

FABIANA MORBI FERNANDES

**PRODUTIVIDADE DE TUBÉRCULOS E ACÚMULO, PARTIÇÃO E EXPORTAÇÃO
DE NUTRIENTES EM DUAS CULTIVARES DE BATATA SOB INFLUÊNCIA DO
MANEJO DO NITROGÊNIO**

Botucatu

2021

FABIANA MORBI FERNANDES

**PRODUTIVIDADE DE TUBÉRCULOS E ACÚMULO, PARTIÇÃO E EXPORTAÇÃO
DE NUTRIENTES EM DUAS CULTIVARES DE BATATA SOB INFLUÊNCIA DO
MANEJO DO NITROGÊNIO**

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

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres
Soratto

Coorientador: Prof. Dr. Adalton Mazetti
Fernandes

Botucatu

2021

F363p

Fernandes, Fabiana Morbi

Produtividade de tubérculos e acúmulo, partição e exportação de nutrientes em duas cultivares de batata sob influência do manejo do nitrogênio / Fabiana Morbi Fernandes. -- Botucatu, 2021

148 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu

Orientador: Rogério Peres Soratto

Coorientador: Adalton Mazetti Fernandes

1. Batata. 2. Fertilidade do solo. 3. Plantas Nutrição. 4. Adubação. I.
Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte”

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PRODUTIVIDADE DE TUBÉRCULOS E ACÚMULO, PARTIÇÃO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM DUAS CULTIVARES DE BATATA SOB INFLUÊNCIA DO MANEJO DO NITROGÊNIO

AUTORA: FABIANA MORBI FERNANDES

ORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO

COORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES (Participação Virtual)
Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS (Participação Virtual)
Departamento de Agronomia / UNESP - Câmpus de Registro



Pesquisador Dr. THIAGO LEANDRO FACTOR (Participação Virtual)
/ Instituto Agrônomo de Campinas - IAC / Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio - APTA

Prof. Dr. RENATO YAGI (Participação Virtual)
Estação Experimental-Instituto Agrônomo do Paraná / Ponta Grossa/PR

Botucatu, 05 de fevereiro de 2021

*A todos que foram pilares na minha formação,
dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas lutas que me preparou, pelos livramentos e por estar em meu caminho sempre me moldando para que pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais, Carlos e Marinês, e meu irmão, Leonardo, por proporcionarem condições de realização de um sonho.

Ao Vinícius Gerdullo Ruiz, pelo companheirismo, compreensão, paciência, dedicação e apoio oferecidos em todos os momentos.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia-Agricultura, da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, pela oportunidade de realização deste curso e desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, meu orientador, pela amizade, pela dedicação, pela disponibilidade de auxílio, pelos valiosos ensinamentos profissionais e pessoais, colaborando de forma muito intensa em meu crescimento, pela paciência ao longo dos anos.

Ao Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, meu coorientador, pela amizade, paciência, ensinamentos e pelo exemplo de profissional.

Aos professores do Departamento de Produção Vegetal (Agricultura), pelo compartilhamento de ensinamentos e contribuições.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (Agricultura): Casimiro Alves, Ciro de Oliveira (Cirinho), Antônio Camargo, que colaboraram na execução das atividades de campo a serem desenvolvidas no projeto.

Ao proprietário da área comercial Ivan Fornaziero, que cedeu área para que pudéssemos conduzir parte do projeto de pesquisa.

Aos colegas Fernando Guidorizzi, Amanda Gilabel, Renan Parecido, Gyslane Garreto, Jéssica Pigatto, Isabô Pascoaloto, pela amizade e por contribuírem a realização desta pesquisa, nas etapas de plantio, coleta e processamento do material coletado, e aos colegas do Laboratório Relação Solo-Planta, pelo auxílio no processamento de amostras e análises químicas.

A minha colega de casa Gabriela Villamagua, pela compreensão, amizade, disponibilidade de ajuda, ensinamentos e carinho durante o dia-a-dia, me apoiando e aconselhando nos momentos difíceis.

Agradeço ainda a todos aqueles que de forma direta ou indireta, contribuíram para que parte deste percurso pudesse ser concluída.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota”.

ROOSEVELT, T. **The Strenuous Life**. Tradução do autor. Nova York: The Century Company, 1901.

RESUMO

O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais absorvido pela cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), exercendo grande influência no crescimento e desenvolvimento da cultura e na produção de tubérculos. A nutrição mineral equilibrada é fundamental para alcançar elevada produtividade de tubérculos de batata. No entanto, o N pode estimular o crescimento das plantas e, conseqüentemente, a absorção da maioria dos nutrientes por elas, tornando importante o conhecimento das exigências nutricionais ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura da batata. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo e a partição de matéria seca (MS) e nutrientes ao longo do ciclo, bem como a produtividade de tubérculos e a exportação de nutrientes de duas cultivares de batata em função de diferentes manejos da adubação nitrogenada. Foram conduzidos seis experimentos, em condições de campo, sendo três com a cultivar Agata e três com a cultivar Electra. Os experimentos foram realizados em três locais diferentes, localizados no município de Botucatu-SP, durante a “safra de inverno-primavera”, dos anos de 2016 (Locais 1 e 2) e 2017 (Local 3). O Local 1 de condução dos experimentos foi a Fazenda Experimental Lageado, enquanto os Locais 2 e 3 foram áreas particulares de produção de batata. Nos seis experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco formas de manejo do N: **M1:** 80 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ de N na amontoa [10 dias após a emergência (DAE)] + 80 kg ha⁻¹ de N aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ de N aos 45 DAE; **M2:** 80 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ de N na amontoa; **M3:** 160 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio; **M4:** 80 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio; **M5:** testemunha (sem aplicação de N). Foram realizadas seis épocas de coletas de plantas, que foram realizadas aproximadamente aos 10, 24, 45, 59, 74 e 85 DAE [24, 39, 60, 74, 89 e 99 dias após o plantio (DAP)]. As duas cultivares apresentaram crescimento lento até o início da fase de formação dos tubérculos, e a partir desse período o acúmulo de MS foi intensificado, com uma fase de estabilização próximo ao final do ciclo. A época em que as plantas de batata apresentaram o pico de crescimento ocorreu por volta dos 55 DAP, enquanto que para os tubérculos ocorreu por volta dos 70 DAP. Os tratamentos com as maiores doses de N proporcionaram maiores incrementos no acúmulo de MS para as duas cultivares,

consequentemente, também promoveram incrementos nas quantidades de macronutrientes acumuladas nos tubérculos e na planta inteira. No entanto, a resposta ao N, bem como a influência deste no acúmulo e partição de nutrientes, variaram em função da condição de cultivo (local). Com exceção do S, todos os macronutrientes apresentaram maior época de demanda antes ou coincidiu com o período em que houve a máxima produção de MS. O comportamento das duas cultivares foi semelhante em relação à resposta ao N e absorção dos macronutrientes pela planta e, de maneira geral, a ordem de extração de nutrientes para as duas cultivares foi: $K > N > Ca > P > Mg > S$, e esta não foi afetada pelo manejo de N. O Ca foi o nutriente que apresentou a menor quantidade exportada pelos tubérculos (4%), independentemente do manejo de N estudado, em relação a quantidade total de nutrientes extraídas pelas plantas das duas cultivares de batata. Em média, 88% do N, 67% do P, 49% do K, 47% do Mg e 51% do S absorvidos pela planta foram exportados pelos tubérculos colhidos. Para alcançar os níveis máximos de produtividade de tubérculos, as cultivares estudadas absorveram entre 136 e 190 kg ha⁻¹ de N e, dessa forma, sob baixa disponibilidade de N, a partição de MS e N para os tubérculos é limitada, reduzindo a produtividade de tubérculos.

Palavras chave: *Solanum tuberosum*. Adubação nitrogenada. Análise de crescimento. Acúmulo de nutrientes. Exportação de nutrientes. Marcha de absorção.

ABSTRACT

Nitrogen (N) is the second most taken up nutrient in the potato crop (*Solanum tuberosum* L.), having a great influence on the development and growth of the crop and tuber yield. Mineral nutrition in a balanced way is essential to achieve high tuber yield. However, N can stimulate the growth of plants and, hence, the uptake of most nutrients by them, making it important to know the nutritional requirements throughout the development cycle of the potato crop. The objective of this study was to assess the uptake and partition of dry matter (DM) and nutrients along the growth cycle, as well as the tuber yield and nutrient removal in two potato cultivars as affected by five N managements. Six field experiments were conducted, three with the cultivar Agata and three with the cultivar Electra. The experiments were conducted in three different sites, in Botucatu, São Paulo State, during the “winter-spring season”, during 2016 (Site-year 1 and 2) and 2017 (Site-year 3). The Site-year 1 was located at Lageado Experimental Farm, while Site-years 2 and 3 were located in commercial potato fields. In the six experiments, the experimental design was randomized complete blocks, with four replications. The treatments consisted of five N management strategies: **M1**: 80 kg N ha⁻¹ at planting furrow + 80 kg ha⁻¹ at hilling [10 days after emergence (DAE)] + 80 kg ha⁻¹ at 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ at 45 DAE; **M2**: 80 kg N ha⁻¹ at planting furrow + 80 kg ha⁻¹ at hilling; **M3**: 160 kg N ha⁻¹ at planting furrow; **M4**: 80 kg N ha⁻¹ at planting furrow; **M5**: a control (without N fertilization). Plant samples were collected at 10, 24, 45, 59, 74 and 85 DAE [i.e., 24, 39, 60, 74, 89, and 99 days after planting (DAP)]. The two cultivars showed slow growth until the beginning of the tuber growth stage, and from this period the accumulation of DM was intensified, with a stabilization phase near the end of the cycle. The period when the potato plants showed the peak of growth occurred at around 55 DAP, while for tubers it occurred at around 70 DAP. Treatments with the highest N rates provided greater DM accumulation increments in both cultivars, consequently, also provided increases in uptake of macronutrients in tubers and whole plant. However, the response to N, as well as its influence on nutrient uptake and partition, varied according to the growth condition (site-year). Exception for S, all macronutrients had a higher demand period just before or coincided with the period when there was the maximum production of DM. The performance of the two cultivars was similar in relation to the N response and macronutrients uptake by the plant and, in general,

the order of nutrient uptake for the two cultivars was: $K > N > Ca > P > Mg > S$, and this was not affected by N managements. Calcium was the nutrient that presented the lowest amount removed by the tubers (4%), regardless of the N management studied, in relation to the total amount of nutrients extracted by the plants of the two potato cultivars. On average, 88% of N, 67% of P, 49% of K, 47% of Mg, and 51% of S taken up by the plant were removed by the tubers. To achieve the maximum levels of tuber yields, the cultivars studied took up at least between 136 and 190 kg ha⁻¹ of N and, therefore, under low availability of N, the partition of DM and N for the tubers is limited, reducing tuber yield.

Keywords: *Solanum tuberosum*. Nitrogen fertilization. Growth analysis. Nutrient uptake. Nutrient removal. Uptake rate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Precipitação pluviométrica (■), irrigação (■), temperatura mínima (—) e temperatura máxima diária (—) entre abril e novembro de 2016 no Local 1 (a) e Local 2 (b) e entre junho e novembro de 2017 no Local 3 (c).....	34
Figura 2-	Quantidade de matéria seca no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e no Local 3 (g, h, i)	53
Figura 3-	Quantidade de matéria seca no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e no Local 3 (g, h, i)	54
Figura 4-	Quantidade de N no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	65
Figura 5-	Quantidade de N no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	66
Figura 6-	Relação entre as doses de N aplicadas, independentemente do manejo, e a quantidade total de N acumulada na planta inteira das cultivares de batata Agata (a) e Electra (b), em três locais de cultivo.....	70
Figura 7-	Quantidade de P no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	74
Figura 8-	Quantidade de P no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	75
Figura 9-	Quantidade de K no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	85

Figura 10-	Quantidade de K no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	86
Figura 11-	Quantidade de Ca no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	95
Figura 12-	Quantidade de Ca no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	96
Figura 13-	Quantidade de Mg no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	104
Figura 14-	Quantidade de Mg no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	105
Figura 15-	Quantidade de S no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	113
Figura 16-	Quantidade de S no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i)	114
Figura 17-	Relação entre as quantidades totais de N acumuladas na planta inteira no final do ciclo e as produtividades relativas de tubérculos das cultivares de batata Agata (a) e Electra (b), em três locais de cultivo.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características químicas e granulométricas dos solos, na profundidade 0-20 cm, antes da instalação dos experimentos.....	35
Tabela 2 -	Descrição dos manejos da adubação nitrogenada utilizados nos experimentos.....	36
Tabela 3 -	Atividades realizadas nos experimentos.....	37
Tabela 4 -	Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos do Local 1.....	38
Tabela 5 -	Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos do Local 2.....	39
Tabela 6 -	Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos do Local 3.....	40
Tabela 7 -	Teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn) na folha diagnose da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	46
Tabela 8 -	Teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn e Mn) na folha diagnose da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	47
Tabela 9 -	Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de matéria seca nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	55
Tabela 10 -	Distribuição da matéria seca em cada parte da planta ao longo do ciclo das plantas das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	59
Tabela 11 -	Teor de N em cada parte da planta ao longo do ciclo das	

cultivares de batata Agata e Electra em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....62

Tabela 12 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de N nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....67

Tabela 13 - Distribuição do N acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....71

Tabela 14 - Teor de P em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....73

Tabela 15 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de P nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....79

Tabela 16 - Distribuição do P acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....82

Tabela 17 - Teor de K em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....84

Tabela 18 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de K nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....91

Tabela 19 -	Distribuição do K acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	92
Tabela 20 -	Teor de Ca em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	94
Tabela 21 -	Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de Ca nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	100
Tabela 22 -	Distribuição do Ca acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	101
Tabela 23 -	Teor de Mg em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	103
Tabela 24 -	Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de Mg nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	109
Tabela 25 -	Distribuição do Mg acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	110
Tabela 26 -	Teor de S em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	112

Tabela 27 -	Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de S nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	118
Tabela 28 -	Distribuição do S acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	119
Tabela 29 -	Número total, peso médio, produtividade total e produtividade relativa de tubérculos das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	121
Tabela 30 -	Teores de macronutrientes nos tubérculos das cultivares de batata Agata e Electra, em três locais de cultivo, em função do manejo da adubação nitrogenada, na colheita final.....	133
Tabela 31 -	Porcentagem de matéria seca nos tubérculos e exportação de N, P, K, Ca, Mg e S pelos tubérculos das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	134
Tabela 32 -	Índice de colheita e alocação final de macronutrientes para os tubérculos das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo.....	135

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Localização dos experimentos.....	33
3.2	Caracterização das cultivares.....	37
3.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	36
3.4	Instalação e condução dos experimentos.....	36
3.5	Avaliações.....	40
3.5.1	Acúmulo de matéria seca.....	40
3.5.2	Taxa de acúmulo de matéria seca.....	41
3.5.3	Distribuição da matéria seca na planta.....	42
3.5.4	Teor e acúmulo de nutrientes.....	42
3.5.5	Taxa de acúmulo e distribuição dos nutrientes na planta.....	42
3.5.6	Diagnose foliar	43
3.5.7	Número, produtividade e classificação dos tubérculos produzidos.	43
3.5.8	Massa média de tubérculos.....	43
3.5.9	Produtividade relativa de tubérculos.....	43
3.5.10	Porcentagem de matéria seca e exportação de nutrientes.....	44
3.5.11	Índice de colheita e alocação de nutrientes para os tubérculos.....	44
3.6	Análise estatística.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1	Teores de nutrientes na folha diagnose.....	45
4.2	Acúmulo, taxa e distribuição da matéria seca.....	51
4.3	Marcha de absorção de macronutrientes.....	60
4.3.1	Nitrogênio.....	60
4.3.2	Fósforo.....	72
4.3.3	Potássio.....	83
4.3.4	Cálcio.....	93
4.3.5	Magnésio.....	102
4.3.6	Enxofre.....	111
4.4	Número de tubérculos por planta, peso médio de tubérculos e produtividade de tubérculos produzidos.....	120

4.5	Teor de nutrientes, porcentagem de matéria seca, índice de colheita, exportação e alocação de nutrientes nos tubérculos.....	124
5	Relações entre a marcha de absorção de nutrientes e o manejo da adubação nitrogenada na cultura da batata.....	136
6	CONCLUSÕES.....	138
	REFERÊNCIAS.....	139

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais fontes de alimento no mundo, por apresentar elevada produtividade durante um ciclo relativamente curto, associado ao elevado valor nutricional dos tubérculos produzidos. A nutrição mineral adequada das plantas é um fator essencial para se alcançar elevada produtividade e qualidade dos tubérculos colhidos, uma vez que a cultura é altamente responsiva à adição de nutrientes no solo. Além disso, a cultura da batata apresenta um sistema radicular raso e pouco desenvolvido, necessitando de nutrientes prontamente disponíveis para absorção na solução do solo.

Nas plantas, o nitrogênio (N) está relacionado com a maioria dos processos metabólicos e é constituinte dos ácidos nucléicos, aminoácidos e da molécula de clorofila. Na cultura da batata, é o segundo nutriente mais absorvido, exercendo grande influência sobre o desenvolvimento das plantas, uma vez que o fornecimento de doses muito baixas ou demasiadamente elevadas de N podem reduzir a produtividade e a qualidade de tubérculos. A deficiência de N na cultura da batata limita o crescimento e a produtividade, enquanto que, em doses excessivas, o N provoca aumento na formação de hastes, do número de folhas, ou seja, estimula o crescimento vegetativo da planta, porém, podendo ocasionar ineficiente partição de fotoassimilados para os tubérculos, atrasando a formação ou maturação dos mesmos e reduzindo a qualidade do produto final.

Pelo fato do N estimular o crescimento das plantas, aumentando a produção de matéria seca (MS), o manejo da adubação nitrogenada altera o crescimento das plantas de batata e, conseqüentemente, a absorção da maioria dos nutrientes, uma vez que, com a maior produção de massa vegetal e a alteração na sua partição entre os órgãos da planta durante o ciclo, as necessidades nutricionais da batateira também podem ser alteradas. Ainda que existam estudos de campo sobre marcha de absorção de nutrientes na cultura da batata no Brasil, em nenhum desses estudos buscou avaliar como o manejo diferenciado da adubação nitrogenada pode alterar a absorção e a partição dos nutrientes ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas de batata.

Mesmo ainda sendo a cultivar de batata Agata a mais plantada para atender o segmento de mercado *in natura* no Brasil, novas cultivares, como a Electra, que apresenta características semelhantes a cultivar Agata, têm sido testadas nas

condições brasileiras. Contudo, ainda não se conhece a dinâmica de acúmulo de MS e absorção de nutrientes ao longo do ciclo de desenvolvimento dessas cultivares em condições de diferentes manejos da adubação nitrogenada. O conhecimento de como o manejo do N pode interferir no crescimento, produtividade, absorção e distribuição de nutrientes no decorrer do ciclo de desenvolvimento das plantas de diferentes cultivares de batata poderá auxiliar no manejo da adubação da cultura da batata, reduzindo custos de produção e riscos ambientais.

Assim, a utilização de curvas de acúmulo de nutrientes como um parâmetro para recomendação da adubação é um bom indicativo da necessidade de nutrientes em cada época do ciclo de desenvolvimento da cultura da batata, por este motivo, foi testada a hipótese de que o manejo (doses e épocas de aplicação) do N interfere no crescimento e produtividade de tubérculos, alterando a absorção, partição e exportação de nutrientes de duas cultivares de batata. Diante do exposto, objetivou avaliar o acúmulo e a partição de MS e nutrientes ao longo do ciclo, bem como, a produtividade e a exportação de nutrientes pelos tubérculos de duas cultivares de batata em função de diferentes manejos da adubação nitrogenada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O cultivo da batata tem se tornado cada vez mais atrativo, porque a cultura combina grande potencial de rendimento em um ciclo curto e elevado valor nutricional (FERNANDES et al., 2010; DE JONG, 2016). Num cenário de constante crescimento populacional, as características da cultura da batata fazem dela uma estratégia para melhorar a segurança alimentar, além de poder ser cultivada nas mais variadas regiões do mundo e apresentar certa resistência aos efeitos das mudanças climáticas (KANTER et al., 2015; DEVAUX et al., 2020).

No Brasil, no ano de 2019, foram plantados 115 mil hectares que produziram cerca de 3,4 milhões de toneladas, proporcionando uma produtividade média de 29,6 t ha⁻¹ (IBGE, 2020). No entanto, devido às diferenças ambientais e na qualidade dos solos, existe uma grande lacuna entre o rendimento potencial e o rendimento real, exigindo que seja realizado um adequado e correto manejo de nutrientes na cultura da batata, influenciando diretamente a obtenção de altas produtividades de tubérculos e a garantia de sua qualidade (KAWAKAMI, 2015; CARDOSO et al., 2017; SORATTO et al., 2017; KOCH et al., 2019; SOUZA et al., 2019; GRZEBISZ; NAUMANN et al., 2020; POTARZYCKI, 2020). Como consequência, torna-se importante o conhecimento de qual é a época de maior demanda de cada nutriente pela cultura, visando manter o equilíbrio nutricional da planta, aumentar a produtividade de tubérculos, reduzir os custos de produção e manter a qualidade ambiental (FERNANDES; SORATTO, 2012).

O N é o segundo nutriente mais absorvido pela cultura da batata (FERNANDES et al., 2011; 2017) e interfere no equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e dos tubérculos das plantas (ALVA, 2004). É o nutriente que mais limita a produção de tubérculos, ou seja, é um fator chave quando se almeja incremento de produtividade, principalmente nas condições de climas tropicais (FONTES et al., 2010; SUN et al., 2012; SOUZA et al., 2019). Para a obtenção eficiente e racional de altas produtividades, as plantas de batata requerem níveis ótimos de suprimento N ao longo de seu ciclo de desenvolvimento, pois, a falta de equilíbrio deste nutriente gera prejuízos à produção e qualidade de tubérculos, além de problemas ambientais, quando aplicado em quantidades excessivas (ALVA, 2004; GOFFART et al., 2008; COHEN et al., 2010; SUN et al., 2012; GILETTO; ECHEVERRÍA, 2013; LUZ et al., 2014; GAO et al., 2015; SOUZA et al., 2019). O N apresenta uma

dinâmica complexa no solo e pode ser perdido de diversas formas: nitrificação/desnitrificação, volatilização, imobilização e lixiviação, sendo este último responsável pela contaminação de sistemas de águas superficiais e subterrâneas (MILROY et al., 2019). Dessa maneira, a disponibilidade do N na solução do solo é comprometida (ASSUNÇÃO, 2020).

Mesmo sendo uma espécie responsiva à adubação nitrogenada, sabe-se que a dose de N que propicia a máxima produtividade de tubérculos de batata é variável, tornando o manejo da adubação nitrogenada complexo por ser dependente de fatores como: cultivar, tamanho da batata-semente, histórico da área, matéria orgânica do solo, tipo do solo, manejo e condução da cultura, além do volume de chuvas ocorrido durante o cultivo (FERNANDES; SORATTO, 2012; ZOTARELLI et al., 2015; CAMBOURIS et al., 2016). Além de todos esses fatores, por apresentar um sistema radicular raso e pouco desenvolvido, quando comparado a outras culturas, a batateira apresenta baixa eficiência de absorção de N, exigindo elevadas quantidades desse nutriente (YAMAGUCHI; TANAKA, 1990; GEARY et al., 2015; DARABI et al., 2018; LI et al., 2019).

As recomendações de N variam de 70 a 330 kg ha⁻¹ em países da Europa e América do Norte (KOLBE; BECKMANN, 1997) e de 60 a 250 kg ha⁻¹ de N no Brasil, apresentando variações entre as doses recomendadas nos diferentes estados do país (FERNANDES; SORATTO, 2012). Para atingir os rendimentos potenciais de tubérculos (>30 Mg ha⁻¹), as recomendações para o manejo de N nos dois maiores estados produtores do Brasil (São Paulo e Paraná) orientam a aplicação de doses de N de até 160 kg ha⁻¹ na forma parcelada, realizando aplicações na época do plantio e na amontoa (10-20 dias após emergência (DAE) das plantas), dependendo da época de plantio, ciclo da cultura e tamanho da batata-semente utilizada (LORENZI et al. 1997; NEPAR-SBCS 2017). O parcelamento de doses de N é uma estratégia quando se pretende aumentar a eficiência de uso do N (EUN), pois, além de otimizar as aplicações para a época de demanda, minimiza o risco de perdas de N (LI et al., 2006; CAMBOURIS et al., 2008, 2016; FERNANDES; SORATTO, 2012; RENS et al., 2018).

O uso do parcelamento de doses de N é recomendado para melhorar o aproveitamento do nutriente pelo sistema radicular das plantas de batata, além de minimizar o risco de perdas de N para o ambiente (ERREBHI et al., 1998). No

entanto, segundo Filgueira (1993) não é recomendado ausência total de N no sulco de plantio na cultura da batata, devendo ser aplicadas doses entre 40 e 100 kg ha⁻¹. Estudos realizados com a cultivar Russet Burbank mostraram que a aplicação da maior parte do N no sulco de plantio sem parcelamento não proporcionou efeito na produtividade total de tubérculos, porém, afetou a produtividade comercial destes, devido ao aumento na produção de tubérculos na fase de enchimento, que ocasionou produção de tubérculos menores, além disso, a aplicação não parcelada do adubo nitrogenado provocou redução na recuperação do N (ERREBHI et al., 1998; CAMBOURIS et al., 2016).

Milagres et al. (2019) observaram que a resposta ao parcelamento varia entre as cultivares, sendo que para a cultivar Agata, o parcelamento do N proporcionou maior peso de tubérculos ao ser comparada com aplicação somente no sulco de plantio, enquanto que para a cultivar Asterix foi observado comportamento contrário. Ainda segundo esses autores, por outro lado, a prática do parcelamento das doses de N na cultivar Agata foi menos eficiente em proporcionar maiores quantidades de estolões, que apresentam correlação positiva com aumento de produtividade de tubérculos.

A época de aplicação do N também é importante na cultura da batata, e deve-se considerar o período de maior demanda do nutriente, que se inicia entre 30 e 35 dias após o plantio (FERNANDES et al., 2011). Aproximadamente 58 a 70% do total do N é acumulado durante a fase de enchimento de tubérculos (KOCH et al., 2019). A aplicação do adubo nitrogenado em épocas inadequadas pode reduzir cerca de 4,3% da produtividade de tubérculos (MILAGRES et al., 2019). Em quantidades excessivas, a aplicação de N antes do início da tuberização pode provocar aumento no crescimento vegetativo resultando em menor enchimento de tubérculos (GHOSH et al., 2019).

Em estudos realizados por Ghosh et al. (2019), com a cultivar Russet Burbank, não foram observados incrementos de produtividade de tubérculos comercializáveis na aplicação de doses de 280 kg ha⁻¹ de N não apresentou melhores resultados ao ser comparada com a dose aplicada de 225 kg ha⁻¹ de N. No entanto, esses autores observaram influência das doses aplicadas no acúmulo de N pelos tubérculos de batata. Coelho et al. (2010) encontraram produtividade máxima de tubérculos comercializáveis na cultivar Agata na dose de 297 kg ha⁻¹ de N,

aplicados em pré plantio, enquanto que Silva et al. (2009) observaram que na safra da seca somente a aplicação em pré plantio da dose de 190 kg ha^{-1} de N promoveu incremento de produtividade de tubérculos e durante a safra das águas houve influência da aplicação em pré plantio (50 kg ha^{-1} de N) e em cobertura ($255,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de N).

Como a disponibilidade de N afeta o crescimento da planta, o manejo da adubação nitrogenada altera o crescimento das plantas de batata e a demanda dos demais nutrientes, além disso, existe uma relação não linear estabelecida entre o acúmulo de MS e o teor de N na planta, envolvendo processos que ainda não são bem compreendidos (GASTAL; LEMAIRE, 2002; LEMAIRE et al., 2007; MILROY et al., 2019).

Nesse sentido, a análise de crescimento é uma forma de quantificar as diferenças de desenvolvimento das plantas submetidas a manejos diferenciados da adubação nitrogenada, pois, os dados obtidos por meio de análise de crescimento permitem medir a produtividade biológica de uma cultura (MAGALHÃES, 1979). Segundo Barcelos et al. (2007) e Benincasa (2003), o estudo da análise de crescimento possibilita o acompanhamento do desenvolvimento da planta como um todo e qual a contribuição de cada órgão no crescimento total de uma cultura, por ser baseada no fato de que 90% da MS acumulada pelas plantas é proveniente da atividade fotossintética; além disso, é capaz de gerar uma descrição objetiva do padrão de crescimento da planta e ou de partes dela, permitindo que dessa forma sejam feitas comparações em diferentes ocasiões durante o ciclo de desenvolvimento.

Por meio de avaliações sequenciais do acúmulo de MS ou por meio de índices fisiológicos, obtidos a partir do acúmulo de MS, pode ser realizada a análise de crescimento (GAVA et al. 2001). Os índices que são determinados na análise de crescimento apontam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e distribuir a matéria orgânica nos diversos órgãos dependentes da atividade fotossintética, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono para os locais de utilização ou de armazenamento, nos quais ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (FONTES et. al., 2005; FERNANDES, 2010).

A definição da produtividade de uma cultura está relacionada com o acúmulo de MS e a sua distribuição (TEKALIGN; HAMMES, 2005; SILVA et al., 2009), portanto, é importante o conhecimento do padrão de partição da MS entre e as partes da planta e quais as variações que podem ocorrer entre as cultivares existentes e as condições ambientais, gerando conhecimentos que facilitam a tomada de decisão referentes ao manejo da cultura (CONCEIÇÃO et al. 2005; POHL et al., 2009).

