- GOTT, R. M.; SICHOCKI, D.; AQUINO, L. A.; XAVIER, F. O.; SANTOS, L. P. D.; AQUINO, R. F. A. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.1; p.24-34, 2014.
- GAO, Y.; JIA, L.; HU, B.; ALVA, A.; FAN, M. Potato stolon and tuber growth influenced by nitrogen form. **Plant Production Science**, v.17, n.2; p.138-143, 2014.
- GRINDLAY, D. J. C. Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimization of leaf nitrogen per unit leaf area. **Journal of Agricultural Science**, v.128, n.4 p.377-396, 1997.
- GUADAGNIN, J. C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.2, p.277-286, 2005.
- HALUSCHAK, P., MCKENZIE, C., PANCHUN, K. Field selection soil management and fertility. **Guide to commercial potato production on the canadian prairies**. Western Potato Council of Canada, 2003. p. 23-29.
- HODGE, A.; ROBINSON, D.; FITTER, A. Are microorganisms more effective than plants at competing for nitrogen? **Trends in Plant Science**, v.5, n.7, p.304-308, 2000.
- HOPKINS, B. G.; ROSEN, C. J.; SHIFFLER, A. K.; TAYSOM T. W. **Enhanced efficiency fertilizers for improved nutrient management**: Potato (*Solanum tuberosum*). Plant Manage. 2008. p. 16. (Crop Manage)

HORNECK, D.; ROSEN, C. J. Measuring nutrient accumulation rates of potatoes - tools for better management. **Better Crops**, v.92, n.1, p.4-6, 2008.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento de safras agrícolas no ano civil**. Disponível em:

[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201401.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201401.pdf). Acesso em 20 de set. 2014.

INSELSBACHER, E.; UMANA, N. H. N.; STANGE, F. C.; GORFER, M.; SCHÜLLER, E.; RIPKA, K.; ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S.; HOOD-NOVOTNY, R.; STRAUSS, J.; WANEK, W. Short-term competition between crop plants and soil microbes for inorganic N fertilizer. **Soil Biology and Biochemistry**, v.42, n.2, p.360-372, 2010.

IPNI - INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Nitrogen Notes: Managing Nitrogen**. Disponível em: < <http://www.ipni.net/NitrogenNotes>>. Acesso em: 08 de jun. 2014.

IRIGOYEN, I.; MURO, J.; AZPILIKUETA, M.; APARICIO-TEJO, P.; LAMSFUS, C. Ammonium oxidation kinetics in the presence of nitrification inhibitors DCD and DMPP at various temperatures. **Australian Journal of Soil Research**, v.41, n.6, p.1177-1183, 2003.

ISHIKAWA, T. et al. Suppression of nitrification and nitrous oxide emission by the tropical grass *Brachiaria humidicola*. **Plant and Soil**, v. 255, n.1, p. 413-419, 2003.

JACKSON, L. E.; BURGER, M.; CAVAGNARO, T. R. Roots nitrogen transformations, and ecosystem services. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, n.1, p.341-363, 2008.

JENSEN, C. R.; SVENDSEN, H.; ANDERSEN, M. N.; LÖSCH, R. Use of the root contact concept, an empirical leaf conductance model and pressure-volume curves in simulating crop water relations. **Plant and Soil**, v.149, n.1, p.1-26, 1993.

JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILL, H. A. **Plant analysis handbook**. Georgia: Micro-Macro Publishing, 1991. 213p.

KARIM, M. R.; ZHANG, Y. Q.; ZHAO, R. R.; CHEN, X. P.; ZHANG, F. S.; ZOU, C. Q. Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.175, n.1, p.142-151. 2012.

KAUR, T.; BRAR, B. S.; DHILLON, N. S. Soil organic matter dynamics as affected by long-term use of organic and inorganic fertilizers under maize-wheat cropping system. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.81, n.1, p.59-69, 2008.

KETTLER, T. A.; DORAN, J. W.; GILBERT, T. L. Simplified method for soil particle-size determination to accompany soil-quality analyses. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, n.3, p. 849-852, 2001

KLEINHENZ, M. Potatoes growing tips and news from the world of research. **The Tuber Times**, v.2, n.1, 2001.

LEMAIRE, G.; MILLARD, P. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. **Journal of Experimental Botanic**, v.50, n. 330, p.15-28. 1999.

LINZMEIER, W.; GUTSER, R.; SCHMIDHALTER, U. Nitrous oxide emission from soil and from a nitrogen-15-labelled fertilizer with the new nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). **Biology and Fertility of Soils**, v.34, n.2, p.103-108, 2001.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. Manual técnico de manejo e conservação de solo e água. Campinas: CATI, v.2, 1994. 168p.

LONETAGAN, J. F. Distribution and movement of copper in plants. In: LONERAGAN, J. R.; ROBSON, A. D.; GRAHAN, R. D. (eds.). **Copper in soils and plants**. London: Academic Press, 1981, p.165-188.

LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1997. p.221-229 (Boletim Técnico, 100).