O acúmulo de MS e sua distribuição na planta de batata podem ser divididos em quatro estádios fenológicos, baseados no crescimento da parte aérea e dos tubérculos, sendo que o Estádio 1, também conhecido como estágio vegetativo, inicia-se com o desenvolvimento dos brotos e a MS acumulada é o resultado do rápido desenvolvimento das raízes e ou parte aérea, indo da emergência até o início da fase de enchimento de tubérculos. O Estádio 2, ou tuberização, é caracterizado pela formação de tubérculos na parte apical dos estolões, porém ainda sem desenvolvimento, durando aproximadamente 10 a 14 dias. Essa é a fase mais importante, pois, os tubérculos formados nesse período irão definir a colheita. No Estádio 3, ou enchimento dos tubérculos, ocorre incremento constante na massa e tamanho dos tubérculos, com maior aumento na MS total, proveniente dos tubérculos, mesmo que ainda ocorra crescimento da parte área, além disso é o estágio mais longo e se estende até a maturação. Por fim, o Estádio 4, ou maturação, ocorre início da senescência da cultura, com amarelecimento dos caules e redução na taxa de crescimento dos tubérculos, sendo que o aumento da MS observada nos tubérculos é o resultado da translocação dessa MS oriunda da parte aérea (VOS, 1992; YORINORI, 2003; FERNANDES, 2010).

Estudos realizados por Fernandes et al. (2010), demonstraram que, de modo geral, as plantas de batata apresentam crescimento lento até o início da fase de enchimento de tubérculos, com intenso acúmulo de MS a partir dos 55 DAP, sendo que o máximo acúmulo de MS foi observado no final do ciclo aos 97 DAP. Esses autores ainda observaram que os maiores acúmulos de MS foram proporcionados pelas maiores taxas máximas de acúmulo de MS, porém, com menor períodos de duração.

Assim sendo, a produção de MS fornece uma boa aproximação do acúmulo de nutrientes, quando não se tem presente uma curva de absorção de nutrientes.

Porém, na batateira, os acúmulos de MS são influenciados por fatores como: práticas culturais, maturidade dos tubérculos, disponibilidade hídrica, eficiência fotossintética e adubação (YORINORI, 2003). O conhecimento da dinâmica de acúmulo de MS e a absorção e partição de nutrientes ao longo do ciclo de diferentes cultivares em função de diferentes manejos do N, torna possível o conhecimento a respeito das épocas mais propícias à adição dos nutrientes em formas prontamente disponíveis às plantas (MAGGIO, 2006), bem como, auxilia no manejo de nutrientes na cultura, especialmente o N que apresenta dificuldades na calibração de uma dose exata. Existem inúmeros trabalhos que associam aumentos de doses de N com aumento na produção de MS na cultura da batata (ZEBARTH et al., 2008; SILVA et al., 2009; BRAUN et al., 2011; RENS et al., 2015; SARAVIA et al., 2016; MILROY et al., 2019; BACHMANN-PFABE; DEHMER, 2020).

Na cultura da batata, já foram relatadas variações nas quantidades acumuladas de nutrientes pelos tubérculos, influenciadas por fatores ligados à produção e partição de MS da parte aérea para os tubérculos (BRAUN et al., 2010). Segundo REIS JUNIOR; MONNERAT (2001); YORINORI (2003); NUNES et al. (2006); SREK et al. (2010) e FERNANDES et al. (2011), os nutrientes mais exportados pelos tubérculos de batata são K e N.

Como o N estimula o crescimento das plantas, aumentando a produção de MS, é de se esperar que o aumento no suprimento de N aumente, conseqüentemente, a absorção de outros nutrientes (FAGERIA, 2001), uma vez que com a maior produção de biomassa, dependendo das condições ambientais e do manejo adotado de condução da cultura, as necessidades nutricionais da batateira podem ser alteradas (FERNANDES et al., 2011).

Trabalhos da literatura mostram que há uma interação positiva do N com o fósforo (P), em que o fornecimento de N aumenta a absorção de P e proporciona maiores produtividades (TERMAN et al., 1977; FAGERIA, 2001). O maior suprimento de N pode aumentar ou diminuir a concentração de potássio (K) nos tecidos das plantas, dependendo, principalmente da disponibilidade inicial de K no solo, e esse desequilíbrio entre N e K pode elevar a concentração de açúcares redutores, afetando de forma negativa a qualidade de tubérculos (GRZEBISZ et al., 2020). Por outro lado, a absorção de micronutrientes pelas plantas pode ser alterada pela aplicação de N, devido às mudanças que ocorrem no pH da rizosfera em função das

formas de N aplicadas, amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), ao solo (FAGERIA, 2001). A assimilação de N e S pelas plantas estão diretamente associadas (ZHAO et al., 1997; FAGERIA, 2001) e como as plantas geralmente acumulam tanto N quanto S em quantidades proporcionais as incorporadas nas proteínas (FRIEDRICH; SCHRADER, 1978) é de se esperar que o manejo diferenciado da adubação nitrogenada possa alterar também as demandas nutricionais de S da batateira. Harris (1992) e Allison et al. (2001) relataram pouco efeito sobre o teor de K, Ca e Mg e possível redução nos teores de P nos tubérculos de batata.

A partir do conhecimento de quanto nutriente foi acumulado em cada parte da planta colhida, é possível a avaliação da remoção de nutrientes da área de cultivo, um componente importante para que se realize recomendações de adubação de forma consciente e econômica (YORINORI, 2003). As plantas, de maneira geral, possuem cerca de 5% de nutrientes na MS, variando de acordo com a cultivar, sendo que, a quantidade total exigida por sua vez, é dependente da produtividade almejada, porém, a absorção dos nutrientes varia em cada fase de desenvolvimento (VITTI et al., 1964; MALAVOLTA et al., 1997).

Apesar de existirem diversos estudos de campo sobre marcha de absorção de nutrientes na cultura da batata no Brasil (MACEDO et al., 1977; PAULA et al., 1986; YORINORI, 2003; BARCELOS et al., 2007; BRAUN et al., 2011; FERNANDES et al., 2011; SORATTO et al., 2011), em nenhum desses estudos, objetivou-se avaliar como o manejo diferenciado da adubação nitrogenada pode alterar a absorção dos demais nutrientes ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas de batata, bem como sua partição da parte aérea para os tubérculos. Compreender melhor a dinâmica de absorção e partição de nutrientes nessas condições possibilitará a execução de um manejo mais eficiente em relação à adubação nitrogenada na cultura da batata, pois o fornecimento balanceado de nutrientes essenciais é um dos fatores mais importantes para aumentar a produtividade das culturas (FAGERIA, 2001).

Além do sistema de manejo influenciar na demanda nutricional das plantas, alguns estudos também indicaram que as cultivares de batata diferem em relação às quantidades de nutrientes absorvidas ao longo do ciclo de desenvolvimento (FERNANDES et al., 2011; SORATTO et al., 2011). A cultivar de batata Agata ainda está entre as principais cultivares plantadas no Brasil para atender o seguimento de

mercado de mesa, representando aproximadamente 50% da área plantada do país (RIBEIRO et al., 2017), devido as suas características de produtividade, precocidade e qualidade, especialmente de pele (ABBA, 2020). No entanto, nos últimos anos, novas cultivares de batata estão sendo testadas nas condições brasileiras, com o objetivo de atender a demanda desse segmento de mercado. A cultivar Electra é uma das cultivares que está sendo introduzida no Brasil, e é uma cultivar promissora, pois apresenta características similares as da cultivar Agata.

As doses de N podem promover o incremento no crescimento das plantas e a demanda nutricional dos outros nutrientes. Não há informações na literatura sobre a dinâmica de absorção e partição de nutrientes ao longo do ciclo de desenvolvimento pelas cultivares de batata Agata e Electra em regimes diferenciados de adubação nitrogenada. Dessa forma, existe a necessidade de se estabelecer curvas de acúmulo e distribuição de MS e de nutrientes para essas cultivares, visando obter maior eficiência do uso dos fertilizantes, aumento da produtividade e qualidade de tubérculos produzidos, além de redução dos custos de produção e dos possíveis riscos de contaminação ambiental.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados seis experimentos em condições de campo, sendo três com a cultivar Agata e outros três com a cultivar Electra, em três locais diferentes, durante a “safra de inverno-primavera”, dos anos de 2016 (Locais 1 e 2) e 2017 (Local 3).

3.1 Localização dos experimentos

Em cada um dos três locais de cultivo foi instalado um experimento com a cultivar Agata e outro com a cultivar Electra. O Local 1 de condução dos experimentos foi a Fazenda Experimental Lageado, localizada em Botucatu-SP, cujas coordenadas geográficas são 22°51' S; 48°25' W e altitude de 786 m. Os Locais 2 e 3 foram áreas particulares de produção de batata, localizadas também no município de Botucatu-SP e com as coordenadas geográficas de 22°59' S; 48°30' W e 22°98' S; 48°34' W e altitude de 778 m e 830 m, respectivamente. Em todas as áreas, a cultura do milho foi cultivada antes do plantio da batata.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO; DRUGOWICH, 1994). Na Figura 1 estão registrados os dados de precipitação pluvial, irrigação e temperaturas máxima e mínima, obtidos na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural, durante o período de condução dos experimentos.

Antes da instalação dos experimentos, em cada área de cultivo, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 0,20 m de profundidade, para a análise química conforme Raij et al. (2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

Figura 1 - Precipitação pluviométrica (■), irrigação (■), temperatura mínima (—) e temperatura máxima diária (—) entre abril e novembro de 2016 no Local 1 (a) e Local 2 (b) e entre junho e novembro de 2017 no Local 3 (c)

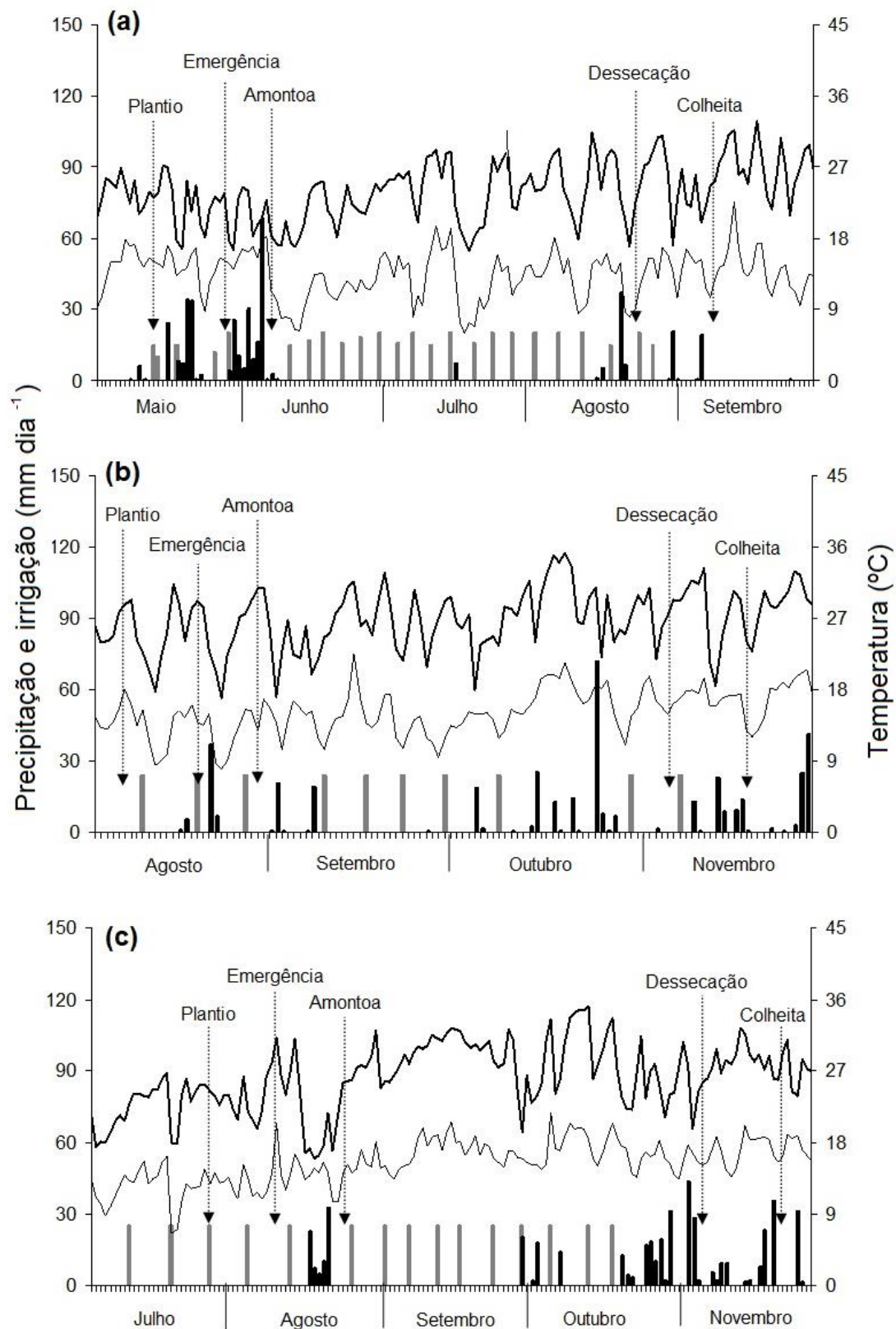


Tabela 1 - Características químicas e granulométricas dos solos, na profundidade 0-20 cm, antes da instalação dos experimentos

Características dos solos	Local 1	Local 2	Local 3
pH(CaCl ₂)	5,4	5,1	5,6
MO (g dm ⁻³)	22	29	27
P _{resina} (mg dm ⁻³)	34	29	73
S (g dm ⁻³)	7	4	9
K _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	6,6	5,9	2,2
Ca _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	24	48	50
Mg _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	10	19	16
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	29	32	25
CTC (mmol _c dm ⁻³)	70	105	92
V (%)	58	69	72
B (mg dm ⁻³)	0,4	0,4	0,2
Cu (mg dm ⁻³)	3,6	4,3	2,7
Fe (mg dm ⁻³)	14	16	26
Mn (mg dm ⁻³)	7,6	8,1	2,8
Zn (mg dm ⁻³)	0,9	1,1	3,4
Areia (g kg ⁻¹)	280	293	288
Silte (g kg ⁻¹)	90	90	96
Argila (g kg ⁻¹)	630	617	616

3.2 Caracterização das cultivares

A cultivar Agata apresenta alta produtividade, porém, possui teor muito baixo de MS nos tubérculos, sendo recomendada para o consumo na forma cozida ou assada. Apresenta maturação precoce a muito precoce. É um genótipo considerado susceptível à requeima (*Phytophthora infestans*) e que apresenta certo nível de tolerância ao vírus Y (ABBA, 2020). Desde 1990 é a cultivar mais plantada no Brasil, ocupando aproximadamente 50% da área cultivada (PADUA et al., 2016; RIBEIRO et al., 2017).

A cultivar Electra é indicada para o mercado “*in natura*”, apresentando excelente aparência de pele e coloração amarela clara com alto brilho, polpa de coloração amarela clara, resistente ao esverdeamento, sendo indicada para o consumo culinário na forma cozida e assada e por apresentar um baixo arraste de óleo, também pode ser utilizada para frituras. É um genótipo considerado de alta resistência à sarna comum (*Streptomyces* spp) e tolerância mediana a requeima e susceptibilidade ao Potato Mop Top Virus - PMTV (IPM, 2020).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Nos seis experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco formas de manejo do N (Tabela 2). Cada parcela experimental foi composta de cinco fileiras de plantas com 8 m de comprimento, espaçadas em 0,8 m, totalizando 32 m². Para as avaliações foram consideradas as três fileiras centrais de cada parcela, desprezando-se 0,5 m nas extremidades de cada fileira. As plantas foram coletadas em seis épocas de coletas de plantas, realizadas aproximadamente aos 10, 24, 45, 59, 74 e 85 DAE (24, 39, 60, 74, 89 e 99 DAP). Em cada época de amostragem, quatro plantas consecutivas em uma mesma fileira foram coletadas na área útil das parcelas. As plantas adjacentes às plantas coletadas não foram consideradas para as avaliações seguintes.

Tabela 2 - Descrição dos manejos da adubação nitrogenada utilizados nos experimentos

Manejo do N	Descrição do manejo	Dose total de N (kg ha ⁻¹)
M1	80 kg ha ⁻¹ de N no sulco de plantio + 80 kg ha ⁻¹ de N aos 10 dias após a emergência (DAE) + 80 kg ha ⁻¹ de N aos 30 DAE + 80 kg ha ⁻¹ de N aos 45 DAE	320
M2	80 kg ha ⁻¹ de N no sulco de plantio + 80 kg ha ⁻¹ de N aos 10 DAE	160
M3	160 kg ha ⁻¹ de N no sulco de plantio (baseado na adubação comumente utilizada pelos produtores, simulando aplicação utilizada de 4.000 kg ha ⁻¹ da fórmula N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 04-14-08).	160
M4	80 kg ha ⁻¹ de N no sulco de plantio	80
M5	Testemunha (sem aplicação do N)	0

3.4 Instalação e condução dos experimentos

Os solos das áreas experimentais foram manejados de forma convencional, com uma ou duas gradagens pesadas e uma ou duas gradagens leves antes do plantio, havendo variação na quantidade de operações realizadas, de acordo com o cronograma do produtor nas áreas comerciais (Local 2 e Local 3). Nos dias 14/05/2016, 04/08/2016 e 28/07/2017, foram instalados os experimentos no Local 1, Local 2 e Local 3, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Atividades realizadas nos experimentos

Atividade	Local 1			Local 2			Local 3		
	Data	DAP	DAE	Data	DAP	DAE	Data	DAP	DAE
Plantio	13/05/16	-	-	04/08/16	-	-	28/07/17	-	-
Emergência	28/05/16	15	-	18/08/16	14	-	12/08/17	15	-
Amontoa	07/06/16	25	10	29/08/16	24	10	23/08/17	26	11
Dessecação	21/08/16	100	85	09/11/16	98	84	05/11/17	100	85
Colheita	08/09/16	118	103	17/11/16	116	100	24/11/17	119	104

DAP, dias após o plantio; DAE, dias após a emergência.

Para o plantio, os sulcos foram abertos mecanicamente no espaçamento de 0,80 m entre eles e, em seguida, foi realizada manualmente a distribuição dos fertilizantes. A adubação de plantio no Local 1 e Local 2 foi realizada com 350 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples, 18% de P₂O₅, 16% de Ca e 10% de S) e 100 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio, 60% de K₂O) e também foram aplicados 4,5 kg ha⁻¹ de Zn, 0,9 kg ha⁻¹ de B, 0,4 kg ha⁻¹ de Cu, 1,5 kg ha⁻¹ de Fe, 1,0 kg ha⁻¹ de Mn, e 0,5 kg ha⁻¹ de Mo (FTE BR-12). No Local 3, foi realizada a adubação de plantio com 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples, 18% de P₂O₅, 16% de Ca e 10% de S) e 250 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio, 60% de K₂O) e 1,0 kg ha⁻¹ de B (ácido bórico, 21% de B). Doses de N foram aplicadas a fim de alcançar os níveis definidos para cada tratamento, conforme descrito na Tabela 2, utilizando como fonte de adubo o nitrato de amônio (34% de N).

Os fertilizantes foram incorporados ao solo, com auxílio de enxada, de forma evitar o contato direto com os tubérculos-sementes. Após a distribuição e incorporação dos fertilizantes no sulco de plantio, os tubérculos-semente certificados, tipo III (diâmetro entre 30 e 40 mm), foram distribuídos manualmente, no espaçamento de 0,30 m entre eles. Foram pulverizados nos sulcos de plantio, com auxílio de pulverizador costal, os inseticidas clorpirifós (960 g i.a. ha⁻¹) e imidacloprido (200 g i.a. ha⁻¹), além do fungicida carboxina+tiram (1000+1000 g i.a. ha⁻¹) e o bactericida/fungicida casugamicina (200 g ha⁻¹), em seguida os sulcos foram fechados.

As plantas emergiram aos 15 dias após o plantio (DAP) no Local 1 e Local 3 e aos 14 DAP no Local 2 (Tabela 3). Nos experimentos do ano de 2016 (Local 1 e Local 2), a primeira aplicação do N em cobertura nos tratamentos M1 e M2 foram realizadas aos 10 DAE, enquanto no ano de 2017 a aplicação ocorreu aos 11 DAE. Juntamente com a aplicação de N em cobertura foi realizada a adubação de

cobertura com 100 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio, 60% de K₂O) nos três locais e, imediatamente após, foi realizada a operação de amontoa.

O manejo da cultura foi realizado seguindo práticas culturais regionais para a cultura de batata, incluindo irrigação por aspersão (Figura 1), em todos os locais. O controle de pragas e doenças foi realizado com inseticidas e fungicidas recomendados para a cultura da batata (LOPES et al. 2016; NAVA; DIEZ-RODRÍGUES, 2016). Nos experimentos conduzidos em áreas comerciais (Local 2 e Local 3), o manejo fitossanitário também foi realizado de acordo com critérios adotados pelo produtor (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 4 - Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos do Local 1

Data da aplicação	Ingrediente ativo	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
01/06/2016	mancozebe	1125
06/06/2016	cloridrato de propamocarbe+fluopicolide	937+656
	casugamicina	60
	imidacloprido	70
	mancozebe	1500
10/06/2016	fipronil	160
	metiran+piraclostrobina	1650+150
17/06/2016	tiofanto metílico+clorotalonil	400+1000
	clorofinapir	168
	imidacloprido	80
24/06/2016	metiran+piraclostrobina	1650+150
	oxicloreto de cobre	620
01/07/2016	tiametoxan+lambda-cialotrina	14,1+10,6
	boscalida	75
	mancozebe	1500
08/07/2016	casugamicina	60
	ciazofanida	69
15/07/2016	oxicloreto de cobre	620
	metamidofós	348
22/07/2016	tiofanto metílico+clorotalonil	400+1000
	clorofinapir	168
	imidacloprido	80
29/07/2016	clorotalonil	1562
	tiflubenzuron	26
	dimetorfe+cloratoil	58+290
05/08/2016	casugamicina	60
	mancozebe	1500
	azoxistrobina+difenaconazol	72+45
12/08/2016	oxicloreto de cobre	620
	metamidofós	348

Tabela 5 - Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos do Local 2

Data da aplicação	Ingrediente ativo	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
22/08/2016	mancozebe	2250
	clorpirifós	480
27/08/2016	mancozebe	2250
	oxicloreto de cobre	1344
	profenos+lufenuron	200+20
	oxicloreto de cobre	1344
01/09/2016	mancozebe	2250
	tiametoxan+lambda-cialotrina	85+64
	cloridrato de propamocarbe	722
05/09/2016	metribuzin	144
	mancozebe	2250
10/09/2016	mandipropamida	100
	profenós+lufenuron	200+20
	oxicloreto de cobre	1344
15/09/2016	mancozebe	2250
	acefato	1125
	mancozebe	2250
21/09/2016	cloridrato de cartap	750
	oxicloreto de cobre	1344
26/09/2016	lufenuron	30
	mancozebe	2250
30/09/2016	clorpirifós	480
	mancozebe	2250
05/10/2016	profenós+lufenuron	200+20
	cresoxim-metílico+tebuconazol	100+125
	oxicloreto de cobre	1344
10/10/2016	acefato	1050
	mancozebe	2250
17/10/2016	cloridrato de cartap	750
	mancozebe	2250
26/10/2016	clorpirifós	720
	mancozebe	2250

O controle de plantas invasoras foi realizado aproximadamente aos 7 DAP, utilizando os herbicidas metribuzim (480 g i.a. ha⁻¹) e paraquate (300 g i.a. ha⁻¹) nos três locais. Quando necessário foi realizado capina manual. No final do ciclo, em todos os experimentos, antes da colheita, foi realizada a dessecação da parte aérea das plantas de batata utilizando o herbicida paraquat (600 g i.a. ha⁻¹) e após 18, 18 e 19 dias, respectivamente no Local 1, Local 2 e Local 3, foi realizada a colheita dos tubérculos.

Tabela 6 - Tratamento fitossanitário empregado nos experimentos do Local 3

Data da aplicação	Ingrediente ativo	Dose (g i.a. ha ⁻¹)
11/08/2017	metribuzin	240
	paraquate	120
	clorpirifós	480
20/08/2017	mancozebe	2400
	clorpirifós	480
25/08/2017	mancozebe	2400
	oxicloreto de cobre	1176
	profenós	200
30/08/2017	mancozebe	2400
	oxicloreto de cobre	1176
	tiametoxan+lambda-cialotrina	42,3+31,8
05/09/2017	oxicloreto de cobre	1176
	mancozebe	2400
	clorpirifós	480
10/09/2017	mancozebe	2400
	mandipropamida + clorotalonil	10+100
	acefato	1125
15/09/2017	mancozebe	2400
	oxicloreto de cobre	1176
	clorpirifós	480
20/09/2017	mancozebe	2400
	cloridrato de propamocarbe	722
25/09/2017	mancozebe	2400
	oxicloreto de cobre	1176
	lufenuron	35
30/09/2017	mancozebe	2400
	profenós	500
	cresoxim-metílico + tebuconazol	125+100
05/10/2017	oxicloreto de cobre	1176
	methomyl	21,5
10/10/2017	mancozebe	2400
	cloridrato de cartape	1500
14/10/2017	clorpirifós	480
17/10/2017	clorpirifós	480
	cloridrato de cartape	500
	paraquate	120

3.5 Avaliações

3.5.1 Acúmulo de matéria seca

Foram realizadas coletas de plantas aproximadamente aos 24, 39, 60, 74, 89 e 99 DAP (ou seja, por volta de 10, 24, 45, 59, 74 e 85 DAE), sendo coletadas

quatro plantas por unidade experimental, sempre no período da manhã. A última coleta (aproximadamente aos 85 DAE) foi realizada antes da dessecação das plantas para colheita, época de acúmulo máximo de MS e nutrientes (FERNANDES et al., 2010; 2011; SORATTO et al., 2011). As coletas foram realizadas seguindo alguns critérios, como: a) seleção de plantas que tiveram em todos os lados plantas competitivas e b) seleção de plantas sem sintomas de anomalias, representativas da unidade experimental e com ausência de sintomas de viroses, até quando foi possível.

Após serem coletadas, as plantas foram levadas ao Laboratório de Campo do Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas- UNESP, campus Botucatu, e lavadas em água de torneira e água deionizada, secas ao ar por aproximadamente duas horas, para que o excesso de água fosse eliminado e, em seguida, separadas em tubérculos e resto da planta (folhas + caules + estolões + raízes), para posterior avaliação. Os tubérculos foram fatiados e, da mesma forma que as outras partes das plantas, foram acomodados em sacos de papel e submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 96 h. Após a secagem, as amostras foram pesadas, moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm e armazenadas para análises posteriores.

O acúmulo de MS foi determinado nos tubérculos, no resto da planta (folhas + caules + estolões + raízes) e na planta inteira ao longo de todas as coletas. As quantidades de MS acumuladas na planta inteira foram obtidas pela soma do total acumulado no resto da planta e nos tubérculos.

3.5.2 Taxa de acúmulo de matéria seca

Os índices fisiológicos utilizados para avaliar possíveis diferenças entre os manejos do N foram: a taxa de acúmulo de MS da planta inteira e, a taxa de acúmulo de MS nos tubérculos, obtidas pela manipulação das funções de ajuste.

As taxas de acúmulo de MS na planta inteira e nos tubérculos foram obtidas por meio da derivada primeira das equações ajustadas de acúmulo de MS da planta e dos tubérculos, determinando-se assim, os pontos de inflexão para cada equação. O ponto de inflexão representa o dia do ciclo de desenvolvimento da planta em que a taxa de acúmulo diário de MS da planta e do tubérculo atingem o valor máximo.

Do início do ciclo até o ponto de inflexão, a taxa de acúmulo diário é crescente e, após esse período, a taxa apresenta valores decrescentes. Já o ponto de máximo representa o dia do ciclo de desenvolvimento da planta em que o acúmulo de MS atinge o valor máximo.

Dessa forma, as taxas diárias máximas de acúmulo na planta inteira e nos tubérculos foram consideradas como sendo o valor médio entre 90 e 100% do valor máximo das taxas (GREEF et al., 1999). O período até a taxa máxima de acúmulo foi definido como o número de dias do plantio até atingir 90% do valor máximo das taxas de acúmulo. A duração da taxa máxima foi definida como o período na qual a taxa de acúmulo permaneceu superior a 90% do valor máximo (GREEF et al., 1999).

3.5.3 Distribuição da matéria seca na planta

A distribuição (ou partição) de MS no resto da planta e nos tubérculos foi calculada em porcentagem de MS de cada parte da planta, em relação à MS total obtida em cada data amostragem ao longo do ciclo de desenvolvimento.

3.5.4 Teor e acúmulo de nutrientes

As amostras utilizadas para determinação da MS, depois de moídas, foram submetidas à análise dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologias propostas por Malavolta et al. (1997). A partir desses resultados, foram estimadas as quantidades de nutrientes acumuladas em cada parte da planta, multiplicando-se o teor de cada nutriente pela MS da referida parte da planta. As quantidades de nutrientes acumuladas na planta inteira foram determinadas pela soma da quantidade de nutriente acumulada em cada parte da planta.