LUZ, J. M. Q.; QUEIROZ, A. A.; OLIVEIRA, R. C. Teor crítico foliar de nitrogênio na batata 'Asterix' em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.2, p. 225-229, 2014.

MAHARJAN, B.; VENTEREA, R. T.; ROSEN, C. Fertilizer and irrigation management effects on nitrous oxide emissions and nitrate leaching. **Agronomy Journal**, v.106, n.2, p.703-714, 2014.

MAIER, N. A.; McLAUGHLIN, M. J.; HEAP, M.; BUTT, M.; SMART, M. K. Effect of nitrogen source and calcitic lime on soil ph and potato yield, leaf chemical composition, and tuber cadmium concentrations. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.3, p.523-544, 2002.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 308p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MANTOVANI, E. C.; SOUZA, D. O.; ZAMBOLIM, L.; SEDIYAMA, G. C.; PALARETTI, L. F. Produtividade da batata irrigada por gotejamento no sul do estado de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.1, p.63-68, 2014.

MARCELINO, R. **Inibidor de nitrificação em fertilizantes nitrogenados e rendimento de milho**. 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Agronômico, Campinas, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

- McCARTY, G. W. Modes of action of nitrification inhibitors. **Biology and Fertility of Soils**, v.29, n.1, p.1-9, 1999.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 655p.
- MIGLIORATI, M. D. A.; SCHEERA, C.; GRACEA, P. R.; ROWLINGSA, D. W.; BELL, M.; MCGREECA, J. Influence of different nitrogen rates and DMPP nitrification inhibitor on annual N₂O emissions from a subtropical wheat–maize cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.136, n.1, p.33-43, 2014.
- NRCS – NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE. **Soil survey of winn parish, Louisiana**. Disponível em: <http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MANUSCRIPTS/louisiana/winnLA1998/Winn.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2014.
- NOLAN, B. T.; RUDDY, B. C.; HITT, K. J.; HELSEL, D. R. Risk of nitrate in groundwaters of the United States: A national perspective. **Environmental Science & Technology**, v.31, n.8, p.2229–2236, 1997.
- OLIVEIRA, V. R.; ANDRIOLO, J. L.; BISOGNIN, D. A.; PAULA, A. L.; TREVISAN, A. P.; ANTES, R. B. Qualidade de processamento de tubérculos de batata produzidos sob diferentes disponibilidades de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.660-663, 2006.
- OLIVEIRA, F. F.; SALCEDO, I. H.; GALVÃO, S. R. S. Adubação orgânica e inorgânica de batatinha em solos arenosos: Produtividade, nutrientes na planta e lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.12, p.1228-1234, 2011a.
- OLIVEIRA, F. F.; SALCEDO, I. H.; FRAGA, V. S. Eficiência de adubação de batatinha com esterco de N mineral(¹⁵N) e efeito residual no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.551-557, 2011b.
- PASDA, G.; HÄHNDEL, R.; ZERULLA, W. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. **Biology and Fertility of Soils**, v.34, n.2, p.85-97, 2001.
- PAULO, E. N. **Avaliação do inibidor de nitrificação fosfato de 3,4-dimetilpirazol (DMPP) em três solos com gradiente textural, absorção e uso de nitrogênio em plantas de algodão**. 2012. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciências - Biologia na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.
- POTATO COUNCIL. **Soil management for potatoes Updated 2013**. Disponível em: <<http://www.potato.org.uk/publications/soil-management-potatoes>>. Acesso em: 25 ago. 2014.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.284p.

RENS, L. R.; ZOTARELLI, L.; CANTLIFFE, D. Best management practices for nitrogen fertilization of potatoes. **Better Crops**, v.98, n.1, p.10-12, 2014.

REYES-CABRERA, J.; ZOTARELLI, L.; ROWLAND, D. L.; DUKES, M. D.; SARGENT, S. A. Drip as alternative irrigation method for potato in Florida sandy soils. **American Journal of Potato Research**, v.91, n.5, p.504-516, 2014.

ROBERTS, B. A.; FRITSCHI, F. B.; HORWATH, W. R.; SCOW, W. M.; RAINS, D. W.; TRAVIS, R.L. Comparisons of soil microbial communities influenced by soil texture, nitrogen fertility and rotations. **Soil Science**, v.176, n.9, p.487-494, 2011.

ROCO, M. M.; BLU, R. O. Evaluation of the nitrification inhibitor 3,4-Dimethylpyrazole phosphate in two Chilean soils. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, n.3, p.521-534, 2006.

ROSEN, C. J.; KELLING, K. A.; STARK, J. C.; PORTER, G. A. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. **American Journal of Potato Research**, v.91, n.2, p.145-160, 2014.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.2, p.301-309, 2003.

RUSSELL, A. E.; CAMBARDELLA, C. A.; LAIRD, D. A.; JAYNES, D. B.; MEEK, D. W. Nitrogen fertilizer effects on soil carbon balances in midwestern U.S. agricultural systems. **Ecological Applications**, v.19, n.5, p.1102-1113, 2009.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.687-692, 2003.