3.5.5 Taxa de acúmulo e distribuição dos nutrientes na planta

A taxa de acúmulo de nutrientes na planta inteira e nos tubérculos foi obtida por meio da derivada primeira da equação ajustada de acúmulo de nutrientes na planta inteira e nos tubérculos, determinando-se assim, os pontos de inflexão para cada equação, tal como descrito para a taxa de acúmulo de MS no item 3.5.2. A

distribuição de cada nutriente nas diferentes partes das plantas de batata, em cada amostragem ao longo do ciclo de desenvolvimento, foi calculada em porcentagem.

3.5.6 Diagnose foliar

Aproximadamente aos 31 DAE, foi realizada a amostragem de folhas (terceira folha a partir do tufo apical) em cada unidade experimental de acordo com Lorenzi et al. (1997). As folhas foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 h, e posteriormente moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm, para a realização das determinações dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

3.5.7 Número, produtividade e classificação dos tubérculos produzidos

Entre 13 e 19 dias após a dessecação das plantas, foram colhidas duas linhas de 2,3 m (± 15 plantas) na área útil de cada unidade experimental. Os tubérculos colhidos foram lavados, contados e classificados, segundo o diâmetro, em três classes: especial (tubérculos com diâmetro maior que 45 mm), primeira (tubérculos com diâmetro entre 33 e 45 mm) e segunda (tubérculos com diâmetro entre 23 e 33 mm). Os tubérculos menores que 23 mm foram considerados refugos. Após classificados os tubérculos foram pesados para determinação da produtividade de tubérculos por classes. A partir do somatório de todas as classes foi determinada a produtividade total de tubérculos.

1.5.8 Massa média de tubérculos

Foi obtida mediante a relação entre o peso total e o número total de tubérculos de cada parcela, obtido após contagem e classificação dos tubérculos.

3.5.9 Produtividade relativa de tubérculos

A produtividade relativa foi obtida pelo cálculo da porcentagem média de produtividade de tubérculos em cada tratamento em relação à produtividade máxima do experimento.

3.5.10 Porcentagem de matéria seca e exportação de nutrientes

Uma amostra de tubérculos (proporcional entre todas as classes de tamanho) de cada parcela, obtidos na colheita final, foi coletada aleatoriamente, pesada (peso fresco), fatiada e seca em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 96 h, obtendo-se a MS. Em seguida, foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A exportação de nutrientes foi estimada mediante a multiplicação dos teores de cada nutriente pela quantidade de MS acumulada nos tubérculos, sendo os dados expressos em quantidade de nutriente exportada por área.

3.5.11 Índice de colheita e alocação de nutrientes para os tubérculos

O índice de colheita (IC) foi calculado como a proporção de MS nos tubérculos da colheita final, em relação à MS acumulada na planta inteira na última coleta antes da dessecação (SORATTO; FERNANDES, 2016). A alocação de cada nutriente para os tubérculos foi calculada como a proporção do nutriente nos tubérculos da colheita final em relação à quantidade total do nutriente acumulada na planta inteira na última coleta antes da dessecação (SORATTO; FERNANDES, 2016).

3.6 Análise estatística

Para cada cultivar e cada local, separadamente, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, com auxílio do “software” Sisvar. As médias das formas de manejo do N foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os efeitos das épocas de coletas de plantas para as variáveis de crescimento, acúmulo de MS e acúmulo de nutrientes foram submetidos à análise de regressão, com auxílio do “software” SigmaPlot 12.0. As equações foram obtidas para descrever a variação no tempo das variáveis avaliadas e selecionadas de acordo com a significância e ajuste.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teores de nutrientes na folha diagnose

Os manejos da adubação nitrogenada afetaram o teor de N na folha diagnose da cultivar Agata e da cultivar Electra nos três locais (Tabelas 7 e 8). Não ocorreram diferenças entre o tratamento M1 (320 kg ha⁻¹ de N aplicados de forma parcelada) e o tratamento M2 (160 kg ha⁻¹ de N aplicados de forma parcelada) nas combinações cultivar/local. O tratamento M5 (sem aplicação de N) proporcionou os menores teores de N na folha, nos Locais 1 e 2 para a cultivar Agata e nos Local 1 para a cultivar Electra. Os tratamentos M3 (160 kg ha⁻¹ de N aplicados totalmente no sulco de plantio) e M4 (80 kg ha⁻¹ de N aplicados totalmente no sulco de plantio) proporcionaram teores foliares de N intermediários, com exceção da cultivar Electra no Local 3, cujo teor foi o menor (Tabela 8). Com exceção do tratamento M5 para a cultivar Agata no Local 1 (34,7 g kg⁻¹ de N), os teores foliares de N em todos os demais tratamentos estavam dentro ou acima da faixa de teores (40-50 g kg⁻¹) sugeridos como adequados por Lorenzi et al. (1997).

Para o teor foliar de P, houve efeito dos manejos de N para a cultivar Agata, no Local 2 e Local 3 (Tabela 7), enquanto, para a cultivar Electra, houve efeito dos manejos de N apenas no Local 1 (Tabela 8). Os tratamentos tiveram efeitos semelhantes para a cultivar Agata e foi observado que, nos Locais 2 e 3, o tratamento M1 não diferiu do tratamento M2, porém, o tratamento M1 proporcionou incremento nos teores foliares em relação ao tratamento M5 (testemunha) (Tabela 7). Para a cultivar Electra no Local 1, o menor teor de P foliar foi proporcionado pelo tratamento M2 (Tabela 8). No entanto, todos os tratamentos apresentaram valores dentro da faixa tida como adequada para a cultura da batata que é de 2,5 a 5,0 g kg⁻¹ (LORENZI et al., 1997).

Tabela 7 - Teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) na folha diagnose da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo										
Manejos do N	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Local 1										
M1	57,7a	4,2a	69,6a	14,6a	3,7a	2,4a	27,9a	2236,1a	204,9a	133,7a
M2	54,5a	3,3a	68,8a	11,8bc	3,0a	2,3a	18,3a	1959,1a	177,5a	147,5a
M3	48,7b	3,5a	65,8ab	12,8ab	3,0a	2,5a	20,2a	2286,5a	194,4a	125,2a
M4	48,7b	3,5a	68,1a	13,2ab	2,6a	2,6a	17,7a	2582,5a	229,7a	113,2a
M5	34,7c	4,0a	62,1b	10,1c	3,5a	2,8a	21,6a	2057,1a	139,6a	114,9a
F>P	<0,001	0,128	0,009	<0,001	0,551	0,310	0,147	0,456	0,346	0,053
CV (%)	3,39	13,6	8,7	7,6	31,7	33,5	35,7	21,8	31,9	12,5
Local 2										
M1	59,5a	4,7a	71,4a	15,4a	4,6a	2,9a	192,2a	678,7a	198,6a	37,8a
M2	55,8a	4,2ab	70,6a	12,7ab	4,7a	2,8a	216,5a	602,9a	173,9a	34,4a
M3	50,3b	3,9b	67,6ab	13,5ab	4,2a	2,9a	212,6a	464,7a	177,1a	34,4a
M4	50,4b	4,0b	69,9a	13,9ab	4,1a	2,8a	206,0a	439,9a	185,3a	32,3a
M5	43,6c	3,9b	63,9b	10,9b	4,3a	2,8a	219,3a	638,7a	182,0a	33,1a
F>P	<0,001	0,003	0,009	<0,001	0,189	0,068	0,838	0,115	0,711	0,577
CV (%)	3,50	15,9	9,0	7,1	9,6	17,8	17,4	24,8	14,2	14,3
Local 3										
M1	59,0a	4,4a	70,9a	14,8a	3,3a	2,0a	288,4a	360,1a	252,4a	45,6a
M2	55,5ab	3,9ab	70,1a	12,0ab	3,1a	2,2a	211,4a	309,1a	267,4a	38,7a
M3	51,1ab	3,6b	67,1ab	12,9ab	2,5a	1,9a	224,4a	276,3a	227,7a	43,5a
M4	53,4ab	3,7b	69,4a	13,4ab	2,7a	1,9a	206,2a	377,6a	237,3a	38,5a
M5	47,6b	3,6b	63,3b	10,3b	2,7a	1,9a	210,1a	236,7a	257,4a	47,5a
F>P	0,013	0,005	0,009	<0,001	0,496	0,412	0,470	0,117	0,423	0,405
CV (%)	7,3	6,6	7,3	7,3	24,1	13,5	12,5	24,5	12,5	18,3

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 8 - Teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) na folha diagnose da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo										
Manejos do N	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Local 1										
M1	53,9a	3,8ab	74,1a	13,0c	3,3ab	2,5a	15,5c	2057,2a	215,0a	132,6a
M2	51,5a	3,6b	68,9a	14,1bc	3,3ab	2,3a	19,9c	2415,0a	196,5a	120,0a
M3	52,7a	4,1a	63,4ab	13,8bc	3,0ab	2,7a	21,0bc	2276,7a	258,7a	121,5a
M4	51,3a	4,1a	60,5b	16,4a	2,6b	2,5a	36,8a	2379,5a	255,0a	127,8a
M5	42,4b	3,9ab	44,8c	15,9ab	4,2a	2,9a	31,3ab	2497,5a	201,0a	88,3a
F>P	<0,001	0,021	<0,001	0,002	0,050	0,245	<0,001	0,428	0,280	0,067
CV (%)	2,5	5,8	8,0	7,0	19,6	14,2	18,7	14,3	22,0	17,2
Local 2										
M1	58,1a	4,5a	75,9a	13,7b	3,9a	2,5a	271,1a	491,8a	220,2a	33,1a
M2	56,1a	4,5a	70,7b	14,9ab	3,7a	2,5a	257,5a	559,7a	226,4a	39,1a
M3	52,3ab	4,3a	65,2c	14,5ab	3,5a	2,8a	233,1a	588,2a	208,1a	38,0a
M4	46,2bc	4,3a	65,3c	17,1a	4,0a	3,1a	266,9a	618,2a	244,0a	42,9a
M5	41,3c	4,2a	46,6d	16,7ab	3,9a	2,4a	238,7a	733,6a	215,4a	39,6a
F>P	<0,001	0,505	<0,001	0,002	0,804	0,085	0,155	0,064	0,216	0,209
CV (%)	6,0	6,8	7,3	6,6	15,2	13,7	9,4	17,2	9,4	14,1
Local 3										
M1	53,2a	4,3a	75,4a	13,1b	3,6a	2,0b	196,4a	376,8a	103,2a	49,7a
M2	51,9a	4,2a	70,2b	14,3ab	3,5a	1,8b	191,8a	354,7a	105,2a	46,2a
M3	47,9b	4,1a	64,7c	14,0ab	3,3a	1,9b	144,4a	427,6a	107,2a	48,0a
M4	52,5a	4,0a	61,8c	16,5a	3,6a	2,9a	183,7a	452,2a	79,0a	53,7a
M5	50,5ab	4,0a	46,1d	16,1a	3,5a	2,8a	214,2a	440,8a	78,5a	57,7a
F>P	0,012	0,578	<0,001	0,002	0,901	0,001	0,260	0,621	0,386	0,255
CV (%)	2,7	7,9	6,3	6,9	14,8	15,1	22,6	25,1	28,9	14,7

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O manejo do N afetou o teor foliar de K das cultivares Agata e Electra, nos três locais de estudo (Tabelas 7 e 8). Em todas as situações, o menor teor de K foi proporcionado pelo tratamento M5. Com exceção do tratamento M3, nos três locais, para a cultivar Agata, em todos os tratamentos os teores foliares de K foram aumentados conforme se aumentou a dose de N aplicada. No entanto, os valores obtidos no tratamento M5 estavam dentro da faixa ideal, recomendada por Lorenzi et al. (1997), que é de 40 a 65 g kg⁻¹. Os demais tratamentos, para a cultivar Agata, nos três locais, e para a cultivar Electra, no Local 2, proporcionaram valores que ficaram acima desta faixa e, em ambas as cultivares, nos três locais, os teores foliares de K ficaram abaixo de 93 a 115 g kg⁻¹, faixa considerada adequada para a cultura da batata, segundo Jones Junior (1991). Nota-se também que, no tratamento M5, os teores foliares de K da cultivar Electra foram inferiores aos observados para a cultivar Agata, indicando que a baixa disponibilidade de N afeta de forma diferente a nutrição potássica dessas cultivares.

O teor de Ca na folha diagnose teve efeito do manejo do N em todas as combinações cultivar/local (Tabelas 7 e 8). Para a cultivar Agata, o tratamento M1 diferiu do tratamento M5, proporcionando teor médio de aproximadamente 4,5 g kg⁻¹ superior que o tratamento M5. Para a cultivar Electra, foi observado que os maiores teores foliares de Ca foram proporcionados pelo tratamento M4 e os menores pelo tratamento M1. No entanto, os teores de Ca em todos os tratamentos nas duas cultivares e nos três locais ficaram dentro da faixa recomendada como adequada por Lorenzi et al. (1997), que é de 10 a 20 g kg⁻¹ e acima do estabelecido por Jones Junior (1991), que é de 7,6 a 10 g kg⁻¹.

Os teores foliares de Mg na cultivar Agata não apresentaram diferenças entre os manejos de N estudados, apesar dos teores terem variado de 2,5 a 4,7 g kg⁻¹, considerando todos os locais e tratamentos (Tabela 7). Por outro lado, houve efeito dos manejos de N nos teores foliares de Mg da cultivar Electra, no Local 1, sendo que o tratamento M5 proporcionou o maior valor, porém, sem diferir dos tratamentos M1, M2 e M3 (Tabela 8). De forma geral, a maioria dos teores obtidos em ambas as cultivares, nos três locais, estavam dentro do intervalo considerado ideal, segundo Lorenzi et al. (1997), de 3 a 5 g kg⁻¹. Contudo, em alguns tratamentos pontuais foram obtidos valores um pouco abaixo dessa faixa.

O teor de S na folha não foi afetado pelos manejos de N na cultivar Agata, que apresentou teores que variaram de 1,9 a 2,9 g kg⁻¹ (Tabela 7). Para a cultivar Electra, observou-se efeito dos manejos de N nos teores foliares de S no Local 3, e os maiores teores de S foram proporcionados pelos tratamentos M4 e M5, respectivamente 2,9 e 2,8 g kg⁻¹ (Tabela 8). Com exceção do Local 3 para a cultivar Agata e dos tratamentos M1, M2 e M3 para cultivar Electra, os valores encontrados para os teores foliares de S no presente estudo estavam de acordo com os valores indicados como adequados para a cultura da batata, que é entre 2,5 e 5,0 g kg⁻¹ (LORENZI et al., 1997).

O teor foliar de Cu não sofreu efeito dos manejos de N para a cultivar Agata, e de forma geral, variou entre os locais e tratamentos de 17,7 a 288,4 mg kg⁻¹ (Tabela 7). Por outro lado, houve efeito dos manejos de N na cultivar Electra cultivada no Local 1, sendo que os maiores valores foram proporcionados pelos tratamentos M4 e M5 (respectivamente, 36,8 e 31,3 mg kg⁻¹), que foram maiores que os tratamentos M1 e M2 (Tabela 8). Segundo Lorenzi et al. (1997), os teores de Cu na folha da batateira considerados adequados estão na faixa de 7 a 20 mg kg⁻¹, porém, observou-se, principalmente nos locais de produção comercial de batata (Local 2 e Local 3), que os valores foram muito elevados (aproximadamente 10 vezes superior ao limite considerado adequado), e podem ser relacionados a aplicações recorrentes de oxicleto de cobre, como parte do tratamento fitossanitário da cultura da batata adotados pelos produtores, em datas próximas da coleta das folhas diagnósticas (Tabelas 5 e 6).

Não houve efeito dos manejos de N, nas diferentes cultivares e locais, quanto aos teores foliares de Fe, Mn e Zn (Tabelas 7 e 8). Os teores foliares de Fe foram muito elevados, variando de 236,7 a 2582,5 mg kg⁻¹ para a cultivar Agata e de 376,8 a 2497,5 mg kg⁻¹ para a cultivar Electra (Tabelas 7 e 8), ficando acima da faixa descrita por Jones Junior (1991) e Lorenzi et al. (1997), que é de 50 a 100 mg kg⁻¹. Tais valores podem ser atribuídos à alta disponibilidade de Fe no solo, devido ao tipo de solo (Tabela 1). Soratto et al. (2011) encontraram teor de 520 mg kg⁻¹ de Fe na folha diagnóstica da batateira em estudos conduzidos com a cultivar Agata, corroborando com as observações de alguns valores acima da faixa recomendada como adequada, assim como no presente estudo.

Em relação aos teores foliares de Mn, de maneira geral, todos os valores obtidos nas duas cultivares e nos três locais, estavam dentro da faixa recomendada como ideal para a cultura da batata (30 a 250 mg kg⁻¹), sendo que alguns tratamentos (M1, M2 e M5, no Local 3, para a cultivar Agata e nos tratamentos M3 e M4, no Local 1, para a cultivar Electra), proporcionaram teores acima da faixa ideal (Tabelas 7 e 8). De forma geral, os menores teores de Mn foram observados no Local 3 para a cultivar Electra, independente do tratamento estudado (Tabela 8). Por outro lado, os teores do presente estudo são condizentes com os obtidos por Soratto et al. (2011), que observaram teor foliar de 449 mg kg⁻¹ de Mn na cultivar Agata. A falta de efeito dos fatores estudados e os adequados teores de Mn podem ser associados aos elevados teores de Mn nos solos dos Locais 1 e 2 (Tabela 1) e à aplicação de fungicidas que contém Mn em sua composição, como por exemplo, mancozebe, utilizado como parte do tratamento fitossanitário da cultura da batata (Tabelas 4, 5 e 6).

Nos Locais 2 e 3, as duas cultivares apresentaram teores de Zn na folha diagnose dentro da faixa considerada adequada para a cultura da batata, que é de 20 a 60 mg kg⁻¹ (Lorenzi et al., 1997). Nesses locais, os valores variaram de 32,3 a 47,5 mg kg⁻¹ para a cultivar Agata e de 33,1 a 57,7 mg kg⁻¹ para a cultivar Electra (Tabelas 7 e 8). Em ambas as cultivares, os maiores teores de Zn (88,3-147,5 g kg⁻¹) foram observados no Local 1 (Tabelas 7 e 8). Assim como foi observado para os teores de Mn, a aplicação de fungicidas contendo Zn em sua composição, como por exemplo, metiram e mancozebe, aplicados durante o tratamento fitossanitário ao longo do ciclo da batateira, também podem ter contribuído para que os valores dos teores foliares de Zn aumentassem (MOREIRA et al., 2000). Soratto et al. (2011) também observaram teores foliares de Zn (76 g kg⁻¹) para a cultivar Agata acima da faixa citada por Lorenzi et al. (1997) como adequada. Fernandes et al. (2017) observaram teores de Zn na folha diagnose de cultivares de batata variando de 39 a 190 mg kg⁻¹. Tais resultados sugerem que os teores de Zn na folha da batateira são muito dependentes das condições de cultivo, porém, foram pouco influenciados pelo manejo/dose de N (Tabela 7 e 8).

4.2 Acúmulo, taxa e distribuição da matéria seca

Todos os tratamentos apresentaram rápido aumento na quantidade de MS acumulada no resto da planta (folhas + caules + estolões + raízes) no período logo após a emergência, sendo que para ambas as cultivares e nos três locais, os valores máximos foram alcançados nos períodos compreendidos entre 70 e 78 DAP (Figuras 2a, 2d, 2g, 3a, 3d e 3g). De maneira geral, o tratamento M1 proporcionou as maiores quantidades de MS acumuladas no resto da planta, enquanto os menores valores foram observados no tratamento M5. Os tratamentos M2, M3 e M4, que receberam doses intermediárias de N, parceladas ou não, apresentaram acúmulos de MS no resto da planta intermediários. O tratamento M1 proporcionou aumento da MS acumulada na parte aérea até uma época mais tardia, em média até 77-78 DAP na cultivar Agata e 76 DAP na cultivar Electra. Apesar de apresentar as menores quantidades de MS acumuladas nas duas cultivares no presente estudo, o tratamento testemunha (M5) de modo geral, proporcionou valores superiores aos observados por Assunção (2020), obtidos na maior dose de N (160 kg ha^{-1}) aplicada no sulco de plantio e também na forma parcelada pela cultivar Agata. Além disso, o tratamento M5 ainda proporcionou acúmulo de MS no resto da planta superior aos observados por Fernandes (2010), ao trabalhar com diferentes cultivares de batata e inferiores aos observados por Yorinori (2003), tanto na safra das águas quanto na safra das secas, para a cultivar de batata Atlantic.

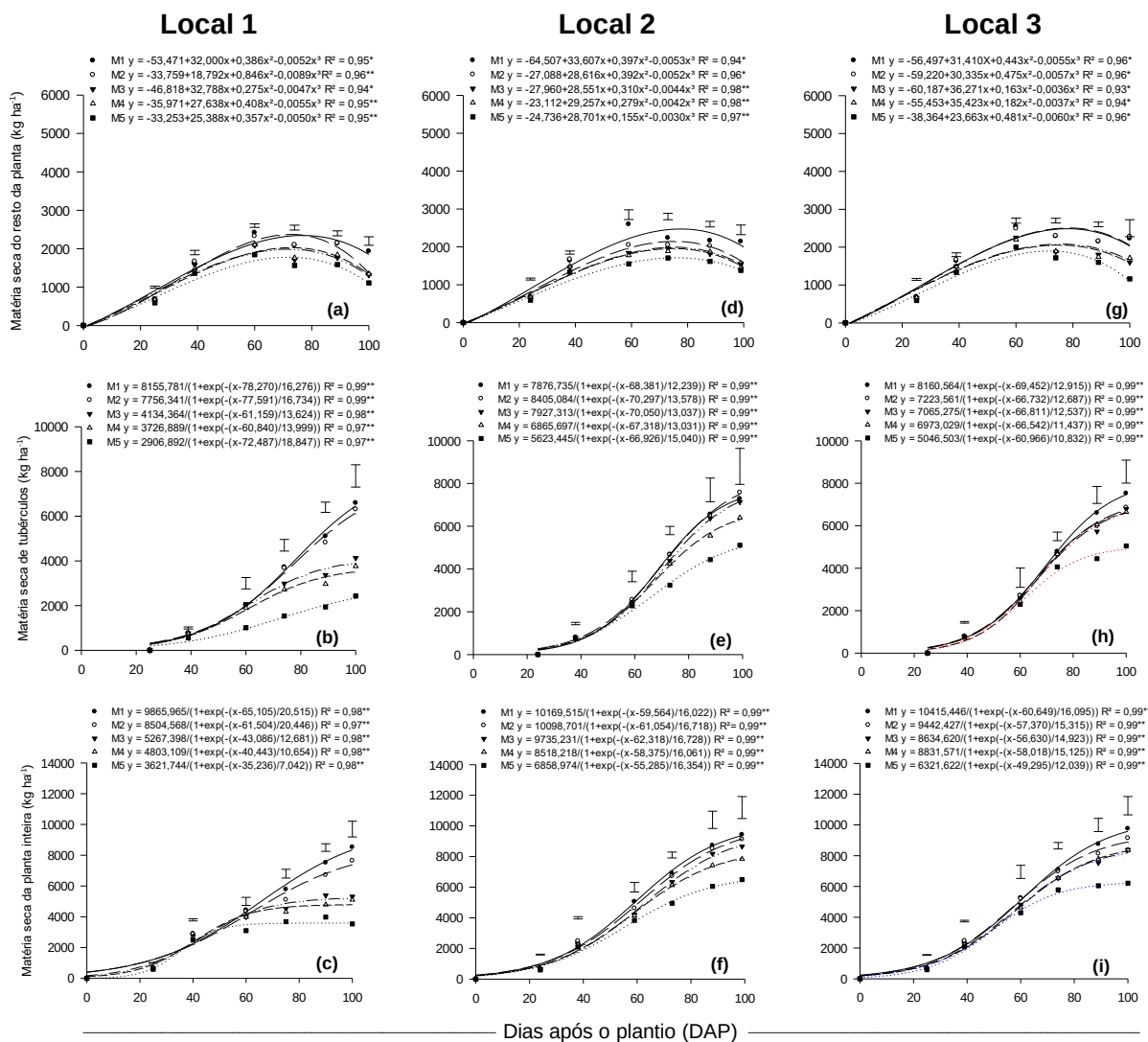
O acúmulo de MS nos tubérculos, especialmente nas coletas de plantas mais tardias, foi significativamente afetado pelos manejos de N, para as cultivares Agata (Figuras 2b, 2e e 2h) e Electra (Figuras 3b, 3e e 3h), nos três locais de estudo. No geral, as quantidades de MS acumuladas nos tubérculos apresentaram comportamento semelhante, ou seja, com lento acúmulo na fase inicial da tuberização até aproximadamente os 39 DAP e, a partir desse período, o crescimento e consequente incremento no acúmulo de MS nos tubérculos foram mais intensos. No Local 1, para ambas as cultivares, o tratamento M5 proporcionou menor MS de tubérculos que os demais tratamentos desde a coleta de 39 DAP (Figuras 2b e 3b). Eventualmente, os tratamentos M1 e M2 foram semelhantes em determinadas épocas diferenciando aos 89 DAP, para a cultivar Agata, e aos 74 DAP para a cultivar Electra (Figuras 2b e 3b). Nos demais locais, o acúmulo de MS nos tubérculos ocorreu durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura e a

diferenciação entre os tratamentos passou a ocorrer de forma mais expressiva a partir de 74 DAP (Figuras 2e, 2h, 3e e 3 h). As quantidades máximas acumuladas de MS nos tubérculos foram obtidas na última coleta, aos 99 DAP, na maturação da cultura.

A ordem decrescente de acúmulo máximo de MS nos tubérculos foi, de maneira geral e em termos numéricos, $M1 > M2 > M3 > M4 > M5$ (Figuras 2b, 2e, 2h, 3b, 3e e 3h; Tabela 9), ou seja, da maior para menor dose de N aplicada e com o parcelamento da dose de 160 kg ha^{-1} de N (M2) superando a mesma dose aplicada integralmente no sulco de plantio (M3), corroborando com estudos realizados por Davenport et al. (2005), Barcelos et al. (2007) e Bangemann et al. (2014). Esses autores sugeriram que ao disponibilizar N para as plantas de batata, principalmente de forma parcelada ao longo do ciclo, ocorre uma melhoria na eficiência de absorção deste nutriente, promovendo incremento na quantidade de MS acumulada nos tubérculos, devido à capacidade da planta de estocar N nas folhas, que irá manter a área foliar fotossinteticamente ativa por um período maior.

No Local 1, as diferenças entre as quantidades máximas de MS acumuladas nos tubérculos, pelos tratamentos foram mais expressivas, enquanto, nos demais locais, as diferenças entre os tratamentos adubados foram menores, especialmente para a cultivar Agata (M5; Tabela 9). A quantidade total estimada de MS acumulada nos tubérculos proporcionada pelo tratamento M1, para as duas cultivares estudadas, no Local 1, foi aproximadamente três vezes superior à proporcionada pelo tratamento M5. Já os Locais 2 e 3, essa diferença foi em média de 32,4%. Tais resultados indicam grande variação na resposta ao N, quanto ao acúmulo de MS nos tubérculos pelas cultivares estudadas. Segundo Milroy et al. (2019), a quantidade de MS que pode ser acumulada nos tubérculos em tratamentos sem adição de adubação nitrogenada pode variar de 4.000 a $13.000 \text{ kg ha}^{-1}$, pois, a quantidade a ser acumulada é dependente do teor de N contido na solução do solo e também da taxa de mineralização deste nutriente, que varia de acordo com o conteúdo de matéria orgânica, textura e temperatura do solo, além da disponibilização do N durante o ciclo de crescimento da cultura. Dessa forma, os valores de acúmulo de MS nos tubérculos proporcionados pelo tratamento M5, com exceção do Local 1, corroboram o descrito por esses autores.

Figura 2 - Quantidade de matéria seca no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e no Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 9 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de matéria seca nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	Agata								Electra							
	Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima		Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima	
	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta
	— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —		— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —	
	Local 1															
M1	6.593a	8.527a	108,0	133,4	22	19	73	61	7.457a	9.411a	140,5	184,4	17	13	73	59
M2	6.306a	7.640a	102,0	132,1	21	15	71	55	6.688b	8.342b	114,7	177,6	19	12	72	56
M3	4.131b	5.444b	66,0	132,6	20	18	69	48	4.855c	6.416c	70,0	135,7	21	18	72	52
M4	3.758b	5.102b	52,4	127,4	27	18	73	49	4.165d	5.654d	56,3	130,7	17	18	73	49
M5	2.427c	3.536c	30,7	91,7	24	17	72	44	2.626e	3.746e	52,3	76,2	19	16	74	45
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	9,5	7,5	-	-	-	-	-	-	4,8	3,7	-	-	-	-	-	-
	Local 2															
M1	7.578a	9.420a	145,4	163,7	15	15	77	61	7.091a	9.293a	164,8	170,8	12	13	77	59
M2	7.278a	9.122a	133,5	153,9	20	16	79	61	6.953a	8.833a	162,9	150,2	12	15	78	60
M3	7.130a	8.657a	138,6	150,0	17	16	78	62	6.086b	7.865b	154,5	152,5	10	12	76	58
M4	6.400ab	7.846ab	112,4	139,6	19	14	76	59	5.678bc	7.303bc	156,6	141,6	9	13	75	56
M5	5.110b	6.490b	75,0	112,8	16	16	79	56	5.282c	6.613c	150,5	131,5	9	11	75	56
F>P	0,004	0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	11,2	9,2	-	-	-	-	-	-	5,5	4,5	-	-	-	-	-	-
	Local 3															
M1	7.521a	9.751a	135,2	134,6	19	13	77	61	6.965a	9.013a	142,1	160,1	18	11	70	57
M2	6.862a	9.135ab	119,8	131,5	19	11	73	59	6.320ab	7.951b	132,7	155,5	15	10	69	55
M3	6.787a	8.385b	121,8	123,2	17	11	73	58	5.900bc	7.573bc	117,8	144,8	16	10	70	53
M4	6.643a	8.354b	131,6	129,0	13	10	74	59	5.282c	6.822c	100,9	124,4	16	11	68	51
M5	5.050b	6.212c	105,3	117,1	18	10	73	52	4.262d	5.768d	76,5	117,8	21	10	66	49
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	7,3	6,3	-	-	-	-	-	-	5,5	5,6	-	-	-	-	-	-

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para a cultivar Agata, o tratamento M1 proporcionou taxas diárias de acúmulo de MS nos tubérculos de $108,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 1, de $145,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 2 e de $135,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 3, enquanto que para a cultivar Electra, este mesmo tratamento proporcionou taxas diárias de acúmulo de MS nos tubérculos superiores, com valores de $140,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 1, de $164,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 2 e de $142,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 3. Os valores das taxas encontradas no presente estudo, são semelhantes aos encontrados por Fernandes (2010), para a cultivar Agata e inferiores aos encontrados por Yorinori (2003), em estudo tanto na safra das águas, quanto na safra da seca, para a cultivar Atlantic.

A época na qual foram observadas as maiores taxas de acúmulo de MS nos tubérculos, de modo geral, ocorreu dos 69 aos 100 DAP, para a cultivar Agata, e dos 66 aos 93 DAP, para a cultivar Electra (Tabela 9). Nota-se ainda que o período de duração da taxa diária máxima de acúmulo de MS nos tubérculos para a cultivar Agata foi 4 dias superior em relação ao período apresentado pela cultivar Electra, concordando com Yorinori (2003), Tekaling; Hammes (2005) e Fernandes; Soratto (2012), ao trabalharem com diversas cultivares, de que existem diferenças entre as cultivares quanto as quantidades de MS acumuladas pelas mesmas.

As duas cultivares, de forma geral, apresentaram crescimento inicial lento e não diferenciaram entre si até aproximadamente os 39 DAP, sendo possível observar intenso crescimento das plantas e a ocorrência de incremento no acúmulo de MS na planta inteira após esse período, e também a diferenciação entre os tratamentos estudados (Figuras 2c, 2f, 2i, 3c, 3f e 3i).

Assim como foi observado para o acúmulo de MS nos tubérculos, apesar da ocorrência do acúmulo de MS pela planta inteira ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento, a quantidade máxima estimada de MS total acumulada foi obtida próximo ao final do ciclo, ou seja, na última coleta de plantas, aos 99 DAP (Figuras 2c, 2f, 2i, 3c, 3f e 3i). No final do ciclo, o tratamento M1 foi semelhante ao tratamento M2 nos três locais, para a cultivar Agata, enquanto que para a cultivar Electra, este tratamento proporcionou o maior acúmulo de MS na planta inteira nos locais 1 e 3, e foi semelhante ao tratamento M2, no Local 2 (Tabela 9). Para ambas as cultivares, as maiores diferenças entre os manejos de N, quanto a quantidade máxima de MS acumulada pela planta inteira, foram observadas no Local 1, o que é um indicativo de maior resposta à adubação nitrogenada.

Houve efeito dos manejos de N na quantidade máxima de MS acumulada pela planta inteira (Tabela 9). Os menores acúmulos de MS na planta inteira foram proporcionados pelos tratamentos M5, para as duas cultivares, nos locais 1 e 3, e não diferiu do M4, no Local 2. Os tratamentos M2, M3 e M4 proporcionaram acúmulo de MS intermediário, sendo que o tratamento M2 não diferiu do M1 na maioria das situações, exceto nos locais 1 e 3, para a cultivar Electra. Apesar do tratamento M1 não diferir do tratamento M2 para a cultivar Agata, nos três locais e no Local 2 para a cultivar Electra, os valores dos acúmulos totais de MS pela planta inteira proporcionados pelo tratamento M1 foram os maiores e, para a cultivar Agata, foram de 8.527, 9.420 e 9.751 kg ha⁻¹, respectivamente, nos Locais 1, 2 e 3, enquanto que para a cultivar Electra esses valores foram de 9.411 kg ha⁻¹ no Local 1, de 9.293 kg ha⁻¹ no Local 2 e de 9.013 kg ha⁻¹ no Local 3 (Tabela 9).

Assunção (2020), trabalhando com a cultivar Agata, encontrou o maior acúmulo total de MS pela planta inteira de 8.438,6 kg ha⁻¹ ao aplicar a dose de 160 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio. No presente estudo, a dose de N aplicada é equivalente ao tratamento M3, o qual proporcionou quantidades máximas acumuladas de MS semelhantes às observadas por essa autora no Local 2 e no Local 3. Por outro lado, o tratamento com aplicação de 160 kg ha⁻¹ de N de forma parcelada (equivalente ao tratamento M2), para a cultivar Electra, nos Locais 1 e 2, proporcionou quantidades máximas de MS total acima do que a prática comum adotada por produtores, sem o parcelamento de doses, simulado no tratamento M3 do presente estudo, ou seja, o parcelamento de doses foi mais vantajoso no incremento de MS total das plantas de batata nesses locais.

De maneira geral, para as duas cultivares, o Local 1 apresentou os menores acúmulos de MS na planta inteira e nos tubérculos, bem como maior diferença entre os tratamentos para essas variáveis. Tal fato pode ser justificado pelas menores taxas máximas diárias de acúmulo de MS observadas nesse local de estudo, que reduziu a velocidade de ganho de biomassa, associadas à ocorrência de 282 mm de chuvas, reportadas no período entre o plantio e amontoa (Figura 1a, Tabela 9). Segundo Lizana et al. (2017) a ausência de chuvas após a fertilização inicial com N e temperaturas ideais (entre 16 e 20 °C), tornam mais favoráveis as condições de cultivo de batata, uma vez que, o acúmulo de MS pode ser reduzido devido a baixas intercepções de radiação pela cultura, provocando mudanças na dinâmica de

alocação da MS. Além disso, nesse local de estudo, pode ter ocorrido uma considerável redução na recuperação do N aplicado devido ao elevado potencial de lixiviação do nitrato, justificado por um maior volume de chuva ocorrido, reduzindo disponibilidade deste nutriente para as plantas, impactando de forma negativa na produção de MS (Zotarelli et al. 2015; Nurmanov et al. 2019; Souza et al. 2019).

As maiores doses de N aplicadas proporcionaram as maiores taxas de acúmulo de MS na planta inteira, dessa forma, o tratamento M1 aos 61 DAP proporcionou valor médio de taxa diária máxima de $143,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para a cultivar Agata e aproximadamente aos 58 DAP de $171,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para a cultivar Electra (Tabela 9). Por outro lado, as menores taxas de acúmulo de MS na planta inteira foram proporcionadas pelo tratamento sem aplicação de N (M5), em média de $107 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para a cultivar Agata e de $108,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para a cultivar Electra. Os demais tratamentos proporcionaram valores de taxas intermediários. Cohan et al. (2018) ressaltam que o ajuste do N na cultura da batata é fundamental e deve ser feito de forma que relacione a demanda pelo nutriente e a formação de biomassa acima do solo.

Em todos os tratamentos e cultivares estudadas, os tubérculos se tornaram drenos principais dos fotoassimilados a partir dos 39 DAP (Tabela 10). Especialmente no Local 1, onde houve maior efeito da adubação nitrogenada na produção de MS, o tratamento M5 (sem aplicação de N) proporcionou menor partição de MS para os tubérculos que os demais tratamentos. Assim, aos 99 DAP, 77,3%, 82,5%, 75,9%, 73,7% e 68,6% da MS total acumulada pela cultivar Agata, respectivamente, nos tratamentos M1, M2, M3, M4 e M5, era de tubérculos no Local 1 (Tabela 10). Na cultivar Agata, com exceção do tratamento M1 nos Locais 1 e 2, mais da metade de toda MS acumulada pela planta a partir dos 60 DAP foi composta por tubérculos, variando de 77,3% a 83,0% aos 99 DAP, enquanto que para a cultivar Electra, somente a partir dos 74 DAP, para os três locais, os tubérculos de representavam mais que 50% da MS total (Tabela 10).

Tabela 10 - Distribuição da matéria seca em cada parte da planta ao longo do ciclo das plantas das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
%												
Local 1												
M1												
Resto da planta	100	69,2	54,6	35,9	29,5	22,7	100	68,3	45,9	28,8	25,7	20,8
Tubérculos	-	30,8	45,4	64,1	70,5	77,3	-	31,7	54,1	71,2	74,3	79,2
M2												
Resto da planta	100	68,1	53,7	36,3	30,8	17,5	100	66,5	45,3	31,0	27,5	19,9
Tubérculos	-	31,9	46,3	63,7	69,2	82,5	-	33,5	54,7	69,0	72,5	80,2
M3												
Resto da planta	100	67,4	50,3	36,4	34,4	24,1	100	66,5	54,0	39,7	34,5	24,3
Tubérculos	-	32,6	49,7	63,6	65,6	75,9	-	33,5	46,0	60,3	64,5	75,7
M4												
Resto da planta	100	66,9	52,7	39,4	38,3	26,3	100	66,4	49,8	37,7	34,7	26,4
Tubérculos	-	33,1	47,3	60,6	61,7	73,7	-	33,6	50,2	62,3	65,3	73,6
M5												
Resto da planta	100	70,9	64,6	50,4	47,7	31,4	100	78,9	74,4	52,4	49,5	29,9
Tubérculos	-	29,1	35,4	46,6	52,3	68,6	-	21,1	25,6	47,6	50,5	70,1
Local 2												
M1												
Resto da planta	100	68,6	51,3	32,3	24,8	22,7	100	67,7	58,8	32,7	25,2	23,7
Tubérculos	-	31,4	48,7	67,7	75,2	77,3	-	32,3	46,2	67,3	74,8	76,3
M2												
Resto da planta	100	67,5	44,4	30,5	23,7	17,0	100	65,9	52,9	33,8	27,8	21,2
Tubérculos	-	32,5	55,6	69,5	76,3	83,0	-	34,1	47,1	66,2	72,2	78,8
M3												
Resto da planta	100	65,1	43,8	30,8	22,2	17,6	100	65,9	53,8	33,9	28,4	22,6
Tubérculos	-	34,9	56,2	69,2	77,8	82,4	-	34,1	46,2	66,1	71,6	77,4
M4												
Resto da planta	100	66,3	43,0	30,8	25,2	18,4	100	66,9	53,9	30,5	26,2	22,2
Tubérculos	-	33,7	57,0	69,2	74,8	81,6	-	33,1	46,1	69,5	73,8	77,8
M5												
Resto da planta	100	63,6	40,5	34,4	26,7	21,3	100	63,8	54,2	29,6	27,4	20,1
Tubérculos	-	36,4	59,5	65,6	73,3	78,7	-	36,2	45,8	70,4	72,6	79,9
Local 3												
M1												
Resto da planta	100	68,3	48,5	32,3	24,5	22,9	100	66,8	44,9	31,3	26,2	22,7
Tubérculos	-	31,7	51,5	67,7	75,5	77,1	-	33,2	55,1	68,7	73,8	77,3
M2												
Resto da planta	100	67,8	47,9	33,0	26,5	24,9	100	67,9	46,8	31,7	27,9	20,5
Tubérculos	-	32,2	52,1	67,0	73,5	75,1	-	32,1	53,2	68,3	71,1	79,5
M3												
Resto da planta	100	66,2	46,7	28,7	23,9	19,1	100	68,0	48,5	33,3	29,1	22,1
Tubérculos	-	33,8	53,2	71,3	76,1	80,9	-	32,0	51,5	66,7	70,9	77,9
M4												
Resto da planta	100	66,9	47,4	28,9	22,3	20,5	100	67,2	46,2	31,7	26,9	22,6
Tubérculos	-	33,1	52,6	71,1	77,7	79,5	-	32,8	53,8	68,3	73,1	77,4
M5												
Resto da planta	100	64,2	46,6	29,7	26,4	18,7	100	64,4	46,9	33,2	29,8	26,1
Tubérculos	-	35,8	53,4	70,3	73,6	81,3	-	35,6	53,1	66,8	70,2	73,9

^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

Aos 99 DAP, para a cultivar Electra no Local 2, o tratamento M2 proporcionou a maior porcentagem de MS seguido de M1, M3, M4 e M5. No Local 2, esta mesma cultivar apresentou variação na porcentagem de MS particionada para os tubérculos de 76,3% a 79,9%, enquanto que no Local 3 a variação observada foi de 79,5% a 73,9% (Tabela 10).

Os resultados obtidos sugerem que a deficiência de N limita o crescimento da planta de batata, bem com a partição de MS para os tubérculos, principalmente em condições que apresentem respostas aos manejos da adubação nitrogenada (Tabelas 9 e 10). Por outro lado, a aplicação de uma dose elevada de N, como a utilizado no tratamento M1 (320 kg ha^{-1}), apesar de proporcionar maior acúmulo de MS na planta inteira e nos tubérculos, pode não proporcionar a maior partição de MS para os tubérculos. Pode-se dizer ainda que, as observações realizadas no presente estudo corroboram com as citações de Koch et al. (2019), que relataram que a tuberização pode ser atrasada quando ocorre o fornecimento de altas doses de N às plantas de batata.

4.3 Marcha de absorção de macronutrientes

4.3.1 Nitrogênio

Nas duas cultivares, nos três locais, foram observados maiores teores de N no resto da planta do que nos tubérculos (Tabela 11). Nos tubérculos, a partir dos 39 DAP, época de início do desenvolvimento destes, foi possível observar os maiores teores de N, proporcionados pelo tratamento M1 para a cultivar Agata, que foram de $24,4 \text{ g kg}^{-1}$, $25,3 \text{ g kg}^{-1}$ e $26,0 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente nos Locais 1, 2 e 3. Para a cultivar Electra, os maiores teores de N nos tubérculos foram observados aos 60 DAP e foram proporcionados pelos tratamentos M2, nos Locais 1 e 2 e pelo tratamento M1 aos 39 DAP no Local 3 (Tabela 11). Fernandes (2010), estudando diferentes cultivares de batata, encontrou teores de N variando de 21 a 25 g kg^{-1} nos tubérculos aos 34 DAP, assim sendo, pode-se dizer que, de maneira geral, os valores proporcionados pelos diferentes tratamentos de N no presente estudo foram superiores para a cultivar Electra, e semelhantes para a cultivar Agata. De maneira geral, com o avanço do desenvolvimento das plantas os teores de N no resto da planta decresceram e nos tubérculos foram relativamente constantes, evidenciando

remobilização do N do resto da planta para os tubérculos, já que, principalmente na segunda metade do ciclo, o acúmulo de biomassa nos tubérculos foi muito intenso nos tubérculos e praticamente não ocorreu no resto da planta, o que torna importante a época da determinação do teor de N (WALWORTH; MUNIZ, 1993; FERNANDES, 2010).

Observou-se que os teores de N nos tubérculos obtidos para a cultivar Electra foram menores do que os verificados para a cultivar Agata. Tal fato, segundo alguns autores (HARRIS, 1992; MARSCHENER, 1995; YORINORI, 2003; NUNES et al., 2006; ZEBARTH et al., 2006; BRAUN et al., 2011; FERNANDES et al., 2011), pode estar associado à diversos fatores que influenciam a taxa de crescimento das plantas e sua consequente absorção de nutrientes como: cultivar, época do ano, condições climáticas, irrigação, intensidade da luz, manejos de adubação.

Os manejos de N afetaram o acúmulo de N no resto da planta em praticamente todas as épocas de amostragem, de ambas as cultivares e nos três locais (Figuras 4a, 4d, 4g, 5a, 5d e 5g). De forma geral, os acúmulos máximos variaram ligeiramente em função da cultivar, ocorrendo em média, aos 70 DAP para a cultivar Agata e aos 66 DAP para a cultivar Electra. Até a primeira coleta de plantas, aos 25 DAP, os tratamentos da cultivar Agata, apresentaram acúmulos pequenos e com valores semelhantes entre os tratamentos, nos três locais de estudo, enquanto que, nesse mesmo período, para a cultivar Electra, já era possível identificar pequenas diferenças de acúmulos de N entre os diferentes tratamentos. A partir dos 39 DAP, o acúmulo de N no resto da planta de todos os tratamentos, se tornou mais intenso e, em algumas avaliações o tratamento M1 acumulou quantidades de MS no resto da planta semelhante a proporcionada pelo tratamento M2, no entanto, no final das avaliações, a maior quantidade de N acumulada no resto da planta foi proporcionada pelo tratamento M1, enquanto o menor acúmulo foi proporcionado pelo tratamento M5. No tratamento M5, o aumento da quantidade acumulada de N ocorreu, em média, aproximadamente até os 65 DAP para cultivar Agata e até os 62 DAP para a cultivar Electra.

Tabela 11 - Teor de N em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	100	25	39	60	74	89	100
g kg ⁻¹												
Local 1												
M1												
Resto da planta	39,9	36,1	33,6	35,1	27,3	21,9	43,0	37,2	35,6	34,5	28,5	20,6
Tubérculos	-	24,4	19,5	22,6	20,1	16,9	-	17,2	17,1	15,0	15,9	15,3
M2												
Resto da planta	36,6	30,2	28,0	35	24,1	18,9	37,4	34,4	31,0	31,0	25,2	18,5
Tubérculos	-	19,1	14,9	14,5	15,5	15,5	-	11,3	15,6	13,6	14,5	14,3
M3												
Resto da planta	37,8	32,8	34,8	28,3	26,2	20,4	34,6	30,1	28,0	29,7	23,7	21,6
Tubérculos	-	17,7	13,5	14,7	14,9	14,3	-	11,7	13,6	11,6	12,4	13,8
M4												
Resto da planta	36,7	32,9	32,8	33,6	25,8	17,8	32,8	28,0	31,0	33,1	26,3	21,5
Tubérculos	-	17,0	13,2	14,3	15,2	13,1	-	11,3	10,0	10,8	11,6	11,6
M5												
Resto da planta	34,8	32,0	32,0	31,8	28,0	21,5	31,4	30,6	25,6	26,0	20,9	17,6
Tubérculos	-	16,2	17,0	13,1	13,3	14,5	-	10,4	11,2	8,0	7,4	8,0
Local 2												
M1												
Resto da planta	40,9	37,1	34,6	37,5	38,3	36,3	44,0	38,2	36,4	35,4	29,5	28,9
Tubérculos	-	25,3	20,5	23,6	21,1	20,3	-	18,1	18,1	16,0	16,7	16,2
M2												
Resto da planta	37,5	36,7	36,5	36,0	35,9	31,1	38,4	35,4	32,0	32,0	27,9	28,2
Tubérculos	-	20,0	13,7	15,5	16,4	13,0	-	12,3	16,0	14,6	14,5	14,1
M3												
Resto da planta	38,3	35,6	36,1	35,6	35,2	30,0	36,6	35,1	30,7	31,2	25,9	27,8
Tubérculos	-	16,9	18,0	17,1	18,1	13,5	-	13,1	14,6	12,4	12,4	12,5
M4												
Resto da planta	38,1	34,9	37,0	33,2	31,1	29,8	35,5	34,6	35,5	35,4	24,8	28,5
Tubérculos	-	17,7	17,8	15,3	16,2	13,4	-	14,7	14,0	14,4	14,6	14,6
M5												
Resto da planta	35,6	33,0	32,7	31,8	30,0	26,8	32,3	29,3	31,6	29,4	23,6	28,1
Tubérculos	-	14,8	14,8	16,2	13,0	8,74	-	13,5	13,4	13,6	10,1	8,2
Local 3												
M1												
Resto da planta	41,6	37,7	35,2	36,7	34,7	29,1	44,6	38,8	37,1	36,1	30,1	31,3
Tubérculos	-	26,0	21,2	24,3	21,7	20,6	-	18,8	18,7	16,6	15,8	21,2
M2												
Resto da planta	38,7	37,4	37,1	36,7	36,5	24,5	39,1	36,0	32,7	32,7	25,6	20,7
Tubérculos	-	20,7	15,4	18,2	17,1	13,0	-	13,0	17,2	15,3	16,1	15,4
M3												
Resto da planta	40,0	36,3	39,0	38,0	35,9	26,4	38,4	36,8	32,1	31,4	26,6	27,5
Tubérculos	-	18,3	14,7	18,2	17,8	16,4	-	13,8	15,3	13,3	14,0	11,7
M4												
Resto da planta	37,0	35,5	37,5	38,6	31,7	25,2	35,8	31,9	36,7	36,6	29,2	21,7
Tubérculos	-	17,6	14,5	15,7	14,6	13,7	-	13,6	15,0	15,0	13,2	13,0
M5												
Resto da planta	36,5	33,6	34,1	33,5	27,2	29,8	26,1	25,2	24,5	24,1	18,0	14,7
Tubérculos	-	15,5	19,4	19,2	16,2	9,8	-	14,2	14,0	14,3	16,8	10,9

^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

O acúmulo de N nos tubérculos das duas cultivares foi significativamente afetado pelos manejos do N, nos três locais de estudo (Figuras 4b, 4e, 4h, 5b, 5e e 5h). Durante o intervalo entre a primeira e a segunda coleta de plantas, ou seja, dos 25 aos 39 DAP, as duas cultivares, nos três locais, apresentaram comportamento semelhante, ou seja, com lento acúmulo inicial de N nos tubérculos e pequena ou nenhuma diferença entre os tratamentos estudados. Dos 39 DAP até próximo ao final do ciclo (99 DAP), período este que coincide com a fase de enchimento de tubérculos, que segundo Fernandes (2010) acontece aproximadamente dos 42 aos 90 DAP, foi observado ocorrência de incremento contínuo da quantidade acumulada de N nos tubérculos nos tratamentos com as maiores doses de N. No Local 1, o tratamento M5, para a cultivar Electra, proporcionou quantidade acumulada de N abaixo dos demais tratamentos dos 39 DAP até o final das avaliações (Figura 5b), enquanto que no Local 2 e no Local 3, nas duas cultivares, a partir dos 74 DAP houve redução acentuada na quantidade de N acumulada por esse tratamento (Figuras 4e, 4h, 5e e 5h).

O tratamento M1 (320 kg ha⁻¹ aplicados de forma parcelada), exceto no Local 1, para a cultivar Agata, que foi semelhante a quantidade acumulada pelo tratamento M2, e, no Local 2, para a cultivar Electra, que foi semelhante a quantidade acumulada pelos tratamentos M2 e M3, diferiu dos demais tratamentos, e de modo geral, proporcionou a maior quantidade de N acumulada nos tubérculos, para as duas cultivares e nos três locais (Figuras 4b, 4e, 4h, 5b, 5e e 5h; Tabela 12). O tratamento M1 proporcionou acúmulo de N nos tubérculos, para a cultivar Agata, superior em 237% no Local 1, de 232% no Local 2 e de 211% no Local 3 ao proporcionado pelo tratamento M5 (testemunha sem N).

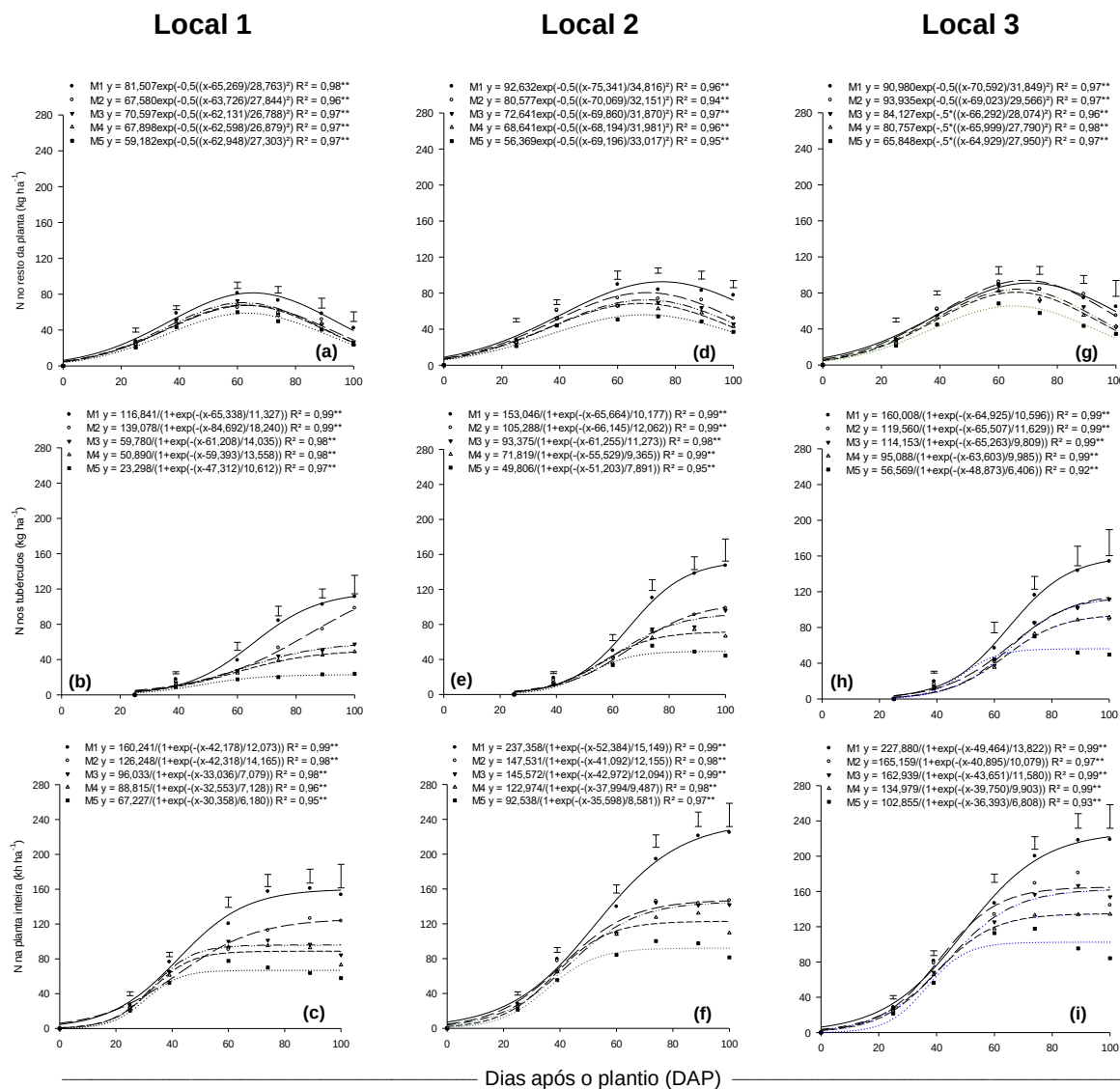
Por outro lado, para a cultivar Electra, este tratamento foi superior em 439% no Local 1, de 166% no Local 2 e de 219% no Local 3 em relação ao tratamento M5 (Tabela 12). Fernandes et al. (2011), ao estudar diversas cultivares de batata, observaram que, em média, o acúmulo máximo de N no final do ciclo foi de 95 kg ha⁻¹. Porém, no presente estudo, os tratamentos em que ocorreu o fornecimento de maiores doses de adubo nitrogenado (320 e 160 kg ha⁻¹ de N, de forma parcelada ou não), para as duas cultivares, nos três locais de estudo, proporcionaram valores de acúmulos máximos superiores ao encontrados pelos autores citados (Tabela 12). A quantidade acumulada de N nos tubérculos apresentou a seguinte ordem entre os

tratamentos: $M1 > M2 > M3 > M4 > M5$. Vale destacar que, o parcelamento da dose de N recomendada de 160 kg ha^{-1} (M2) proporcionou no final das avaliações acúmulo de N nos tubérculos maior que a aplicação da mesma dose de N integralmente no plantio (M3) (Tabela 12), especialmente no Local 1, sendo semelhante ao acúmulo proporcionado pelo tratamento M1 para a cultivar Agata, onde houve maior volume de chuva entre o plantio e amontoa (Figura 1). Sabe-se que quando as condições são favoráveis ao crescimento e, conseqüentemente, à produção de tubérculos, dependendo da época do ano e do modo de aplicar o fertilizante, há ocorrência de maior recuperação do N pelos tubérculos, chegando a valores que podem variar de 30% a 60% (MAIDL et al., 2002; FERNANDES, 2017), o que pode refletir na quantidade a ser acumulada por este órgão da planta.

A cultivar Agata apresentou maiores taxas de acúmulo de N nos tubérculos em comparação com a cultivar Electra, nos três locais de estudo (Tabela 12). O tratamento M1 proporcionou as maiores taxas diárias máximas de acúmulo, em média $3,55 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para a cultivar Agata e em média $2,36 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para a cultivar Electra. O tratamento M2, com aplicação de 160 kg ha^{-1} de forma parcelada, proporcionou a segunda maior taxa diária máxima de acúmulo de N nos tubérculos que foi, para a cultivar Agata, de $1,69 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 1, de $2,40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 2 e de $2,91 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ no Local 3. Para a cultivar Electra, esses valores foram de $1,49 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, de $2,08 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e de $1,95 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente no Local 1, 2 e 3 (Tabela 12). Porém, para ambas as cultivares e em todos os tratamentos, foram observados maiores valores de taxa máxima de acúmulo de N nos tubérculos nos Locais 2 e 3, em comparação ao Local 1, o que pode estar relacionado a condição climática e as taxas de crescimento da cultura (Figura 1; Tabela 9).