SANTOS, J. Q. **Fertilização. Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos**. Lisboa: Coleção EuroAgro/Publicações Europa-América. 1996. 548p.

SARKAR, D. The signal transduction pathways controlling in plant tuberization in potato: an emerging synthesis. **Plant Cells Report**, v.27, n.1, p.1-8, 2008.

SCHULTE, E. E.; HOPKINS, B. G.; Estimation of organic matter by weight loss-on-ignition. In: MAGDOFF, F. R.; TABATABAI, M. A.; HANLON JUNIOR, E. A. (Eds.) **Soil Organic Matter: Analysis and Interpretation**. Soil Science Society of America, Special Publication n. 46. Soil Science Society of America, Madison. 1996. p. 21-31.

SERNA, M. D.; BAÑULS, J.; QUIÑONES, A.; PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ, F. Evaluation of 3,4-dimethylpyrazole phosphate as a nitrification inhibitor in a Citrus-cultivated soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.32, n.1, p.41-46, 2000.

SHEN, W.; LIN, X.; SHI, W.; MIN, J.; GAO, N. ZHANG, H.; RUI YIN, R.; HE, X. Higher rates of nitrogen fertilization decrease soil enzyme activities, microbial functional

diversity and nitrification capacity in a Chinese polytunnel greenhouse vegetable land. **Plant and Soil**, v.337, n.1-2, p.137-150, 2010.

SILVA, S. A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SILVA, M. G. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.esp., p.2717-2722, 2008.

SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; MIRANDA, G. V. Índice SPAD e produção de batata, em duas épocas de plantio, em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.1, p.17-22. 2009.

SONG, Y.; SONG, C.; TAO, B.; WANG, J.; ZHU, X.; WANG, X. Short-term responses of soil enzyme activities and carbon mineralization to added nitrogen and litter in a freshwater marsh of Northeast China. **European Journal of Soil Biology**, v.61, n.1, p.72-79, 2014.

SORATTO, R. P.; CARVALHO, M. A. C.; ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.895-901, 2004.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: II – micronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.6, p.2057-2071, 2011

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.215-252.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.3, p.387-397, 2006.

STEIBER, T. D.; MAHLER, R. L. **Cropping practices survey: fertilizer results**. Idaho: University of Idaho, 2003. 3 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TEIXEIRA, R. M. **Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento**. 2006. 148f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TRENKEL, M. E. **Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 160p.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, n.6, p.703-707, 1987.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.299-325.

WANG, S.; TIAN, X.; LI, M.; NI, Y.; LI, J.; LI, H.; WANG, S.; CHEN, Y.; GUO, C.; ZHAO, A. Water and nitrogen management on micronutrient concentrations in winter wheat. **Agronomy Journal**, v.106, n.3, p.1003-1010, 2014.

WOLKOWSKI, R. P., KELLING, K. A.; BUNDY, L. G. **Nitrogen management on sandy soils**. UWEX Bulletin A3634. University of Wisconsin-Extension, Madison, WI, p.1-7, 1995.

WU, S.; WU, L.; SHI, Q.; WANG, Z.; CHEN, X.; LI, Y. Effects of a new nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on nitrate and potassium leaching in two soils. **Journal of Environmental Sciences**, v.19, n.7, p.841-847, 2007.

XU, L.; CHEN, H.; XU, J.; YANG, J.; LI, X.; LIU, M.; JIAO, J.; HU, F.; LI, H. Nitrogen transformation and plant growth in response to different urea-application methods and the addition of DMPP. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.177, n.2, p.271-277, 2014.

ZEBARTH, B. J.; LECLERC, Y.; MOREAU, G.; BOTHA, E. Rate and timing of nitrogen fertilization of Russet Burbank potato: Yield and processing quality. **Canadian Journal of Plant Science**, v.84, n.3, p.855-863, 2004.

ZEBARTH, B. J.; ROSEN, C. J. Research perspective on nitrogen BMP development for potato. **American Journal of Potato Research**, v.84, n.1, p.3-18, 2007.

ZENEBOM, O.; PASCUET, N.S. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.1018p.

ZERULLA, W.; BARTH, T.; DRESSEL, J.; ERHARDT, K.; VON LOCQUENGHIE, K. H.; PASDA, G.; RÄDLE, M.; WISSEMEIER, A. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. **Biology and Fertility of Soils**, v.34, n.2, p.79-84, 2001.

ZHAO, S.; QIU, S.; CAO, C.; ZHENG, C.; ZHOU, W.; HE, P. Responses of soil properties, microbial community and crop yields to various rates of nitrogen fertilization in a wheat–maize cropping system in north-central China. **Agriculture, Ecosystems, and Environment**, v.194, n.1, p.29-37, 2014.

ZHOU, J.; XIA, F.; LIU, X.; HE, Y.; XU, J.; BROOKES, P.C. Effects of nitrogen fertilizer on the acidification of two typical acid soils in South China. **Journal of Soils and Sediments**, v.14, n.2, p.415-422, 2014.