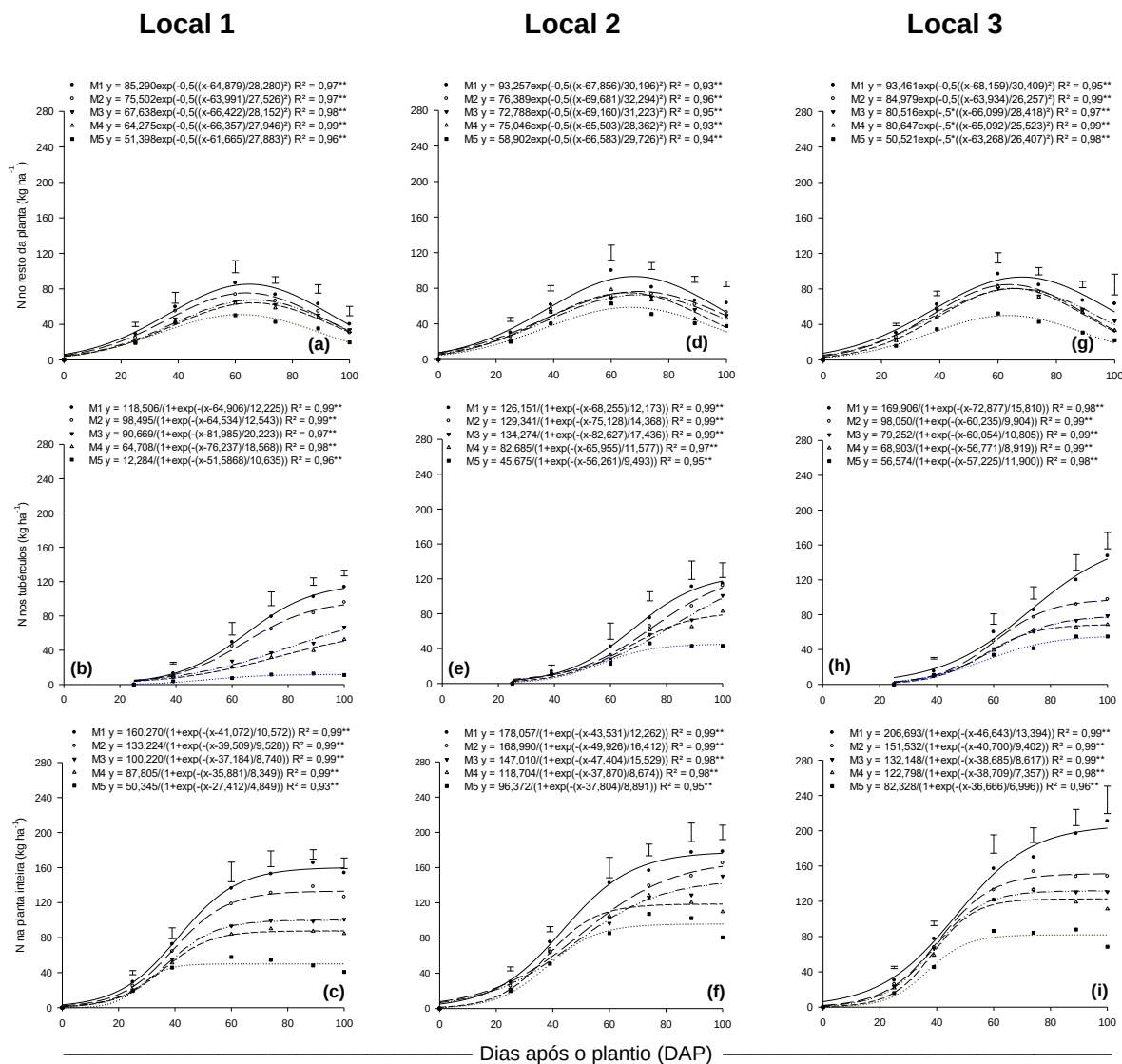
Apesar dos tubérculos acumularem N durante todo o ciclo de desenvolvimento, a época com a maior taxa de acúmulo desse nutriente para a cultivar Agata ocorreu aproximadamente dos 62 aos 97 DAP e dos 72 aos 99 DAP para a cultivar Electra (Tabela 12). A cultivar Agata apresentou duração da taxa diária máxima de acúmulo de N nos tubérculos de 19 dias no Local 1 e no Local 2 e de 11 dias no Local 3. Para a cultivar Electra, houve variação na duração da taxa máxima diária de acúmulo de N, que foi de 22, 12 e 14 dias, respectivamente, no Local 1, 2 e 3.

Figura 4 - Quantidade de N no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 5 - Quantidade de N no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) na cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 12 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de N nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	Agata								Electra							
	Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima		Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima	
	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta
	— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —		— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —	
Local 1																
M1	114,4a	153,6a	2,91	3,28	19	22	75	43	113,7a	154,0a	1,97	3,39	20	19	73	43
M2	98,3a	123,6b	1,69	2,58	16	20	70	41	95,9b	126,5b	1,49	3,02	23	19	74	44
M3	57,6b	84,5c	0,96	2,88	24	17	71	39	66,9c	100,8c	0,83	2,51	23	18	76	41
M4	48,8bc	72,9c	0,77	2,68	21	16	68	37	52,5d	84,5d	0,68	2,28	24	17	74	40
M5	33,9c	57,9c	0,57	2,31	13	15	62	37	21,1e	40,8e	0,80	2,00	19	14	77	36
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	13,3	12,2	-	-	-	-	-	-	4,2	5,3	-	-	-	-	-	-
Local 2																
M1	147,2a	225,0a	3,96	4,16	20	23	75	43	114,8a	178,3a	2,43	3,41	14	21	76	44
M2	98,7b	150,8b	2,40	3,56	21	21	76	46	112,4a	165,4ab	2,08	2,54	15	22	77	53
M3	96,1b	141,9b	1,60	3,07	21	22	72	47	100,9a	150,4b	1,79	2,49	13	18	76	49
M4	66,6c	109,5c	1,59	2,91	13	19	66	42	82,7b	129,1c	2,13	2,79	7	21	72	45
M5	44,4c	81,6d	1,29	2,43	19	18	73	41	43,1c	80,7d	2,11	2,34	10	19	73	43
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	12,3	8,4	-	-	-	-	-	-	8,2	6,1	-	-	-	-	-	-
Local 3																
M1	154,2a	218,9a	3,79	3,73	11	22	74	48	147,6a	211,0a	2,58	3,97	14	17	78	46
M2	102,3b	144,4b	2,91	3,74	10	19	73	45	97,8b	130,6b	1,95	3,04	15	16	78	48
M3	111,7b	159,9b	3,11	3,27	9	20	74	46	68,7c	112,7b	1,65	3,56	13	18	77	47
M4	91,3b	134,2b	2,49	3,11	10	20	74	45	68,6c	101,8b	1,61	2,92	13	20	77	46
M5	49,6c	80,7c	2,23	3,08	14	16	73	46	46,3d	68,5c	1,19	2,21	14	17	78	45
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	7,8	8,9	-	-	-	-	-	-	9,7	11,0	-	-	-	-	-	-

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os tratamentos de N afetaram o acúmulo de N pela planta inteira nas duas cultivares e nos três locais (Figuras 4c, 4f, 4i, 5c, 5f e 5i). Para a cultivar Agata (Figuras 4c, 4f e 4i), até os 25 DAP não foram observadas diferenças entre os tratamentos, enquanto no mesmo período para a cultivar Electra foi possível identificar diferenças entre os manejos de N estudados (Figuras 5c, 5f e 5i). O período no qual as cultivares apresentaram menor acúmulo de N na planta inteira coincidiu com o período de menor acúmulo de MS (Figuras 2 e 3), apesar do fato de que inicialmente as plantas apresentavam maior teor de N, principalmente no resto da planta (Tabela 11).

A partir dos 40 DAP, iniciou-se o período de enchimento dos tubérculos, aumentando dessa forma a demanda de N, e como resultado, incremento intenso no acúmulo de N pela planta inteira até próximo do final do ciclo, especialmente no tratamento M1 e nos Locais 2 e 3, onde a disponibilidade de N era maior. Aos 99 DAP, foram observadas as quantidades máximas acumuladas de N pela planta inteira para as duas cultivares estudadas (Tabela 12). O tratamento M1 proporcionou a maior quantidade acumulada de N na planta inteira, diferindo de todos os demais tratamentos, com exceção da cultivar Electra, no Local 2, onde não diferiu do M2, enquanto que os tratamentos M2, M3 e M4, proporcionaram quantidades intermediárias, eventualmente não diferindo dos tratamentos M1 ou M5 e, por fim, o tratamento M5 proporcionou a menor quantidade de N acumulada pela planta inteira (Tabela 12). Assim, houve aumentos lineares (exceção para a cultivar Electra no Local 2) na quantidade total de N acumulada em função do aumento das doses de N aplicada, independentemente da forma de manejo (Figuras 6a e 6b).

Também houve grande variação entre os locais, quanto à quantidade de N acumulada, o que pode estar relacionada à disponibilidade de N no solo e às condições climáticas (Figura 1), que interferiram no crescimento das plantas (Figuras 2 e 3). Para a cultivar Agata, o tratamento M1 proporcionou acúmulos de N de 153,6, 225,0 e 218,9 kg ha⁻¹, nos Locais 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 12). Já para a cultivar Electra, o tratamento M1 proporcionou acúmulos de N de 154,0, 178,3 e 211,0 kg ha⁻¹, nos Locais 1, 2 e 3, respectivamente. Yorinori (2003), em estudo sobre crescimento e o acúmulo de nutrientes pela cultivar Atlantic, encontrou acúmulos totais de 140 kg ha⁻¹ na safra das águas e 119 kg ha⁻¹ na safra das secas,

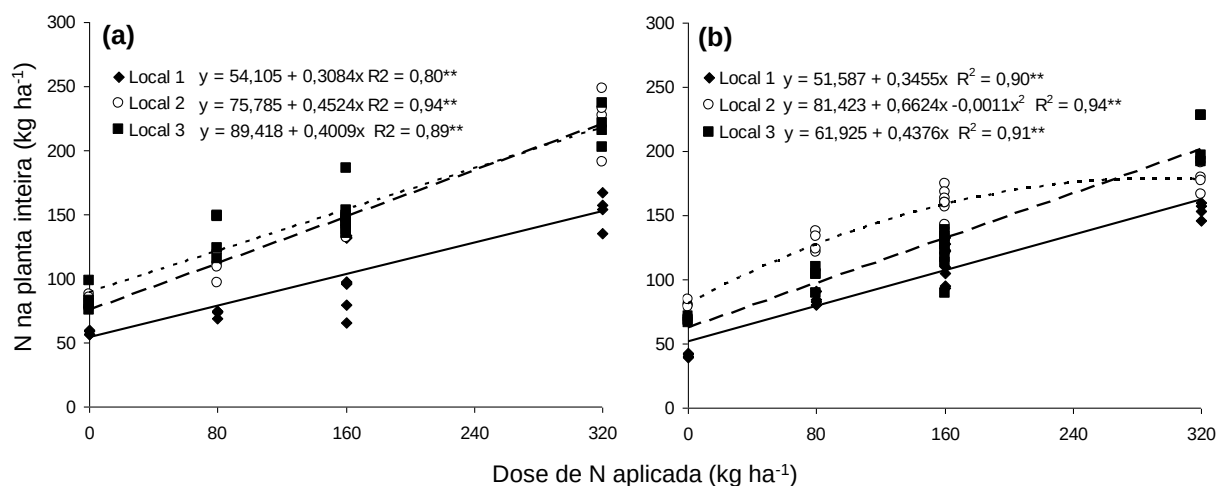
enquanto que Fernandes (2010) encontrou valores de acúmulo máximo de N pela planta inteira de 115 kg ha⁻¹ para a cultivar Mondial.

Apesar das variações entre as combinações cultivares/locais, de maneira geral, o tratamento M1 proporcionou acúmulo de N na planta inteira 186% maior que no tratamento M5 (Tabela 12). Em comparação com o tratamento M5, o tratamento M2 proporcionou acúmulo total de N 114% maior, enquanto o tratamento M3 proporcionou acúmulo de N apenas 86% maior, evidenciando a importância do parcelamento do N para aumentar o aproveitamento do nutriente pela cultura.

O tratamento M5 proporcionou as menores taxas diárias máximas de acúmulo de N na planta inteira, em média de 2,61 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Agata e de 2,18 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Electra, e o maior valor nesse tratamento foi observado no Local 3 (Tabela 12). De modo geral, as taxas diárias máximas de acúmulo de N na planta inteira foram maiores conforme se aumentou a dose de N aplicada. No tratamento M1, as taxas variaram de 3,28 a 4,16 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Agata e de 3,39 a 3,97 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Electra. A demanda por N foi mais acentuada e o período de ocorrência das maiores taxas diárias de acúmulo de N na planta inteira ocorreu em média dos 37 aos 70 DAP para a cultivar Agata e dos 36 aos 77 DAP para a cultivar Electra (Tabela 12). Fernandes et al. (2011) relataram que a maior demanda por N na planta inteira, ou seja, o período em que as taxas diárias de acúmulo foram máximas, ocorreu dos 45 aos 66 DAP. No presente estudo observa-se que houve em média um incremento de 3 dias até o final desse período para a cultivar Agata e de 11 dias para a cultivar Electra. Além disso, esses autores relataram que, em média 15 dias após a ocorrência das taxas máximas de acúmulo de N na planta, ocorreram as taxas diárias máximas de acúmulo de N nos tubérculos, sugerindo a ocorrência da redistribuição do N absorvido pela planta inteira para os tubérculos. Tal fato pôde ser comprovado no presente estudo pela diminuição do teor de N no resto da planta ao longo do ciclo da cultura, uma vez que o N é um nutriente que apresenta elevada mobilidade dentro da planta (Tabela 11).

No presente estudo, no entanto, observou-se que a diferença no período de ocorrência entre as maiores taxas de N acumulado na planta e as taxas de N acumulado nos tubérculos foram de 25 dias para a cultivar Agata e de 36 dias para a cultivar Electra, ou seja, respectivamente, 10 e 21 dias após o período observado por Fernandes et al. (2011).

Figura 6 - Relação entre as doses de N aplicadas, independentemente do manejo, e a quantidade total de N acumulada na planta inteira das cultivares de batata Agata (a) e Electra (b), em três locais de cultivo



****significativo a 1% de probabilidade pelo teste F**

Segundo alguns estudos de marcha de absorção de nutrientes realizados por Yorinori (2003) e Fernandes et al. (2011), aproximadamente de 60 a 77% da quantidade total de N é absorvida na fase de enchimento de tubérculos (42 aos 90 DAP). A partir dos 60 DAP, acredita-se que as plantas já tenham realizado 44% da absorção total de N (FERNANDES, 2010), assim sendo, notou-se que para as duas cultivares, nos três locais, ocorreram remobilização e translocação do N das partes aéreas, que constituíram a maior parte do resto da planta, para os órgãos em crescimento, no caso, os tubérculos (MALAVOLTA, 2006). Observa-se que esse intenso decréscimo nas porcentagens de N no resto da planta em relação ao N na planta inteira ocorreu entre 60 e 70 DAP, ou seja, 10 dias após o decréscimo observado de MS do resto da planta (Tabelas 10 e 13). Posteriormente, essa redução, tanto do acúmulo de N quanto da porcentagem em relação à planta toda, pode ser relacionada à redução da parte aérea ao longo do ciclo, reduzindo, dessa forma, a MS foliar e, conseqüentemente, a redução da MS do resto da planta e da quantidade de N acumulada nessa parte da planta na fase final do ciclo da cultura da batata.

Aos 99 DAP, o total de N acumulado nos tubérculos em relação ao N acumulado na planta inteira, representou, em média, 67% para as duas cultivares, nos três locais de estudo (Tabela 13).

Tabela 13 - Distribuição do N acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
%												
Local 1												
M1												
Resto da planta	100	76,9	67,5	46,5	36,3	27,6	100	82,4	63,7	48,3	38,1	26,1
Tubérculos	-	23,1	32,5	53,5	63,7	72,4	-	17,6	36,6	51,7	61,9	73,9
M2												
Resto da planta	100	77,2	71,8	52,7	41,0	20,3	100	85,7	62,8	51,0	39,7	24,2
Tubérculos	-	22,8	28,2	47,3	59,0	79,7	-	14,3	37,2	49,0	60,3	75,8
M3												
Resto da planta	100	79,4	72,6	56,8	47,9	31,8	100	83,6	70,6	62,8	51,3	33,4
Tubérculos	-	20,6	27,4	43,2	52,1	68,2	-	16,4	29,4	37,2	48,7	66,6
M4												
Resto da planta	100	79,7	73,7	59,2	51,2	32,9	100	81,9	75,8	64,9	54,6	37,8
Tubérculos	-	20,3	26,3	40,8	48,8	67,1	-	18,1	24,2	35,1	45,4	62,2
M5												
Resto da planta	100	82,8	77,3	71,3	63,6	41,4	100	91,7	87,0	78,6	73,5	48,3
Tubérculos	-	17,2	22,7	28,7	36,4	58,6	-	8,3	13,0	21,4	26,5	51,7
Local 2												
M1												
Resto da planta	100	76,2	64,1	43,2	37,5	34,7	100	81,5	70,3	51,9	37,6	35,7
Tubérculos	-	23,8	35,9	56,8	62,5	65,3	-	18,5	29,7	48,1	62,4	64,3
M2												
Resto da planta	100	79,2	68,1	50,6	44,3	32,8	100	84,7	69,3	52,9	41,0	32,1
Tubérculos	-	20,8	31,9	49,4	55,7	67,2	-	15,3	30,7	47,1	59,0	67,9
M3												
Resto da planta	100	79,7	61,0	48,2	45,3	32,2	100	83,6	70,9	55,5	43,6	33,0
Tubérculos	-	20,3	39,0	51,8	54,7	67,8	-	16,4	29,1	44,5	56,4	67,0
M4												
Resto da planta	100	79,5	60,9	49,2	44,1	39,5	100	82,7	74,8	52,0	41,0	35,9
Tubérculos	-	20,5	39,1	50,8	55,9	60,5	-	17,3	25,2	48,0	59,0	64,1
M5												
Resto da planta	100	79,6	60,2	45,3	45,2	45,1	100	79,3	73,5	47,5	39,8	36,6
Tubérculos	-	20,4	39,8	54,7	54,8	54,9	-	20,7	26,5	52,5	60,2	63,4
Local 3												
M1												
Resto da planta	100	75,8	61,2	42,0	34,2	29,7	100	80,6	61,8	49,8	40,4	29,8
Tubérculos	-	24,2	38,8	58,0	65,8	70,3	-	19,4	38,2	50,2	59,6	70,2
M2												
Resto da planta	100	79,2	69,0	49,9	43,6	37,9	100	85,4	62,7	49,9	38,3	25,1
Tubérculos	-	20,8	31,0	50,1	56,4	62,1	-	14,6	37,3	50,1	61,7	74,9
M3												
Resto da planta	100	79,5	70,4	45,6	38,8	27,9	100	84,9	66,3	54,2	43,8	38,9
Tubérculos	-	20,5	29,6	54,4	61,2	72,1	-	15,1	33,7	45,8	56,2	61,1
M4												
Resto da planta	100	80,3	69,9	50,0	38,4	31,9	100	82,7	67,8	53,3	44,9	32,4
Tubérculos	-	19,7	30,1	50,0	61,6	68,1	-	17,3	32,2	46,7	55,1	67,6
M5												
Resto da planta	100	79,6	60,5	42,5	37,7	30,8	100	76,2	60,7	45,5	31,5	30,4
Tubérculos	-	20,4	39,5	57,5	62,3	69,2	-	23,8	39,3	54,5	68,5	69,6

^aDias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ 10 aos DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

Os valores observados corroboram com os encontrados por Paula et al. (1986) e Fernandes et al. (2011). Com exceção da cultivar Agata, no Local 3, notou-se que o tratamento M2 (160 kg ha⁻¹ aplicados de forma parcelada) proporcionou maior partição de N para os tubérculos em relação aos outros tratamentos. Assim como observado para a MS (Tabela 10), o tratamento M5 (sem aplicação de N) proporcionou menor partição de N para os tubérculos que os demais tratamentos, especialmente no Local 1 (Tabela 13), onde a disponibilidade inicial de N no solo provavelmente era menor e houve grande volume de chuva no início do ciclo da cultura (Figura 1).

4.3.2 Fósforo

Os maiores teores de P, tanto no resto da planta quanto nos tubérculos, foram observados nas primeiras datas de coletas, para as duas cultivares, nos três locais (Tabela 14). O tratamento M1 proporcionou os maiores teores de P no resto da planta e nos tubérculos, nas primeiras épocas de amostragem, em todas as combinações cultivar/local. De maneira geral, o teor de P do resto da planta, para a cultivar Agata aos 25 DAP, foi inferior ao da cultivar Electra. Ao longo do desenvolvimento das plantas de batata, as duas cultivares comportaram-se de forma semelhante e apresentaram reduções nos teores de P em ambas as partes da planta, independentemente do local de estudo e do manejo de N. No final do ciclo (99 DAP), os teores de P nos tubérculos variaram entre 2,10 e 2,70 g kg⁻¹ para a cultivar Agata e entre 2,19 a 2,63 g kg⁻¹ para a cultivar Electra, e pode-se considerar que ficaram dentro da faixa observada por Fernandes (2010), ao trabalhar com diferentes cultivares de batata.

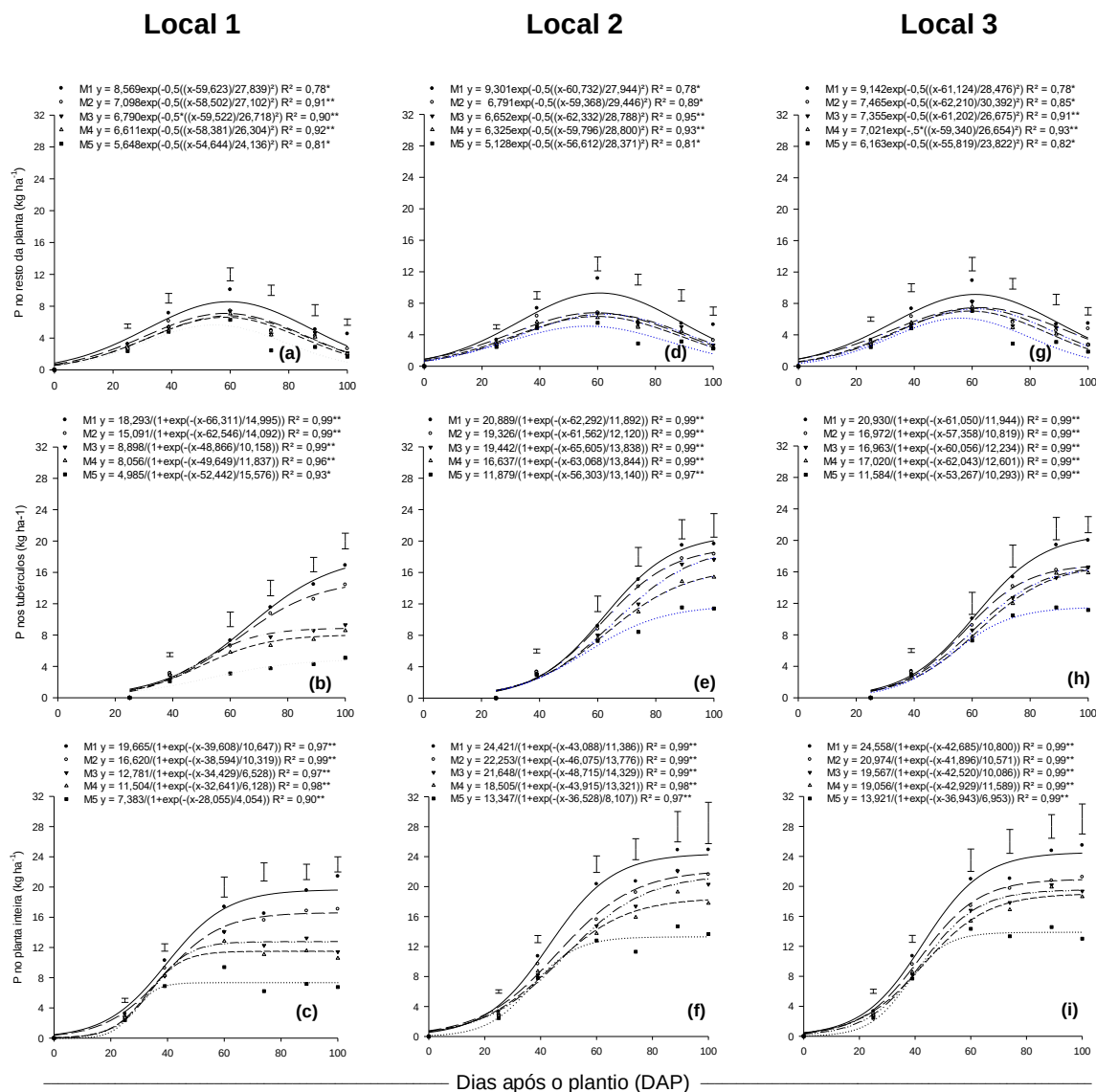
Para as duas cultivares em todos os locais, o acúmulo de P no resto da planta foi afetado de forma significativa pelos manejos de N (Figuras 7a, 7d, 7g, 8a, 8d e 8g). Aos 25 DAP, ambas as cultivares não apresentaram diferenças entre os manejos de N, sendo que a partir da segunda coleta de planta (39 DAP) foi possível observar diferenciação entre os tratamentos, com destaque para o tratamento M5, que proporcionou o menor acúmulo de P no resto da planta até o final das observações, dependendo da época e do local estudado (Figuras 7a, 7d, 7g, 8a, 8d e 8g).

Tabela 14 - Teor de P em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
g kg ⁻¹												
Local 1												
M1												
Resto da planta	4,71	4,37	4,17	2,38	2,38	2,34	5,14	3,68	3,37	2,48	2,98	1,78
Tubérculos	-	4,35	3,62	3,10	2,84	2,57	-	4,14	3,59	3,15	2,73	2,50
M2												
Resto da planta	4,42	3,68	3,20	2,32	2,00	1,99	5,12	3,52	3,26	2,35	2,60	1,49
Tubérculos	-	4,00	3,30	2,92	2,61	2,29	-	3,97	3,27	3,03	2,57	2,39
M3												
Resto da planta	4,16	3,39	3,54	2,63	2,63	1,61	5,01	3,38	3,44	2,35	2,60	1,44
Tubérculos	-	3,77	3,27	2,60	2,55	2,34	-	3,74	3,12	2,88	2,43	2,49
M4												
Resto da planta	4,07	3,64	3,35	2,49	2,24	1,49	5,07	3,23	3,22	2,39	2,89	1,51
Tubérculos	-	3,95	3,08	2,46	2,51	2,28	-	3,44	3,14	2,69	2,24	2,35
M5												
Resto da planta	4,01	3,52	3,42	1,56	1,81	1,50	5,00	3,19	3,05	2,11	2,61	1,10
Tubérculos	-	3,76	3,07	2,47	2,47	2,10	-	3,50	2,81	2,19	2,36	2,19
Local 2												
M1												
Resto da planta	4,84	4,50	4,30	2,52	2,51	2,47	5,27	3,81	3,50	2,61	3,11	1,91
Tubérculos	-	4,48	3,75	3,23	2,97	2,70	-	4,27	3,72	3,28	2,86	2,63
M2												
Resto da planta	4,52	3,81	3,33	2,45	2,13	2,12	5,25	3,65	3,39	2,48	2,73	1,62
Tubérculos	-	4,13	3,43	3,05	2,74	2,42	-	4,10	3,40	3,16	2,70	2,52
M3												
Resto da planta	4,29	3,52	3,67	2,76	2,76	1,74	5,14	3,51	3,57	2,48	2,73	1,57
Tubérculos	-	3,90	3,40	2,73	2,68	2,47	-	3,87	3,25	3,01	2,56	2,62
M4												
Resto da planta	4,20	3,77	3,48	2,62	2,37	1,62	5,20	3,36	3,35	2,52	3,02	1,64
Tubérculos	-	4,08	3,21	2,59	2,64	2,41	-	3,90	3,27	2,82	2,37	2,48
M5												
Resto da planta	4,14	3,65	3,55	1,69	1,94	1,63	5,13	3,32	3,18	2,24	2,74	1,23
Tubérculos	-	3,89	3,20	2,60	2,60	2,23	-	3,63	2,94	2,32	2,49	2,32
Local 3												
M1												
Resto da planta	4,82	4,48	4,28	2,49	2,49	2,45	5,25	3,79	3,48	2,59	3,09	1,89
Tubérculos	-	4,46	3,73	3,21	2,95	2,68	-	4,25	3,70	3,26	2,84	2,61
M2												
Resto da planta	4,53	3,79	3,31	2,49	2,11	2,10	5,23	3,63	3,37	2,46	2,71	1,60
Tubérculos	-	4,11	3,41	3,03	2,72	2,40	-	4,08	3,38	3,14	2,68	2,50
M3												
Resto da planta	4,27	3,50	3,65	2,74	2,74	1,72	5,12	3,49	3,55	2,46	2,71	1,55
Tubérculos	-	3,88	3,38	2,71	2,66	2,45	-	3,85	3,23	2,99	2,54	2,60
M4												
Resto da planta	4,18	3,75	3,46	2,60	2,35	1,60	5,18	3,34	3,35	2,50	3,00	1,62
Tubérculos	-	4,06	3,19	2,57	2,62	2,39	-	3,88	3,25	2,80	2,35	2,46
M5												
Resto da planta	4,12	3,63	3,53	1,67	1,92	1,61	5,11	3,30	3,16	2,22	2,72	1,21
Tubérculos	-	3,89	3,18	2,58	2,58	2,21	-	3,61	2,92	2,30	2,47	2,30

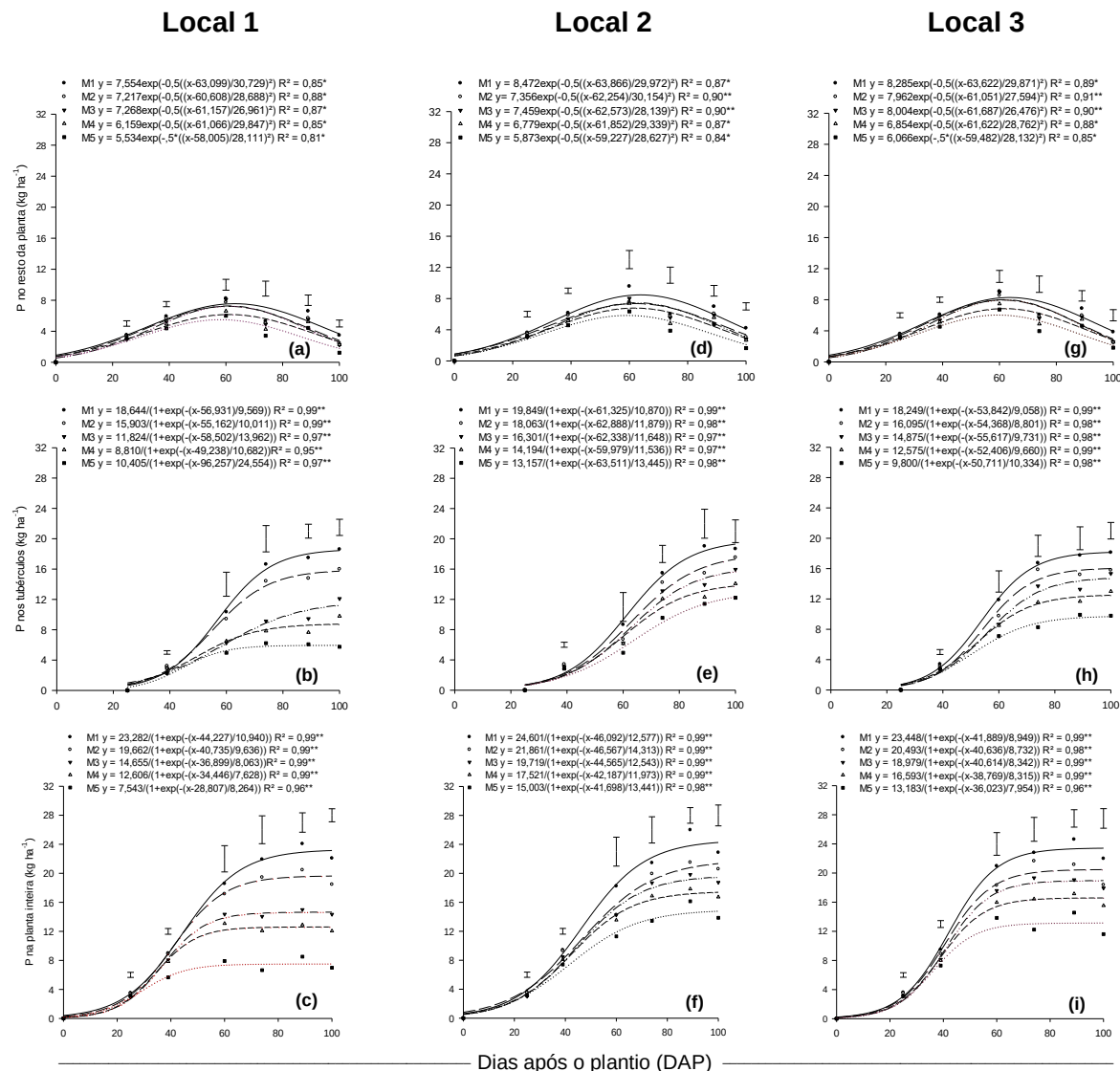
^aDias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ 10 aos DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

Figura 7 - Quantidade de P no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 8 - Quantidade de P no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para a cultivar Agata, houve intensificação na absorção e consequente incremento na quantidade acumulada de P no resto da planta por volta dos 39 DAP para os tratamentos M1, M2 e M3, que acumularam maiores quantidades de P, enquanto para os tratamentos M4 e M5 houve incremento de acúmulo de P aos 60 e 54 DAP, respectivamente (Figuras 7a, 7d e 7g). Para a cultivar Electra, apesar de também ocorrer incremento inicial na quantidade acumulada de P no resto da planta a partir dos 39 DAP, observou-se que principalmente no Local 2 e 3, o tratamento M1 proporcionou acúmulos superiores aos demais somente a partir dos 60 DAP (Figuras 8d e 8g).

Após 60 DAP houve redução na quantidade de P acumulada no resto da planta. As quantidades máximas acumuladas de P no resto da planta foram proporcionadas pelo tratamento M1, aos 60 DAP para a cultivar Agata e os 63 DAP para a cultivar Electra, em todas as combinações cultivar/local (Figuras 7a, 7d, 7g, 8a, 8d e 8g), proporcionando em média $9,0 \text{ kg ha}^{-1}$ para a cultivar Electra, em média de $8,1 \text{ kg ha}^{-1}$. Os máximos acúmulos estimados de P no resto da planta, relatados no presente estudo, de maneira geral, são até três vezes superiores aos observados por Yorinori (2003), para a cultivar Atlantic em duas safras diferentes, e por Fernandes et al. (2011), trabalhando com cinco cultivares, quando consideramos o somatório dos acúmulos de hastes, folhas e raízes observados pelos autores, uma vez que estas partes em conjunto, constituem o que foi considerado como resto da planta no presente estudo.

Os menores acúmulos de P no resto da planta foram proporcionados pelo tratamento M5 (Figuras 7a, 7d, 7g, 8a, 8d e 8g). Esse tratamento proporcionou acúmulos de P, em média, $0,06 \text{ kg ha}^{-1}$ inferior na cultivar Agata e $0,12 \text{ kg ha}^{-1}$ superior na cultivar Electra que o maior acúmulo encontrado por Fernandes et al. (2011), obtido na cultivar Mondial, aos 73 DAP que foi de $5,71 \text{ kg ha}^{-1}$.

Os dados de acúmulo de P nos tubérculos foram afetados pelos manejos de N e foram ajustados ao modelo sigmoide de curva de regressão, tanto para a cultivar Agata (Figuras 7b, 7e, 7h) quanto para a cultivar Electra (Figuras 8b, 8e e 8h) nos três locais. Houve acúmulo de P de forma quase contínua dos 25 aos 99 DAP, sendo que, a partir dos 60 DAP foram visíveis as diferenças entre as quantidades de P acumuladas pelos tratamentos. O tratamento M1 proporcionou os maiores acúmulos de P nos tubérculos nas duas cultivares a partir dos 60 DAP (Figuras 7b,

7e, 7h, 8b, 8e e 8h). Dos 39 DAP aos 99 DAP, o tratamento M5 acumulou as menores quantidades de P nos tubérculos; no entanto, para a cultivar Agata nos Locais 2 e 3, somente a partir dos 60 DAP que ficou evidente a menor quantidade acumulada de P por este tratamento (Figuras 7e e 7h).

As maiores doses de N proporcionaram maiores acúmulos de P nos tubérculos (Tabela 15). O tratamento M1 diferiu dos demais tratamentos, com exceção do Local 2 para ambas as cultivares e no Local 3 para a cultivar Agata, que foi semelhante aos acúmulos proporcionados pelos tratamentos M2 e M3. No entanto, este tratamento proporcionou os maiores acúmulos estimados de P nos tubérculos que foram de 16,9 kg ha⁻¹ no Local 1, de 19,5 kg ha⁻¹ no Local 2 e de 20,0 kg ha⁻¹ no Local 3, para a cultivar Agata. Para a cultivar Electra esses valores foram de 18,6 kg ha⁻¹ no Local 1, de 19,0 kg ha⁻¹ no Local 2 e de 18,1 kg ha⁻¹ no Local 3 (Tabela 15). No Local 1, o tratamento M1 proporcionou acúmulos de 231% para a cultivar Agata e de 226% para a cultivar Electra superiores ao tratamento M5 (testemunha), enquanto que para o Locais 2 e 3 foi em média 72% superior para a cultivar Agata e 69% superior para a cultivar Electra (Tabela 15). Vale ressaltar ainda que os valores proporcionados pelo tratamento com a maior dose de N (M1) foram superiores ao observados por Paula et al. (1986) para as cultivares Achat e Mantiqueira (3,06 e 4,15 kg ha⁻¹, respectivamente), por Yorinori (2003) para a cultivar Atlantic (16,62 e 15,33 kg ha⁻¹, respectivamente, na safra das águas e das secas) e por Fernandes et al. (2011), ao trabalharem com várias cultivares de batata, em que observaram acúmulos de P nos tubérculos variando entre 11 e 16 kg ha⁻¹. O menor acúmulo no final do ciclo foi proporcionado pelo tratamento M5, com quantidade média de 9,3 kg ha⁻¹ para a cultivar Agata e de 8,4 kg ha⁻¹ para a cultivar Electra (Tabela 15).

As maiores taxas diárias máximas de acúmulo de P nos tubérculos ocorreram no Local 2 e foi proporcionada pelo tratamento M1 para a cultivar Agata (0,38 kg ha⁻¹ dia⁻¹) e pelo tratamento M2 para a cultivar Electra (0,49 kg ha⁻¹ dia⁻¹) (Tabela 15). Para a cultivar Agata, a época de ocorrência das maiores taxas de acúmulo de P nos tubérculos foi observada entre 54 e 93 DAP, enquanto que para a cultivar Electra foi entre 52 e 80 DAP (Tabela 15). Nota-se também que a duração das taxas diárias máximas de acúmulo de P nos tubérculos tiveram menor duração para a cultivar Electra, nos Locais 2 e 3, o que pode ser explicado por diferenças entre as

próprias cultivares. A média da duração da taxa máxima diária foi de 17 dias para as duas cultivares no Local 1, 18 dias para a cultivar Agata e de 9 dias para a cultivar Electra no Local 2 e de 17 dias para a cultivar Agata e de 12 dias para a cultivar Electra no Local 3 (Tabela 15).

A quantidade de P acumulada na planta inteira pelas cultivares de batata Agata e Electra foram influenciadas pelos manejos de N, nos três locais e ajustaram-se significativamente a curva de regressão de modelo sigmoide (Figuras 7c, 7f, 7i, 8c, 8f e 8i). Até os 25 DAP, foi possível observar os menores acúmulos de P pela planta inteira, coincidindo com o período em que também ocorreu o menor acúmulo de MS na planta inteira (Figuras 3c, 3f, 3i, 4c, 4f e 4i); no entanto, nessa avaliação, as quantidades acumuladas de P na planta inteira foram semelhantes nos diferentes tratamentos estudados. A partir dos 39 DAP ocorreram diferenças notáveis entre os tratamentos e consequente incremento no acúmulo de P na planta inteira, que foi mais intenso nos tratamentos que receberam maiores doses de N, especialmente no Local 1. O tratamento M5, nas duas cultivares, no Local 1 (Figuras 7c e 8c), proporcionou quantidade acumulada de P inferior aos demais tratamentos a partir dos 25 DAP e nos Locais 2 e 3 a partir dos 39 DAP (Figuras 7f, 7i, 8f e 8i), e manteve esse comportamento até o final das avaliações.

No final do ciclo, as maiores quantidades de P acumuladas na planta inteira foram proporcionadas pelo tratamento M1, que diferiu dos demais tratamentos estudados, com exceção do M2 e M3 no Local 2 (Agata) e M2 nos Locais 2 e 3 (Electra), e foi, em média, de 23,9 kg ha⁻¹ para a cultivar Agata e de 24,2 kg ha⁻¹ para a cultivar Electra (Tabela 15). Vale-se ressaltar que tratamento M2 proporcionou acúmulos de P apenas ligeiramente inferiores ao tratamento M1, em média, de 3,9 kg ha⁻¹ e 3,0 kg ha⁻¹, respectivamente, para as cultivares Agata e Electra, indicando que a aplicação da dose recomendada pela cultura de forma parcelada e em épocas de aplicação diferentes é uma opção viável em relação à quantidade de P acumulada pela planta. Yorinori (2003) encontrou acúmulos máximos de P na planta inteira de 17,6 e 15,3 kg ha⁻¹ para a cultivar Atlantic, respectivamente nas safras das águas e das secas, enquanto que Fernandes et al. (2011), observaram o maior acúmulo de 18,0 kg ha⁻¹ de P para a cultivar Mondial.

Tabela 15 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de P nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	Agata								Electra							
	Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima		Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima	
	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta
	— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —		— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —	
Local 1																
M1	16,9a	21,4a	0,27	0,42	15	24	71	45	18,6a	22,1a	0,43	0,46	12	21	61	48
M2	14,4b	17,1b	0,22	0,41	19	17	68	42	16,0b	20,5b	0,33	0,42	15	21	56	45
M3	9,3c	13,2c	0,18	0,38	14	18	54	44	12,1c	15,0c	0,18	0,38	20	17	52	42
M4	8,6c	12,8c	0,13	0,32	17	19	55	42	9,8d	13,1d	0,17	0,34	21	20	54	42
M5	5,1d	9,4d	0,05	0,28	20	17	57	49	5,7e	8,5e	0,07	0,23	17	20	52	37
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	8,2	6,6	-	-	-	-	-	-	7,6	5,4	-	-	-	-	-	-
Local 2																
M1	19,5a	24,9a	0,38	0,52	17	18	71	44	19,0a	26,0a	0,46	0,45	10	22	68	47
M2	18,3a	21,6ab	0,34	0,41	16	22	70	46	17,5ab	21,5ab	0,49	0,39	8	24	69	46
M3	17,6a	22,1ab	0,28	0,36	20	18	73	47	16,0ab	19,8bc	0,47	0,38	8	22	68	46
M4	15,4ab	19,3bc	0,24	0,36	21	21	67	43	14,1b	17,8bc	0,44	0,35	10	20	68	44
M5	11,4b	14,7c	0,20	0,37	15	15	54	41	12,2c	16,1c	0,29	0,29	10	23	70	41
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	13,9	12,4	-	-	-	-	-	-	8,5	6,9	-	-	-	-	-	-
Local 3																
M1	20,0a	25,5a	0,35	0,53	18	23	68	41	18,1a	24,6a	0,39	0,52	14	19	63	47
M2	16,5ab	21,3b	0,31	0,46	17	17	66	45	15,8b	21,6a	0,44	0,47	9	19	69	47
M3	16,6ab	20,2b	0,27	0,43	20	20	68	49	15,3b	19,3b	0,31	0,45	12	17	62	46
M4	15,9b	19,9b	0,28	0,40	16	22	69	49	13,0c	16,4c	0,25	0,40	14	17	61	43
M5	11,5c	14,6c	0,22	0,38	16	18	62	48	9,8d	14,6c	0,19	0,33	12	19	58	39
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	11,4	9,1	-	-	-	-	-	-	9,7	11,0	-	-	-	-	-	-

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No presente estudo, foi possível observar que o tratamento M5 proporcionou valores inferiores aos relatados pelos autores citados acima, para as duas cultivares, nos três locais de estudo, indicando que a deficiência de N limitou de forma importante o crescimento das plantas de batata, bem como a absorção de P pelas mesmas.

Sabe-se ainda que as taxas diárias máximas de acúmulo de P que estão relatadas na literatura são muito variáveis, ou seja, apresentaram valores de 0,04 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Achat e de 0,11 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Mantiqueira (PAULA et al., 1986), de 0,28 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Green Mountain (HAWKINS, 1946) e de 0,22 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Renacimiento (EZETA; MCCOLLUM, 1972). A maior taxa diária máxima de acúmulo de P na planta inteira foi proporcionada pelo tratamento M1 com valores relativamente semelhantes nos três locais de estudo e para as duas cultivares (Tabela 15). O tratamento M5, especificamente no Local 1, proporcionou as menores taxas obtidas no presente estudo, sendo de 0,05 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Agata e de 0,07 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Electra (Tabela 15).

As maiores taxas de acúmulo de P na planta inteira foram observadas no período entre 41 e 71 DAP para a cultivar Agata e entre 37 e 70 DAP para a cultivar Electra (Tabela 15). Os períodos encontrados no presente estudo, de certa forma, corroboram Fernandes et al. (2011), que observaram, em média, dos 47 ao 69 DAP a ocorrência das maiores taxas de absorção de P, que variaram de 0,26 a 0,46 kg ha⁻¹ dia⁻¹, assim como a variação observada no presente estudo (Tabela 15). No entanto, foi observado que em média, 14 dias para a cultivar Agata, e 15 dias para a cultivar Electra, após a ocorrência das máximas taxas diárias da planta inteira foi relatado o início do período de maior taxa diária de acúmulo de P nos tubérculos, contrariando a média de 10 dias observado por Yorinori (2003) e de 7 dias por Fernandes et al. (2011).

Pode-se dizer que, assim como observado para o N, na fase inicial as necessidades das plantas em P são baixas, porém, o P continua sendo absorvido em grande quantidade, mesmo após a primeira fase de enchimento dos tubérculos, e, entre 55 e 75 DAP, notou-se que ocorreu a maior parte da absorção deste nutriente (Tabela 15). Após esse período, observou-se que as plantas absorveram pouco P, sendo que ocorreu principalmente a remobilização de P do resto da planta

para os tubérculos (Tabelas 14 e 16; Figuras 7 e 8), como relatado por Soratto e Fernandes (2017) e Koch et al. (2019).

De maneira geral, as plantas de batata da cultivar Agata, apresentaram cerca de 26,2% a 14,4% de P no resto da planta em relação ao total acumulado, enquanto que para a cultivar Electra essa variação foi de 18,1% a 13% no final as avaliações (Tabela 16), sugerindo que houve maior translocação do P acumulado para os tubérculos da cultivar Electra, em relação a cultivar Agata. Após o período de tuberização, os tubérculos tornaram-se drenos principais das plantas de batatas e aos 74 DAP todos os tratamentos apresentavam mais da metade do P acumulado nos tubérculos e no final do ciclo representaram entre 74,7 e 86,6% do total de P absorvido pelas plantas de batata, considerando ambas as cultivares (Tabela 16).

No final das avaliações, no Local 1, para as duas cultivares, e no Local 3, para a cultivar Electra, o tratamento M2 (160 kg ha⁻¹ de N parcelado) proporcionou maior proporção de P nos tubérculos em relação ao tratamento M1(maior dose de N aplicada), sugerindo que a aplicação de dose muito alta de N pode favorecer o crescimento da planta e a absorção de P, mas não foi o tratamento mais eficiente para remobilização de P para os tubérculos. No geral, a quantidade de P remobilizada para os tubérculos, em relação a planta toda, encontrados no presente estudo, concordam com Paula et al. (1986), que ao estudarem sobre MS e absorção de macronutrientes, observaram valores de 88% de P nos tubérculos para a cultivar Mantiqueira e com Fernandes et al. (2011), em estudo de extração e exportação de macronutrientes em diferentes cultivares de batata, relatando valores aproximados de 75% a 89% de P nos tubérculos no final do ciclo.

Tabela 16 - Distribuição do P acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
%												
Local 1												
M1												
Resto da planta	100	69,4	58,1	30,0	26,0	21,2	100	65,7	44,5	27,4	24,0	15,8
Tubérculos	-	30,6	41,9	70,0	74,0	78,8	-	34,3	55,5	72,6	76,0	84,2
M2												
Resto da planta	100	66,2	52,8	31,3	25,5	15,6	100	63,7	46,0	27,7	26,0	13,4
Tubérculos	-	33,8	47,2	68,7	74,5	84,4	-	36,3	54,0	72,3	74,0	86,6
M3												
Resto da planta	100	65,1	52,3	36,6	35,2	18,6	100	64,2	56,4	37,0	34,8	15,7
Tubérculos	-	34,9	47,7	63,4	64,8	81,4	-	35,8	43,6	63,0	65,2	84,3
M4												
Resto da planta	100	65,0	54,9	39,6	35,7	19,0	100	62,9	50,4	40,6	34,4	18,8
Tubérculos	-	35,0	45,1	60,4	64,3	81,0	-	37,1	49,6	59,4	65,6	81,2
M5												
Resto da planta	100	69,5	67,0	40,0	40,0	25,3	100	77,7	75,9	52,0	51,2	17,8
Tubérculos	-	30,5	33,0	60,0	60,0	74,7	-	22,6	24,1	48,0	48,8	82,2
Local 2												
M1												
Resto da planta	100	68,7	54,8	27,1	21,8	31,5	100	65,1	53,1	27,7	27,1	18,5
Tubérculos	-	31,3	45,2	72,9	78,2	78,5	-	34,9	46,9	72,3	72,9	81,5
M2												
Resto da planta	100	65,7	43,7	26,1	19,5	15,3	100	63,3	53,9	28,8	28,0	14,8
Tubérculos	-	34,3	56,3	73,9	80,5	84,7	-	36,7	46,1	71,2	72,0	85,2
M3												
Resto da planta	100	62,8	45,7	31,0	22,8	13,4	100	63,7	55,9	29,6	29,6	14,9
Tubérculos	-	37,2	54,3	69,0	77,2	86,6	-	36,3	44,1	70,4	70,4	85,1
M4												
Resto da planta	100	64,4	44,8	31,0	24,0	13,4	100	63,7	54,5	31,2	27,8	15,9
Tubérculos	-	35,6	55,2	69,0	76,0	86,6	-	36,3	45,5	68,8	72,2	84,1
M5												
Resto da planta	100	62,2	43,1	25,8	21,3	16,6	100	61,8	55,9	29,5	28,8	11,8
Tubérculos	-	37,8	56,9	74,2	78,7	83,4	-	38,2	44,1	70,5	71,2	88,2
Local 3												
M1												
Resto da planta	100	68,4	52,0	27,0	21,6	21,6	100	64,2	43,7	27,9	26,4	17,5
Tubérculos	-	31,6	48,0	73,0	78,4	78,4	-	35,8	56,3	72,1	73,6	82,5
M2												
Resto da planta	100	66,0	47,1	28,3	22,5	21,9	100	65	46,8	28,5	26,8	13,9
Tubérculos	-	34,0	52,9	71,7	77,5	78,1	-	34,8	53,2	71,5	73,2	86,1
M3												
Resto da planta	100	63,9	49,4	28,8	24,6	14,3	100	65,8	50,8	30,4	29,0	14,4
Tubérculos	-	36,1	50,6	71,2	75,4	85,7	-	34,2	49,2	69,6	71,0	85,6
M4												
Resto da planta	100	65,0	49,4	29,1	20,6	14,7	100	63,8	46,7	32,0	29,5	16,1
Tubérculos	-	35,0	50,6	70,9	79,4	85,3	-	36,2	53,3	68,0	70,5	83,9
M5												
Resto da planta	100	62,9	49,2	21,9	21,1	14,2	100	62,4	48,8	32,3	31,9	15,7
Tubérculos	-	37,1	50,8	78,1	78,9	85,8	-	37,6	51,2	67,7	68,1	84,3

^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

4.3.3 Potássio

Com exceção do tratamento M5 para a cultivar Electra nos três locais, nos quais os teores de K no resto da planta foram maiores aos 60 DAP, nas demais situações os valores foram crescentes até os 74 DAP, após esse período houve decréscimo nos teores até o final das avaliações (Tabela 17). Para a cultivar Agata, os maiores teores de K no resto da planta aos 74 DAP foram proporcionados pelo tratamento M2, enquanto para a cultivar Electra pelo tratamento M1. Tais resultados sugerem que, para a cultivar Electra, a maior disponibilidade de N (M1) contribuiu para maiores teores de K no resto da planta e que sob condições de deficiência de N (tratamento M5) os teores de K no resto da planta da cultivar Electra começaram a decrescer mais precocemente do que na cultivar Agata, o que provavelmente foi devido a forte remobilização para os tubérculos. Em relação ao teor de K nos tubérculos, de modo geral, para as duas cultivares, em todos os tratamentos foi observada redução dos valores ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, sendo que os teores obtidos no presente estudo aos 99 DAP ficaram na faixa de 19 a 26 g kg⁻¹, corroborando com as observações feitas por Fernandes (2010) aos 97 DAP, para diferentes cultivares de batata. A redução nos teores de K nos tubérculos ao longo do ciclo (Tabela 17), mesmo com aumento nas quantidades acumuladas (Figuras 9 e 10), se devem a um efeito de diluição.

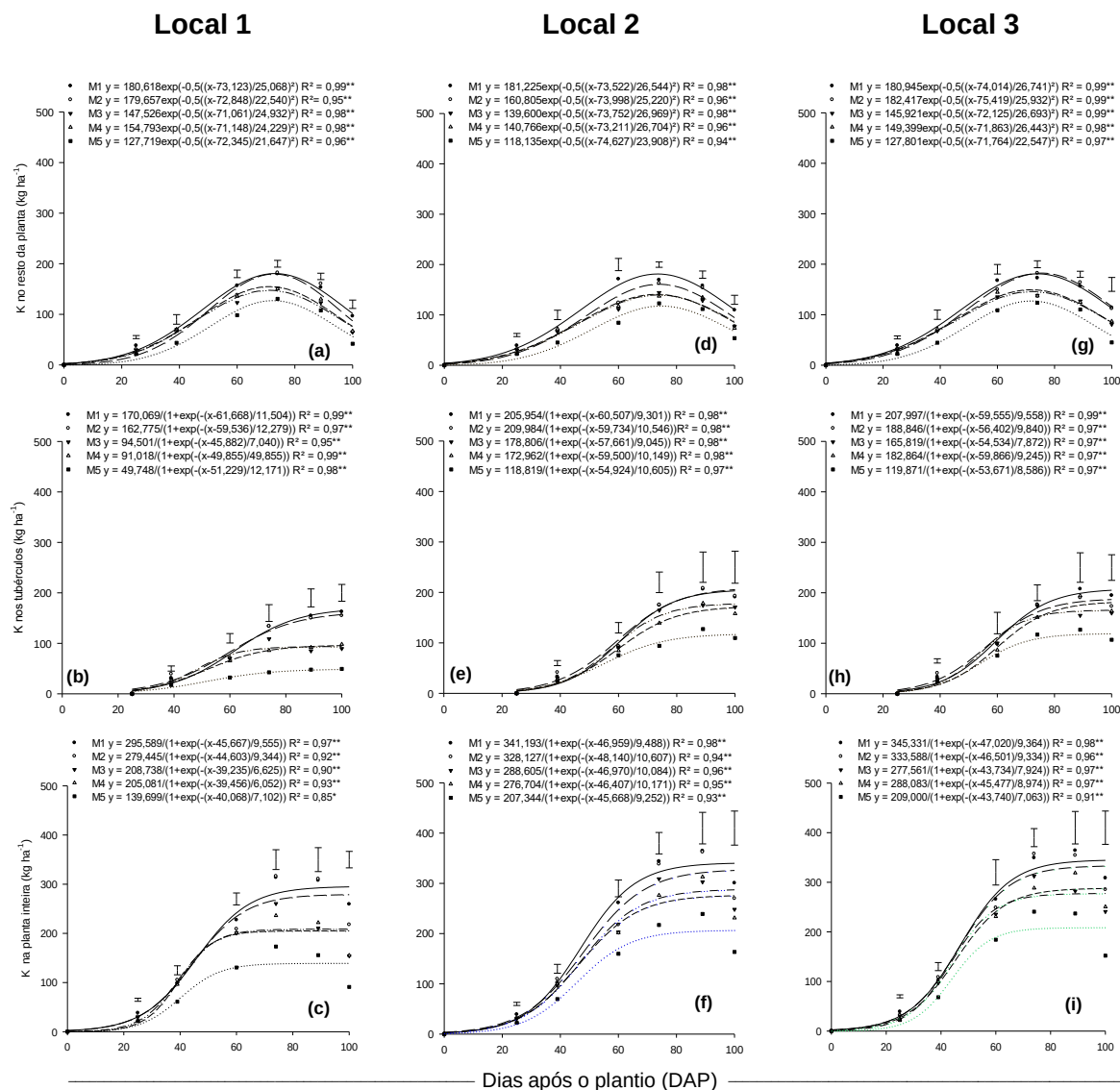
Diferentemente do observado para MS, N e P, para os quais houve maiores quantidades máximas acumuladas nos tubérculos do que no resto da planta, especialmente nos tratamentos com aplicação de maiores doses de N (Figuras 2, 3, 4, 5, 7 e 8), as quantidades máximas de K acumuladas no resto da planta e nos tubérculos praticamente se equivaleram nos tratamentos com mais N, em todas as combinações de cultivar/local, e foram maiores no resto da planta do que nos tubérculos no tratamentos com menor dose de N aplicada, no Local 1 (Figuras 9 e 10). De modo geral, o máximo acúmulo de K no resto da planta aconteceu mais precocemente que o máximo acúmulo de N nos tubérculos. O acúmulo de K no resto da planta sofreu efeito dos manejos de N, para as duas cultivares, nos três locais de estudo (Figuras 9a, 9d, 9g, 10a, 10d e 10g).

Tabela 17 - Teor de K em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
g kg ⁻¹												
Local 1												
M1												
Resto da planta	55,4	40,4	64,8	74,5	71,8	50,0	57,5	45,5	68,7	79,4	77,0	49,5
Tubérculos	-	42,6	35,2	35,9	30,3	24,8	-	41,3	33,0	32,4	32,2	24,7
M2												
Resto da planta	46,9	39,5	59,3	78,2	74,9	48,1	53,4	40,8	60,1	77,7	75,1	43,3
Tubérculos	-	50,3	35,4	36,4	30,8	24,2	-	36,2	27,1	33,3	31,8	22,0
M3												
Resto da planta	45,0	44,3	59,0	72,6	69,5	49,6	44,0	33,1	56,6	70,3	66,0	49,3
Tubérculos	-	37,4	37,7	36,3	26,0	22,6	-	33,5	25,7	26,2	25,3	21,6
M4												
Resto da planta	33,4	47,3	64,7	71,5	70,7	49,6	35,5	36,8	53,9	67,1	65,4	45,5
Tubérculos	-	35,9	34,6	31,5	31,0	23,6	-	26,7	27,2	27,0	27,8	18,5
M5												
Resto da planta	36,6	32,3	53,3	70,9	67,9	37,8	32,1	36,0	51,1	38,6	34,9	41,4
Tubérculos	-	31,2	31,9	27,8	27,5	20,2	-	24,0	26,0	25,5	22,1	20,2
Local 2												
M1												
Resto da planta	56,7	42,1	66,1	75,1	73,0	51,2	58,7	46,8	70,0	80,7	78,2	50,7
Tubérculos	-	43,9	36,8	37,1	31,5	26,0	-	42,5	34,3	33,7	33,4	26,0
M2												
Resto da planta	48,2	40,7	60,6	79,5	76,2	49,4	54,6	42,0	61,4	79,0	76,4	44,5
Tubérculos	-	51,5	36,6	37,7	32,1	25,4	-	37,4	28,4	34,5	33,1	23,2
M3												
Resto da planta	46,2	45,5	60,2	73,9	70,7	50,9	45,2	34,4	57,8	71,6	67,2	50,6
Tubérculos	-	38,6	38,9	37,5	27,3	23,8	-	34,8	26,9	27,4	26,5	22,8
M4												
Resto da planta	34,7	48,6	65,9	72,8	71,9	50,9	36,7	38,0	55,1	68,4	66,7	46,8
Tubérculos	-	37,1	35,8	32,8	32,2	24,3	-	28,0	28,4	28,3	29,0	19,7
M5												
Resto da planta	37,9	33,6	54,5	71,1	69,1	39,0	33,4	37,3	52,3	39,9	36,1	42,7
Tubérculos	-	32,5	33,1	29,0	28,7	21,4	-	25,2	27,2	26,8	23,3	21,5
Local 3												
M1												
Resto da planta	56,5	41,9	65,8	75,5	72,8	51,0	58,5	46,6	69,8	80,5	78,0	50,5
Tubérculos	-	43,6	36,2	36,9	31,3	25,8	-	42,3	34,1	33,5	33,2	25,7
M2												
Resto da planta	48,0	40,5	60,3	79,3	76,0	49,2	54,4	41,9	61,2	78,8	76,2	44,3
Tubérculos	-	51,3	36,4	37,4	31,9	25,2	-	37,2	28,2	34,3	32,9	23,0
M3												
Resto da planta	46,0	45,3	60,0	73,7	70,5	50,6	45,0	34,2	57,6	71,3	67,0	50,3
Tubérculos	-	38,4	38,7	37,3	27,1	23,6	-	34,6	26,7	27,2	26,3	22,6
M4												
Resto da planta	34,5	48,4	65,7	72,6	71,7	50,6	36,5	37,8	54,9	68,2	66,5	46,6
Tubérculos	-	36,9	35,6	32,6	32,0	24,6	-	27,8	28,2	28,1	28,8	19,5
M5												
Resto da planta	37,7	33,4	54,3	71,9	68,9	38,8	33,1	37,1	52,1	39,6	35,9	42,5
Tubérculos	-	32,3	32,9	28,8	28,5	21,2	-	25,0	27,0	26,5	23,1	21,2

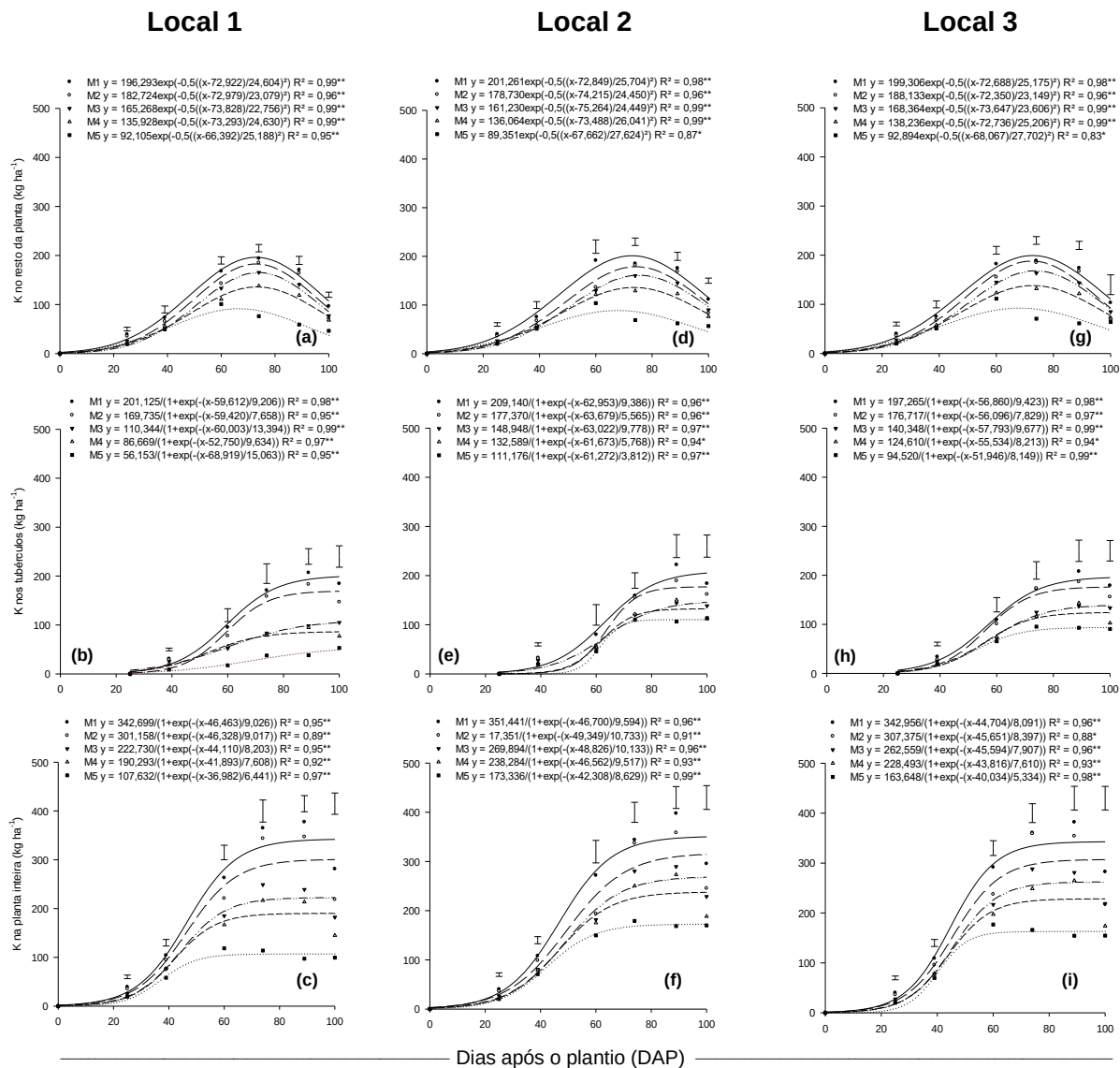
^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

Figura 9 - Quantidade de K no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 10 - Quantidade de K no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada. no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As duas cultivares apresentaram comportamentos diferentes em relação ao acúmulo de K na fase inicial, até os 25 DAP, ou seja, para a cultivar Agata, os tratamentos não apresentaram diferenças durante esse período inicial de desenvolvimento (Figuras 9a, 9d e 9g), enquanto para a cultivar Electra, os tratamentos M1 e M2 proporcionavam acúmulos de K no resto da planta superiores aos demais tratamentos desde a primeira avaliação (Figuras 10a, 10d e 10g). Para as duas cultivares, os tratamentos M1 e M2 proporcionaram os maiores acúmulos de K no resto da planta. O tratamento M1 proporcionou, em média, acúmulo 181 kg ha^{-1} de K na cultivar Agata e 199 kg ha^{-1} na cultivar Electra, enquanto que o tratamento M2 proporcionou acúmulos médios de $174,3 \text{ kg ha}^{-1}$ e $183,1 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente, para as cultivares Agata e Electra. Tais valores máximos estimados foram atingidos aproximadamente aos 73 DAP.

A cultivar Electra acumulou quantidades superiores às apresentadas pela cultivar Agata. Na literatura encontramos diferentes quantidades máximas acumuladas de K no resto da planta: $7,9 \text{ kg ha}^{-1}$ para a cultivar Achat e $15,8 \text{ kg ha}^{-1}$ para a cultivar Mantiqueira (PAULA et al., 1986); $67,3 \text{ kg ha}^{-1}$ na safra das águas e $80,3 \text{ kg ha}^{-1}$ na safra das secas para a cultivar Atlantic (YORINORI, 2003); $81,4$, $116,5$, $102,9$, $91,3$ e $154,9 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente para as cultivares Agata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial (FERNANDES et al., 2011). As maiores quantidades acumuladas de K no resto da planta no presente estudo, proporcionadas pelos tratamentos com maior dose de N aplicada de forma parcelada, são superiores às observadas por esses diferentes autores e estão diretamente relacionadas com as maiores quantidades de MS proporcionada por esses tratamentos (Figuras 3a, 3d, 3g, 4a, 4d e 4g).

Houve efeito dos manejos de N no acúmulo de K nos tubérculos, em todas as combinações cultivar/local (Figuras 9b, 9e, 9h, 10b, 10e e 10h). Inicialmente, o acúmulo de K nos tubérculos foi lento para as duas cultivares e até os 25 DAP, não houve diferença entre os tratamentos estudados, exceto para a cultivar Electra, no Local 1, que já apresentava acúmulo inferior no tratamento M5 (Figura 10b). O acúmulo de K nos tubérculos ocorreu de forma intensa no período compreendido entre 39 DAP até aproximadamente 81 DAP, de modo geral, para ambas as cultivares. Ao longo do período de acúmulo de K nos tubérculos foi possível notar que houve diferenciação entre os tratamentos de acordo com a dose de N aplicada,

ou seja, as maiores doses de N proporcionaram os maiores acúmulos de K. Destaca-se também que o parcelamento da dose de 160 kg ha⁻¹ de N (M2) proporcionou acúmulo de N superior ao tratamento com aplicação da mesma dose integralmente no sulco de plantio (M3).

Nos Locais 1 e 3, as maiores taxas diárias máximas de acúmulo de K nos tubérculos foram proporcionadas pelo tratamento M2, para as duas cultivares, cujos valores médios foram de 4,78 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Agata e de 5,96 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Electra (Tabela 18). No Local 2, as maiores taxas diárias de acúmulo de K nos tubérculos foram proporcionadas pelo tratamento M1, tanto na cultivar Agata (5,66 kg ha⁻¹ dia⁻¹) quanto na cultivar Electra (5,98 kg ha⁻¹ dia⁻¹). A cultivar Electra, apresentou maiores taxas diárias de acúmulo de K nos tubérculos do que a Agata. Além disso, os valores observados no presente estudo, de modo geral, são superiores aos valores observados por Hawkins (1946), Yorinori (2003) e Fernandes et al. (2011). Considerando todos os tratamentos nos três locais, no período de 50 a 78 DAP foi possível observar a época com maior taxa de acúmulo para a cultivar Agata e no período de 56 a 77 DAP para a cultivar Electra (Tabela 18). Apesar de algumas diferenças entre as cultivares e os manejos de N, nota-se variações não muito grandes quanto ao período até a taxa diária máxima e a duração das mesmas. Fernandes et al. (2011) encontraram período com maior taxa de acúmulo de K pelos tubérculos dos 53 aos 71 DAP.

Apesar de não ter diferido estatisticamente do tratamento M2 na maioria das combinações cultivar/local, no geral, o tratamento M1 proporcionou os maiores acúmulos de K nos tubérculos para a cultivar Agata no Local 1 e 3, enquanto que para a cultivar Electra, nos três locais de estudo, esse tratamento foi o que proporcionou o maior acúmulo de K (Tabela 18). O menor acúmulo de K nos tubérculos foi proporcionado pelo tratamento M5, que diferiu dos demais tratamentos, com exceção dos tratamentos M3 e M4, para a cultivar Agata nos Locais 2 e 3, e para a cultivar Electra no Local 2.

No tratamento M5 foram observadas quantidades de K acumuladas nos tubérculos 70% e 75%, respectivamente, para as cultivares Agata e Electra, inferior ao tratamento M1, no Local 1, enquanto que no Local 2 foi inferior em 38% para a cultivar Agata e em 48% para a cultivar Electra e, por fim, no Local 3, o tratamento M5 proporcionou quantidade de K inferior ao tratamento M1 em 38% e 55% para as

cultivares Agata e Electra, respectivamente (Tabela 18). A quantidade acumulada pela cultivar Agata no presente estudo são duas vezes superiores aos encontrados por Fernandes et al. (2011) para a mesma cultivar e por Yorinori (2003), em estudo na safra das secas com a cultivar Atlantic.

Houve efeito dos manejos de N no acúmulo de K na planta inteira e os dados ajustados na curva de regressão de modelo sigmoide foram significativos, para as duas cultivares, nos três locais de estudo (Figuras 9c, 9f, 9i, 10c, 10f e 10i). O acúmulo inicial de K na planta inteira, foi lento e quantidades pequenas acumuladas de K nos tubérculos foram observadas até a coleta realizada aos 25 DAP. A partir dessa época verificou-se ocorrência de intenso acúmulo e foi possível observar que as quantidades máximas foram acumuladas entre o período de 74 a 85 DAP para as duas cultivares (Figuras 9c, 9f, 9i, 10c, 10f e 10i). No final do ciclo da cultura, exceto para a cultivar Electra, no Local 2, o tratamento M5 diferenciou dos demais tratamentos estudados, proporcionando as menores marchas de acúmulo de K, (Tabela 18). Para a cultivar Agata, no final das avaliações, o tratamento M2 proporcionou a maior quantidade acumulada de K na planta inteira, nos Locais 1 e 2, apesar de não diferir do tratamento M1, enquanto no Local 3, a maior quantidade foi proporcionada pelo tratamento M1 (Tabela 18). Para a cultivar Electra, nos três locais, o tratamento M1 proporcionou o maior acúmulo de K na planta inteira, porém, nota-se que o tratamento M2 acumulou quantidades estatisticamente semelhantes no Locais 1 e 3. De forma geral, o tratamento M3 diferiu do tratamento M2, proporcionando menor acúmulo de K na planta inteira em relação ao tratamento M2, que recebeu a mesma dose de N, porém, de forma parcelada. As menores quantidades máximas de K acumulada na planta inteira foram proporcionadas pelo tratamento M5 (testemunha sem N), que foi em média 36,5% para a cultivar Agata e 60% para a cultivar Electra inferior que a quantidade acumulada pelo tratamento M1 (Tabela 18). Esses resultados sugerem maior efeito do N no acúmulo de K pelas plantas da cultivar Electra do que da cultivar Agata.

A ocorrência das maiores taxas diárias máxima de acúmulo de K na planta inteira foi observada no período de 41 a 71 DAP para a cultivar Agata, enquanto que para a cultivar Electra esse período ocorreu entre os 36 aos 69 DAP. No presente estudo, observa-se um período de maior remobilização para os tubérculos, já que, a ocorrência das taxas máximas diárias de acúmulo do K nos tubérculos foi

observada, em média, 11 dias para a cultivar Agata e 20 dias para a cultivar Electra, após a ocorrência das máximas taxas diárias na planta inteira. Meurer (2006) afirmou que o K apresenta elevada mobilidade na planta, translocando dos tecidos mais velhos para os mais novos a longas distâncias por meio do xilema e do floema. Assim, na fase final do enchimento dos tubérculos (aproximadamente a partir de 74 DAP), uma parte importante do K acumulado no resto da planta foi remobilizado para os tubérculos, os quais ainda estavam acumulando K. Nota-se que após a coleta de 74 DAP praticamente não houve aumento na quantidade de K acumulada na planta inteira (Figuras 9 e 10). Além disso, especialmente nos tratamentos com maiores doses de N, observou-se ligeira redução nas quantidades de K acumulada na planta inteira, desde coleta de 89 DAP até a de 99 DAP, indicando também que parte do K acumulado no resto da planta, notadamente nas folhas, pode ter sido perdido, mediante senescência das mesmas.

No final do ciclo, foi possível observar que para a cultivar Agata, a quantidade de K acumulada no resto da planta representava dependendo do tratamento de 29,8% (M1) a 46,7% (M5) no Local 1, de 28,6% (M2) a 37,0% (M1) no Local 2 e de 29,5% (M5) a 39,1% (M2) no Local 3 em relação ao total de K acumulado pela planta inteira (Tabela 19). Já na cultivar Electra foi observado variação de 33,0% (M4) a 46,5% (M1) no Local 1, de 33,3% (M5) a 40,6% (M4) no Local 2 e de 32,9% (M2) a 40,9% (M4) no Local 3.

Segundo Fernandes et al. (2010), a redução de acúmulo que ocorre no final do ciclo pode ser relacionada com a queda das folhas, devido à senescência da cultura, e também com a intensa redistribuição de MS e nutrientes para os tubérculos, tal fato, conseqüentemente provoca redução na quantidade acumulada de nutrientes no resto da planta. No entanto, notou-se que com exceção do tratamento M1, para a cultivar Agata e dos tratamentos M1 e M2 para a cultivar Electra, somente no final do ciclo que os tubérculos apresentavam mais da metade do total de K acumulado pela planta inteira, no Local 1 (Tabela 19). Por outro lado, de modo geral, aos 89 DAP, para as duas cultivares, nos Locais 2 e 3, foi possível observar que os tubérculos acumulavam mais de 50% do total acumulado pela planta inteira (Tabela 19). Dessa forma, no final das avaliações, os tubérculos representavam, em média, aproximadamente 67% para a cultivar Agata e de 70% para a cultivar Electra, do total do K acumulado pelas plantas (Tabela 19).

Tabela 18 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de K nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	Agata								Electra							
	Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima		Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima	
	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta
	— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —		— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —	
	Local 1															
M1	162,7a	313,7a	4,11	5,91	10	25	68	46	206,8a	377,5a	5,25	8,17	10	15	67	47
M2	153,1a	316,3a	4,19	7,19	8	19	59	45	183,1b	347,1ab	5,52	7,82	8	18	68	48
M3	108,9b	260,5b	2,35	6,05	17	14	56	42	105,1c	248,9b	1,76	5,63	16	15	59	46
M4	91,6b	236,0b	1,86	6,18	13	14	51	41	94,6c	213,4c	1,80	5,01	13	15	56	43
M5	47,9c	173,3c	0,77	3,36	11	22	50	43	53,1d	118,5d	2,05	3,09	13	16	63	36
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	13,1	8,5	-	-	-	-	-	-	17,1	10,4	-	-	-	-	-	-
	Local 2															
M1	206,5a	343,9a	5,66	7,63	10	16	68	46	222,1a	397,8a	5,98	7,76	8	16	62	46
M2	208,4a	362,5a	5,56	8,76	10	14	68	47	189,6a	358,6b	5,83	9,72	7	14	62	48
M3	174,3ab	308,9b	5,24	7,55	8	16	66	46	144,2ab	289,5cd	4,59	7,02	8	14	61	48
M4	178,4ab	312,8b	3,91	6,83	11	17	66	43	150,3ab	273,2cd	4,63	5,88	8	16	60	48
M5	127,3b	239,1c	2,14	4,86	16	16	54	45	113,4b	179,2d	4,26	4,20	8	16	60	41
F>P	0,007	<0,001	-	-	-	-	-	-	0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	17,1	12,4	-	-	-	-	-	-	14,1	9,5	-	-	-	-	-	-
	Local 3															
M1	207,6a	364,0c	5,34	7,81	11	14	66	46	208,0a	382,0a	4,99	8,51	12	15	62	46
M2	190,4a	354,3a	5,36	8,34	12	16	63	46	187,0ab	358,8a	6,40	7,83	8	20	67	49
M3	174,1ab	312,4b	4,99	6,86	10	17	65	46	137,2b	288,2b	3,67	6,71	9	15	66	48
M4	194,0a	318,7b	4,59	6,45	11	20	67	42	143,3c	264,8b	3,23	5,33	11	19	63	45
M5	126,7b	237,0c	3,05	4,95	11	20	62	48	93,1d	166,0c	2,39	5,07	13	13	57	45
F>P	0,002	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	14,1	12,0	-	-	-	-	-	-	14,2	10,0	-	-	-	-	-	-

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 19 - Distribuição do K acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
%												
Local 1												
M1												
Resto da planta	100	69,0	67,9	57,4	49,9	37,3	100	70,3	63,9	53,3	45,4	34,7
Tubérculos	-	31,0	32,1	42,6	50,1	62,7	-	29,7	36,1	46,7	54,6	65,3
M2												
Resto da planta	100	66,1	62,4	57,8	52,3	29,8	100	69,0	65,3	54,2	47,2	33,0
Tubérculos	-	33,9	37,6	42,2	47,7	70,2	-	31,0	34,7	45,8	52,8	67,0
M3												
Resto da planta	100	70,9	61,2	58,6	58,4	42,2	100	72,4	66,6	66,3	59,1	42,5
Tubérculos	-	29,1	38,8	41,4	41,6	57,8	-	27,6	33,4	33,7	40,9	57,5
M4												
Resto da planta	100	72,7	67,7	63,8	58,6	43,2	100	73,0	66,3	63,6	55,6	47,0
Tubérculos	-	27,3	32,3	36,2	41,4	56,8	-	27,0	33,7	36,4	44,4	53,0
M5												
Resto da planta	100	75,5	75,3	71,4	69,2	46,7	100	85,1	84,9	67,1	60,7	46,5
Tubérculos	-	24,5	24,7	28,6	30,8	53,3	-	14,9	15,1	32,9	39,3	53,5
Local 2												
M1												
Resto da planta	100	67,3	65,7	49,5	43,4	37,0	100	70,8	69,7	53,8	44,4	38,0
Tubérculos	-	32,7	34,3	50,5	56,6	63,0	-	29,2	30,3	46,2	55,6	62,0
M2												
Resto da planta	100	61,9	57,0	48,2	42,8	28,6	100	71,3	68,4	53,9	47,1	34,4
Tubérculos	-	38,1	43,0	51,8	57,2	71,4	-	28,7	31,6	46,1	52,9	65,6
M3												
Resto da planta	100	68,7	54,6	46,8	42,8	31,8	100	71,4	65,7	57,4	50,4	39,5
Tubérculos	-	31,3	45,4	53,2	57,2	68,2	-	28,6	34,3	42,6	49,6	60,5
M4												
Resto da planta	100	72,0	58,1	49,8	43,3	31,8	100	73,4	69,4	51,5	45,0	40,6
Tubérculos	-	28,0	41,9	50,2	56,7	68,2	-	26,6	30,6	48,5	55,0	59,4
M5												
Resto da planta	100	64,2	56,6	52,9	46,7	33,2	100	72,3	69,4	38,9	37,1	33,3
Tubérculos	-	35,8	43,4	47,1	53,3	66,8	-	27,7	30,6	31,1	62,9	66,7
Local 3												
M1												
Resto da planta	100	67,0	63,2	49,5	43,3	37,1	100	68,7	62,7	52,3	45,6	36,7
Tubérculos	-	33,0	36,8	50,5	56,7	62,9	-	31,3	37,3	47,7	54,4	63,3
M2												
Resto da planta	100	62,2	60,5	51,1	46,6	39,1	100	70,3	65,8	51,7	47,5	32,9
Tubérculos	-	37,8	39,5	48,9	53,4	60,9	-	29,7	34,2	48,3	52,5	67,1
M3												
Resto da planta	100	69,7	58,2	45,3	44,3	33,9	100	67,8	67,3	56,9	51,3	38,6
Tubérculos	-	30,3	41,8	54,7	55,7	66,1	-	32,2	32,7	43,1	48,7	61,4
M4												
Resto da planta	100	72,5	62,5	47,6	39,2	34,7	100	73,5	62,5	53,2	46,0	40,9
Tubérculos	-	27,5	37,5	52,4	60,8	65,3	-	26,5	37,5	46,8	54,0	59,1
M5												
Resto da planta	100	64,9	59,0	51,4	46,5	29,5	100	72,9	63,0	43,0	41,3	39,8
Tubérculos	-	35,1	41,0	48,6	53,5	70,5	-	27,1	37,0	57,0	58,7	60,2

^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

4.3.4 Cálcio

O teor de Ca no resto da planta apresentou comportamento distinto do que foi observado para N, P e K, pois, houve incremento dos teores durante o desenvolvimento da cultura, sendo que os maiores teores de Ca no resto da planta foram observados nas últimas avaliações (Tabela 20). Aos 99 DAP, o tratamento M1 proporcionou os maiores teores de Ca no resto da planta, nas duas cultivares, nos três locais de estudo, variando de 17,9 a 25,9 g kg⁻¹. Por outro lado, nos tubérculos, foi possível verificar a ocorrência dos menores teores de Ca, que se mantiveram relativamente constantes durante todo o ciclo da cultura, com variação de 0,16 a 0,55 g kg⁻¹, dependendo da época de avaliação, tratamento, local e cultivar (Tabela 20).

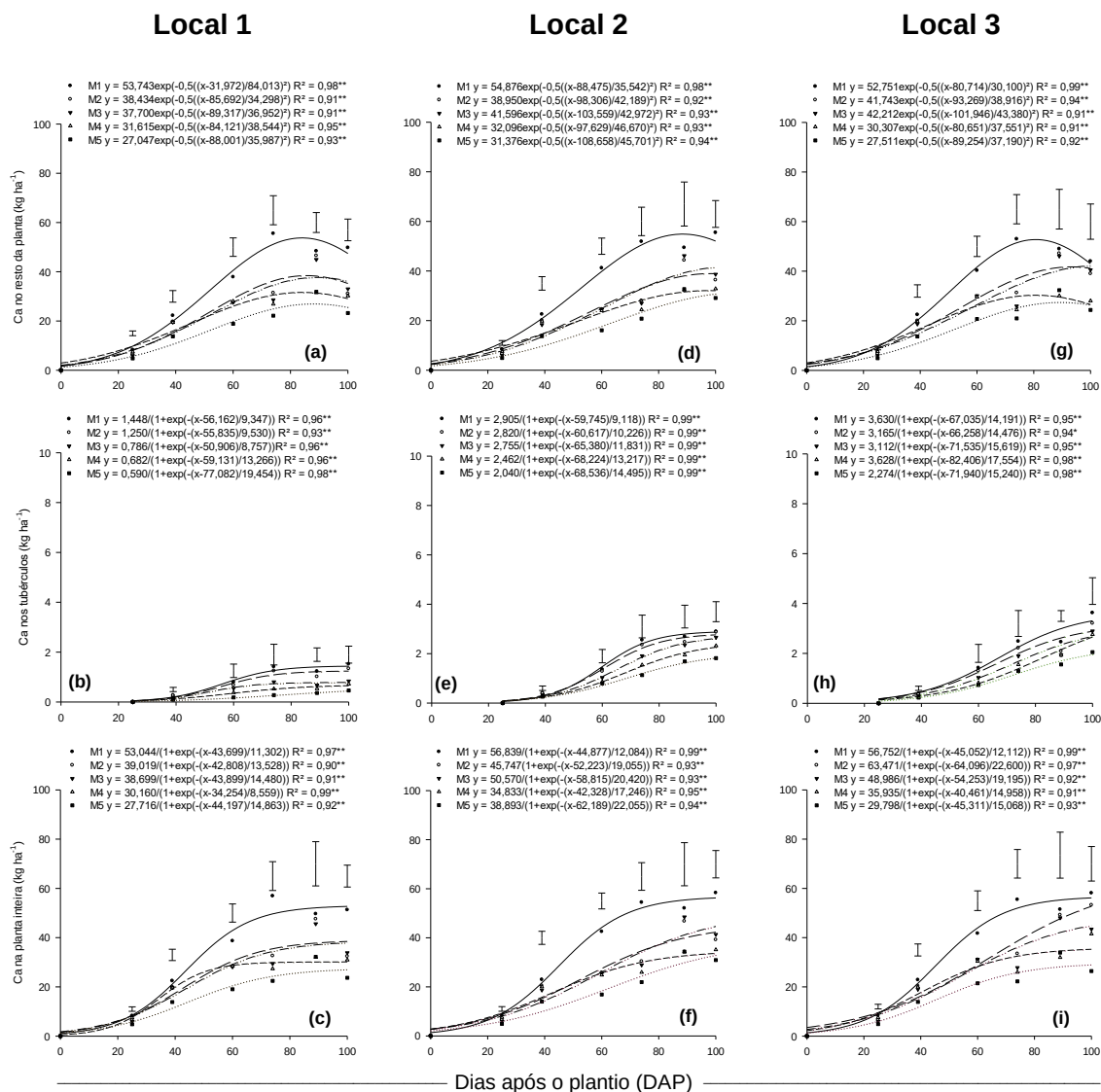
O acúmulo de Ca no resto da planta sofreu efeito dos manejos de N tanto para a cultivar Agata (Figuras 11a, 11d e 11g) quanto para a cultivar Electra (Figuras 12a, 12d e 12g), nos três locais. Da emergência até a primeira avaliação (25 DAP), o acúmulo de Ca foi lento e, para as duas cultivares estudadas, praticamente não foi possível observar diferenças entre os tratamentos. A partir de 25 DAP houve incremento na quantidade acumulada de Ca pelo resto da planta e a partir dos 39 DAP foi possível observar que os tratamentos proporcionaram quantidades acumuladas de Ca diferentes entre si (Figuras 11a, 11d, 11g, 12a, 12d e 12g). O acúmulo máximo ocorreu próximo ao final do ciclo para ambas as cultivares e os acúmulos de Ca no resto da planta foram semelhantes nos três locais de estudo, portanto, a média estimadas foram para a cultivar Agata de: 53,8 kg ha⁻¹ aos 84 DAP para o tratamento M1, 39,7 kg ha⁻¹ aos 91 DAP para o tratamento M2, 40,4 kg ha⁻¹ aos 94 DAP para o tratamento M3, 30,9 kg ha⁻¹ aos 91 DAP para o tratamento M4 e 28,4 kg ha⁻¹ aos 91 DAP para o tratamento M5. Para a cultivar Electra, em média, o acúmulo de Ca no resto da planta 42,2 kg ha⁻¹ aos 90 DAP para o tratamento M1, 39,3 kg ha⁻¹ aos 78 DAP para o tratamento M2, 40,1 kg ha⁻¹ aos 81 DAP para o tratamento M3, 37,0 kg ha⁻¹ aos 78 DAP e 30,9 kg ha⁻¹ aos 73 DAP para o tratamento M5. Os valores observados no presente estudo são superiores aos observados por Paula et al. (1986) e Yorinori (2003) e estão dentro da faixa relatada por Fernandes et al. (2011), que encontraram acúmulos de Ca variando entre 29,8 e 44,36 kg ha⁻¹, em diferentes cultivares de batata.

Tabela 20 - Teor de Ca em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
g kg ⁻¹												
Local 1												
M1												
Resto da planta	12,0	13,6	15,7	23,0	22,7	25,7	12,0	13,0	13,1	15,2	18,1	23,6
Tubérculos	-	0,37	0,38	0,38	0,24	0,23	-	0,25	0,26	0,26	0,20	0,20
M2												
Resto da planta	9,9	11,8	11,8	13,5	21,7	23,3	13,1	14,1	14,2	16,1	16,2	23,0
Tubérculos	-	0,32	0,34	0,34	0,21	0,21	-	0,22	0,23	0,23	0,20	0,16
M3												
Resto da planta	9,0	12,4	13,2	13,7	25,4	25,2	11,4	13,6	14,1	16,1	18,1	20,8
Tubérculos	-	0,25	0,27	0,27	0,20	0,21	-	0,21	0,23	0,22	0,26	0,19
M4												
Resto da planta	11,2	13,1	13,3	12,8	17,1	22,5	13,4	16,4	16,4	15,9	18,9	22,6
Tubérculos	-	0,18	0,20	0,19	0,18	0,19	-	0,16	0,17	0,17	0,23	0,20
M5												
Resto da planta	8,16	10,1	10,2	12,0	20,0	20,9	12,9	15,5	16,4	12,8	16,4	17,9
Tubérculos	-	0,17	0,18	0,18	0,21	0,19	-	0,22	0,23	0,23	0,19	0,16
Local 2												
M1												
Resto da planta	12,2	13,8	15,8	23,1	22,9	25,9	12,2	13,1	13,2	15,3	18,2	23,8
Tubérculos	-	0,54	0,55	0,55	0,41	0,40	-	0,42	0,43	0,43	0,37	0,37
M2												
Resto da planta	10,0	12,0	12,0	13,6	21,8	23,4	13,3	14,3	14,3	16,3	16,3	23,2
Tubérculos	-	0,49	0,51	0,51	0,38	0,38	-	0,39	0,40	0,40	0,37	0,33
M3												
Resto da planta	9,2	12,6	13,3	13,8	25,6	25,4	11,6	13,8	14,2	16,3	18,3	21,0
Tubérculos	-	0,42	0,44	0,44	0,37	0,38	-	0,38	0,40	0,39	0,43	0,36
M4												
Resto da planta	11,3	13,3	13,5	12,9	17,3	22,6	13,5	16,5	16,6	16,1	19,1	22,8
Tubérculos	-	0,35	0,37	0,36	0,35	0,36	-	0,33	0,34	0,34	0,40	0,37
M5												
Resto da planta	8,3	10,3	10,4	12,2	20,2	21,1	13,0	15,6	16,6	12,9	16,6	18,1
Tubérculos	-	0,34	0,35	0,35	0,38	0,35	-	0,39	0,40	0,40	0,36	0,33
Local 3												
M1												
Resto da planta	12,2	13,8	15,8	23,1	22,8	25,9	12,2	13,1	13,2	15,3	18,2	23,7
Tubérculos	-	0,51	0,52	0,52	0,38	0,37	-	0,39	0,40	0,40	0,34	0,34
M2												
Resto da planta	10,0	12,0	12,0	13,6	21,8	23,4	13,2	14,3	14,3	16,2	16,3	23,2
Tubérculos	-	0,46	0,48	0,48	0,35	0,35	-	0,36	0,37	0,37	0,34	0,30
M3												
Resto da planta	9,1	12,5	13,3	13,8	25,6	25,4	11,5	13,7	14,2	16,2	18,2	20,9
Tubérculos	-	0,39	0,41	0,41	0,34	0,35	-	0,35	0,37	0,36	0,40	0,33
M4												
Resto da planta	11,3	12,3	13,5	12,9	17,3	22,6	13,5	16,5	16,6	16,0	19,1	22,7
Tubérculos	-	0,32	0,33	0,33	0,32	0,33	-	0,30	0,31	0,31	0,37	0,34
M5												
Resto da planta	8,3	10,3	10,4	12,2	20,2	21,0	13,0	15,6	16,6	12,9	23,1	18,1
Tubérculos	-	0,31	0,32	0,32	0,35	0,33	-	0,36	0,37	0,37	0,33	0,30

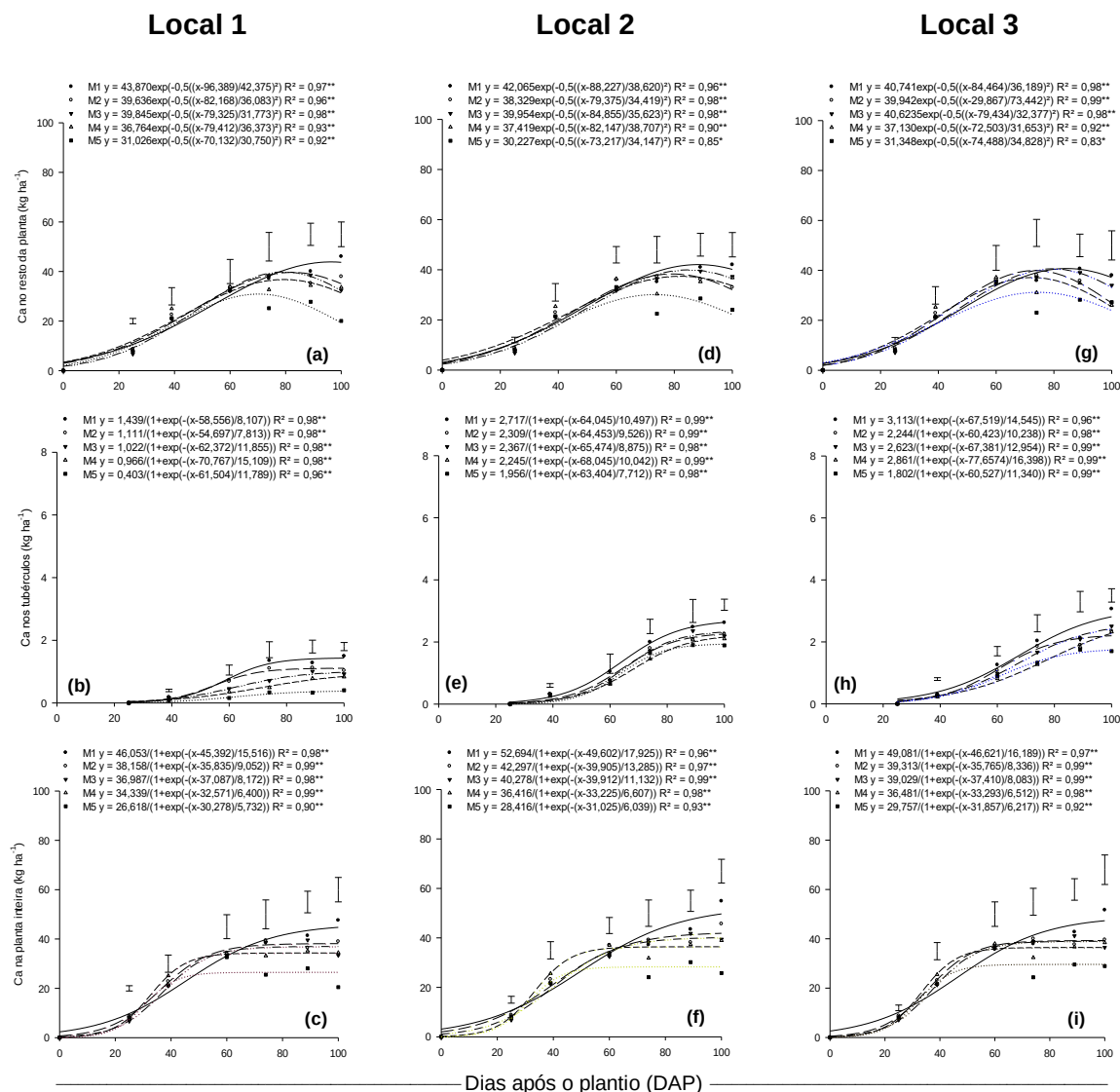
^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

Figura 11 - Quantidade de Ca no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 12 - Quantidade de Ca no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os tubérculos apresentaram acúmulo de Ca relativamente lento na fase inicial do ciclo (ou seja, até por volta de 50 DAP), e após esse período ocorreram incrementos no acúmulo de Ca e consequente acréscimo na quantidade acumulada até o final do ciclo (Figuras 11b, 11e, 11h, 12b, 12e e 12h). Além disso, os tratamentos de N proporcionaram diferenças a partir dos 60 DAP, e para as duas cultivares, nos três locais, houve efeito na quantidade máxima acumulada pelos tubérculos (Tabela 21). Para a cultivar Agata, o tratamento M1 diferiu dos tratamentos M4 e M5, no Local 1, e apenas do tratamento M5 nos demais locais. Para a cultivar Electra, o tratamento M1 diferiu de todos os demais tratamentos, com exceção do tratamento M2 no Local 2. Pode-se considerar que o tratamento M1 proporcionou os maiores acúmulos de Ca pelos tubérculos, que foi em média de 2,7 kg ha⁻¹ para a cultivar Agata e de 2,2 kg ha⁻¹ para a cultivar Electra (Tabela 21). O tratamento M2 proporcionou acúmulo de Ca nos tubérculos aproximadamente 8% inferior que o tratamento M1, para a cultivar Agata e 21% para a cultivar Electra. Essa variação de valores observados para o acúmulo médio de Ca nos tubérculos pode existir, uma vez que o acúmulo é dependente do teor do nutriente e do acúmulo de MS.

Hawkins (1946) relatou 1,2 kg ha⁻¹ de Ca acumulado nos tubérculos para a cultivar Green Mountain, Yorinori (2003) observou 2,37 e 2,02 kg ha⁻¹ de Ca para a cultivar Atlantic, respectivamente, nas safras das águas e das secas, enquanto Fernandes et al. (2011) encontraram os maiores acúmulos para Ca relatados, que foram de 4 kg ha⁻¹ para as cultivares Agata e Atlantic, 5 kg ha⁻¹ para a cultivar Markies, 7 kg ha⁻¹ para a cultivar Mondial e 8 kg ha⁻¹ para a cultivar Asterix. As taxas diárias máxima de acúmulo de Ca nos tubérculos foram baixas e variaram entre os locais estudados, sendo que de forma geral, as maiores taxas ocorreram no Local 1, em ambas as cultivares e foram inferiores as observadas por Yorinori (2003) que relatou 1,08 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Atlantic na safra das águas (Tabela 21). A cultivar Agata apresentou dos 58 aos 86 DAP o período com as taxas diárias máximas de acúmulo de Ca nos tubérculos, enquanto que para a cultivar Electra, esse período foi entre os 61 aos 89 DAP (Tabela 21). Fernandes et al. (2011) em estudo de exportação e extração de macronutrientes em diferentes cultivares de batata, encontraram período de 73 a 97 DAP com as taxas diárias máximas,

indicando que de forma geral, houve antecipação média de 13 dias desse período no presente estudo.

Houve efeito dos diferentes manejos de N na quantidade de Ca acumulada na planta inteira para as duas cultivares, nos três locais (Figuras 11c, 11f, 11i, 12c, 12f e 12i). De modo geral, para as duas cultivares, nos três locais, não houve diferença entre os tratamentos na primeira avaliação (25 DAP). Para a cultivar Agata, a partir dos 39 DAP foi possível observar que os tratamentos acumularam quantidades diferentes de Ca na planta inteira (Figuras 11c, 11f e 11i), enquanto que para a cultivar Electra, os tratamentos apresentaram diferenças a partir dos 60 DAP (Figuras 12c, 12f e 12i). Entre 39 e 74 DAP foi possível observar intenso acúmulo de Ca na planta inteira e incremento na quantidade acumulada deste nutriente, de modo geral, para as duas cultivares. No final do ciclo, as quantidades máximas estimadas de Ca acumulada no resto da planta foram menores na cultivar Electra, comparadas com a cultivar Agata (Figuras 11c, 11f, 11i, 12c, 12f e 12i; Tabela 21). O maior acúmulo de Ca na planta inteira foi proporcionado pelo tratamento M1, porém este diferiu significativamente do M2 apenas na cultivar Agata, no Local 2, do M3 na cultivar Agata, nos locais 2 e 3 e na Electra no Local 2.

Os tratamentos M2 e M3 proporcionaram acúmulos máximos de Ca semelhantes para as duas cultivares, nos três locais. A menor quantidade acumulada de Ca na planta inteira foi proporcionada pelo tratamento sem aplicação de N (M5), no entanto, vale ressaltar que para a cultivar Agata, no Local 1, esse tratamento proporcionou a mesma quantidade acumulada pelo tratamento M4, com aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N (Tabela 21). As maiores taxas diárias ocorreram no tratamento M1, para a cultivar Agata, nos três locais de estudo (1,18 kg ha⁻¹ dia⁻¹ no Local 1, 1,06 kg ha⁻¹ dia⁻¹ no Local 2 e 0,98 kg ha⁻¹ dia⁻¹ no Local 3). Para a cultivar Electra, nos três locais de estudo, as maiores taxas foram proporcionadas pelo tratamento M4, que em média foi de 1,05 kg ha⁻¹ dia⁻¹ (Tabela 21). O período em que houve incremento na quantidade acumulada de Ca pela planta inteira, coincidiu com a época em que ocorreram as maiores taxas diárias de acúmulo de Ca na planta inteira, ou seja, para a cultivar Agata entre 39 e 77 DAP e para a cultivar Electra entre 39 e 74 DAP, corroborando com Fernandes et al. (2011).

No final do ciclo, a quantidade de Ca acumulada no resto da planta representava cerca de 91,9% a 98,1% para a cultivar Agata e de 93,1% a 98% para

a cultivar Electra, em relação ao total acumulado pela planta inteira (Tabela 22), comprovando dessa maneira a baixa mobilidade do Ca e consequentemente pouca redistribuição entre os órgãos da planta (MALAVOLTA, 2006). A maior parte do Ca acumulado pela planta é absorvido pelas raízes e transportado via xilema para a parte aérea da planta, que apresenta maior taxa de transpiração, e por apresentar baixa mobilidade, ocorre acúmulo principalmente nas folhas, e é quase inexistente a redistribuição aos tubérculos (BUSSE; PALTA, 2006; MALAVOLTA, 2006). Segundo Busse; Palta (2006), o Ca não é transportado através da periderme para o interior dos tubérculos e o Ca é transportado para os tubérculos via xilema, juntamente com a água, os quais são absorvidos por raízes presentes no estolão. Por esse motivo, o acúmulo de Ca no resto da planta foi superior ao acúmulo de Ca nos tubérculos, comportamento oposto do que foi observado para N, P e K, que apresentam maior mobilidade dentro da planta, resultando em elevada translocação para os tubérculos. Além disso, Kratzke; Palta (1986) relatam que a aplicação de Ca nas raízes principais da planta de batata não promove aumento no acúmulo de Ca nos tubérculos, além de depender da interação entre a genética de cada cultivar, ambiente de cultivo e práticas culturais adotadas (BRAUN et al., 2011).

Tabela 21 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de Ca nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	Manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo															
	Agata								Electra							
	Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima		Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima	
	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta
	— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —		— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —	
	Local 1															
M1	1,5a	56,9a	0,28	1,17	15	25	64	42	1,5a	47,6a	0,36	0,82	16	24	65	44
M2	1,3ab	47,6ab	0,36	0,73	11	23	67	40	1,1b	39,4ab	0,29	0,93	13	20	61	40
M3	0,8abc	45,6ab	0,18	0,81	14	24	63	39	1,0b	39,6ab	0,17	0,91	16	19	62	43
M4	0,7bc	32,0b	0,11	0,82	20	19	58	40	0,8b	34,4ab	0,13	1,08	15	18	65	39
M5	0,4c	32,0b	0,05	0,57	11	18	63	39	0,4c	28,1b	0,31	0,83	8	24	79	43
F>P	0,002	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	31,3	11,5	-	-	-	-	-	-	17,1	12,6	-	-	-	-	-	-
	Local 2															
M1	2,9a	58,3a	0,08	1,06	10	24	66	49	2,6a	54,9a	0,06	0,84	13	14	67	50
M2	2,9a	46,8b	0,06	0,89	13	16	67	39	2,3ab	45,7ab	0,07	0,93	8	19	69	40
M3	2,6a	48,5b	0,06	0,79	12	17	66	40	2,2b	41,8b	0,06	0,93	9	18	72	42
M4	2,3ab	35,1b	0,04	0,80	15	19	65	40	2,1b	38,9b	0,06	1,02	9	21	72	42
M5	1,8b	34,4b	0,02	0,53	15	21	60	50	1,7c	30,2c	0,07	0,92	6	19	67	42
F>P	0,006	<0,001	-	-	-	-	-	-	0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	14,3	12,1	-	-	-	-	-	-	7,4	10,4	-	-	-	-	-	-
	Local 3															
M1	3,6a	58,1a	0,07	0,98	12	26	64	51	3,1a	51,7a	0,05	0,93	18	25	63	49
M2	3,2a	53,2ab	0,05	0,74	18	28	63	47	2,3b	39,6ab	0,05	1,03	15	18	63	40
M3	2,9ab	48,0b	0,05	0,84	17	18	63	43	2,5b	41,2ab	0,04	0,98	20	18	66	43
M4	2,8ab	41,5b	0,04	0,73	18	27	68	45	2,3b	38,4ab	0,04	1,06	19	19	70	41
M5	2,0b	33,9c	0,03	0,53	18	24	63	45	1,7c	29,6b	0,03	0,93	14	23	66	46
F>P	0,002	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	0,013	-	-	-	-	-	-
CV (%)	14,1	12,0	-	-	-	-	-	-	8,1	25,0	-	-	-	-	-	-

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 22 - Distribuição do Ca acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
%												
Local 1												
M1												
Resto da planta	100	98,7	97,9	97,5	97,4	97,0	100	99,1	97,7	96,9	96,8	96,4
Tubérculos	-	1,3	2,1	2,5	2,6	3,0	-	0,9	2,3	3,1	3,2	3,6
M2												
Resto da planta	100	98,7	97,8	97,6	96,0	96,0	100	99,2	97,9	97,3	97,2	96,9
Tubérculos	-	1,3	2,2	2,4	4,0	4,0	-	0,8	2,1	2,7	2,8	3,1
M3												
Resto da planta	100	99,0	98,4	98,0	97,6	97,3	100	99,2	98,6	98,2	97,3	97,1
Tubérculos	-	1,0	1,6	2,0	2,4	2,7	-	0,8	1,4	1,8	2,7	2,9
M4												
Resto da planta	100	99,3	98,7	98,2	98,1	97,7	100	99,5	99,0	98,5	97,7	97,5
Tubérculos	-	0,7	1,3	1,8	1,9	2,3	-	0,5	1,0	1,5	2,3	2,5
M5												
Resto da planta	100	99,3	99,0	98,9	98,8	98,1	100	99,6	99,5	98,8	98,7	98,0
Tubérculos	-	0,7	1,0	1,1	1,2	1,9	-	0,4	0,5	1,2	1,3	2,0
Local 2												
M1												
Resto da planta	100	98,1	96,7	95,1	95,0	94,9	100	98,5	97,1	95,2	94,4	94,1
Tubérculos	-	1,9	3,3	4,9	5,0	5,1	-	1,5	2,9	4,8	5,6	5,9
M2												
Resto da planta	100	98,0	95,0	94,6	92,7	91,9	100	98,6	97,7	95,4	95,0	94,5
Tubérculos	-	2,0	5,0	5,4	7,3	8,1	-	1,4	2,3	4,6	5,0	5,5
M3												
Resto da planta	100	98,2	95,9	94,9	93,6	93,4	100	98,6	97,6	95,5	94,2	94,2
Tubérculos	-	1,8	4,1	5,1	6,4	6,6	-	1,4	2,4	4,5	5,8	5,8
M4												
Resto da planta	100	98,7	96,5	94,0	94,0	93,3	100	99,0	98,3	95,4	94,4	94,4
Tubérculos	-	1,3	3,5	6,0	6,0	6,7	-	1,0	1,7	4,6	5,6	5,6
M5												
Resto da planta	100	98,1	95,3	95,1	94,8	94,1	100	98,6	98,0	94,5	93,3	93,1
Tubérculos	-	1,9	4,7	4,9	5,2	5,9	-	1,4	2,0	5,5	6,7	6,9
Local 3												
M1												
Resto da planta	100	98,2	96,5	95,3	95,2	93,7	100	98,5	96,5	94,9	94,4	94,0
Tubérculos	-	1,8	3,5	4,7	4,8	6,3	-	1,5	3,5	5,1	5,6	6,0
M2												
Resto da planta	100	98,1	95,8	95,7	93,9	93,1	100	98,8	97,1	95,3	94,9	93,8
Tubérculos	-	1,9	4,2	4,3	6,1	6,9	-	1,2	2,9	4,7	5,1	6,2
M3												
Resto da planta	100	98,4	96,5	95,7	93,3	93,2	100	98,8	97,3	95,7	94,8	93,1
Tubérculos	-	1,6	3,5	4,3	6,7	6,8	-	1,2	2,7	4,3	5,2	6,9
M4												
Resto da planta	100	98,8	97,3	94,0	93,8	93,3	100	99,1	97,8	96,0	94,9	93,3
Tubérculos	-	1,2	2,7	6,0	6,2	6,7	-	0,9	2,2	4,0	5,1	6,7
M5												
Resto da planta	100	98,3	96,6	95,4	94,1	92,1	100	98,8	97,5	95,5	94,5	94,0
Tubérculos	-	1,7	3,4	4,6	5,9	7,9	-	1,2	2,5	4,5	5,5	6,0

^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

4.3.5 Magnésio

Durante o período de emergência das plantas até aproximadamente 60 DAP, o teor de Mg no resto da planta, para as duas cultivares, nos três locais, foi crescente e após esse período ocorreu redução do teor de Mg nessa parte da planta até o final do ciclo, independentemente do tratamento estudado (Tabela 23). Aos 99 DAP, os maiores teores de Mg no resto da planta foram proporcionados pelo tratamento M1 enquanto que o menor teor de Mg foi proporcionado pelo tratamento M5. Nos tubérculos, os teores de Mg foram relativamente constantes durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura e inferiores aos valores observados no resto da planta. O Mg tem função bastante importante na fotossíntese pelo fato de ser o átomo central da molécula de clorofila, além de atuar na síntese proteica, e junto com o K participa da partição de carboidratos na planta (KOCH et al., 2019). Isso justifica maior concentração do nutriente no resto da planta, composto principalmente de folhas e hastes, especialmente até a fase de máximo acúmulo de MS da parte aérea (Figuras 2b, 2e, 2h, 3b, 3e e 3h; Tabela 23).

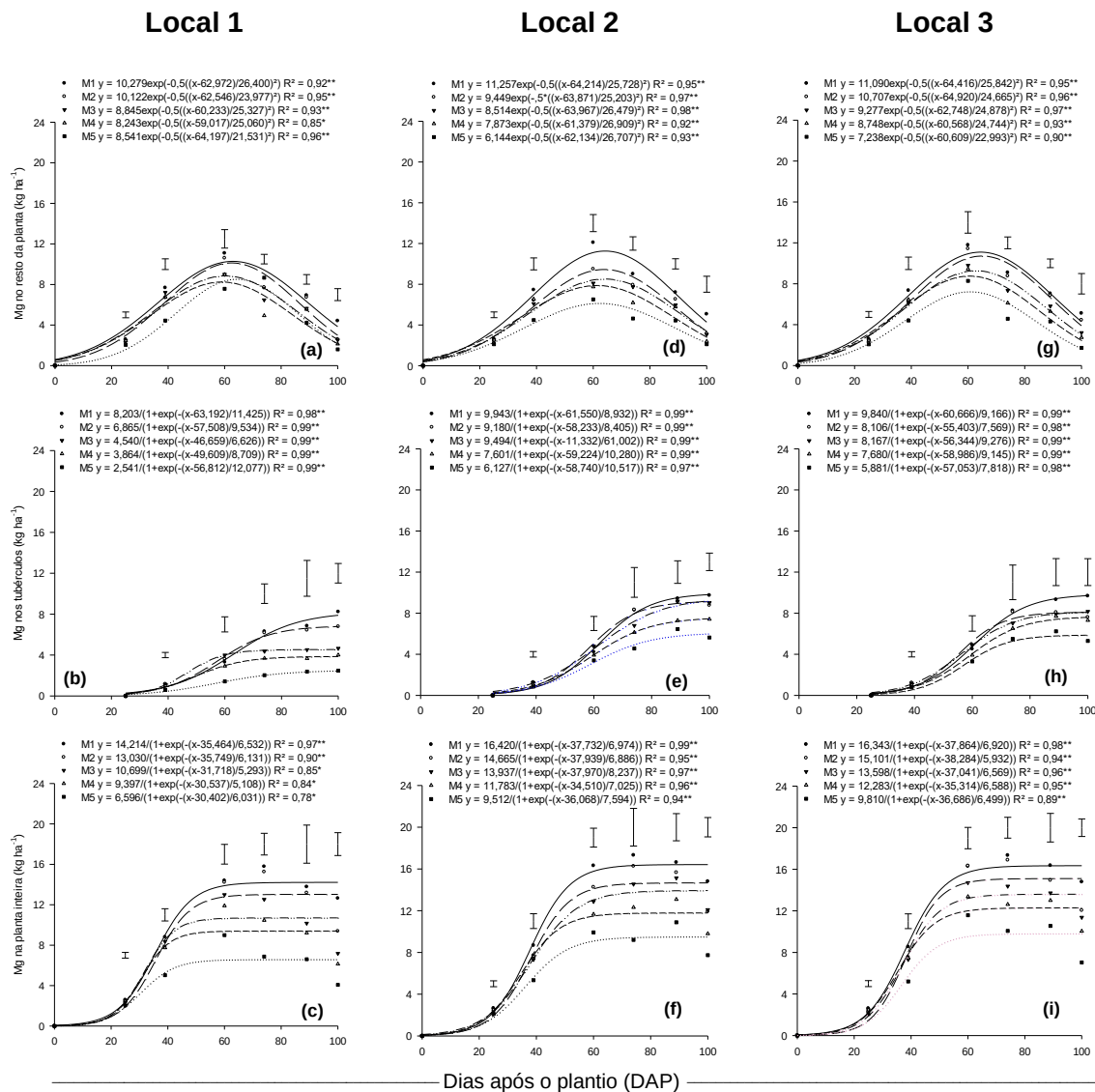
A quantidade acumulada de Mg no resto da planta sofreu efeito dos manejos de N, em todas as combinações cultivar/local (Figuras 13a, 13d, 13g, 14a, 14d e 14g). De maneira geral, da emergência até a primeira avaliação (25 DAP), não ocorreram diferenças nas quantidades acumuladas de Mg no resto da planta entre os tratamentos e a partir dos 39 DAP houve intenso acréscimo nas quantidades acumuladas até aproximadamente 64 e 66 DAP, respectivamente para as cultivares Agata e Electra, sendo que após esse período as quantidades de Mg acumuladas pelo resto da planta foram reduzindo até o final do ciclo (Figuras 13a, 13d, 13g, 14a, 14d e 14g). A cultivar Agata, nos três locais, apresentou diferenças entre as quantidades acumuladas pelos tratamentos a partir dos 39 DAP (Figuras 13a, 13d e 13g), enquanto na cultivar Electra, nos três locais, somente o tratamento M1 proporcionou acúmulos superiores em relação aos demais tratamentos a partir desse período (Figuras 14a, 14d e 14g). O tratamento M1, de modo geral, proporcionou a maior quantidade de Mg acumulado no resto da planta, que foi de $10,9 \text{ kg ha}^{-1}$ para a cultivar Agata e de $10,8 \text{ kg ha}^{-1}$ para a cultivar Electra. Esses valores acumulados de Mg no resto da planta são superiores aos relatados na literatura, que são de 4,9 a $9,9 \text{ kg ha}^{-1}$ (YORINORI, 2003) e 4,0 a $9,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (FERNANDES et al., 2011).

Tabela 23 - Teor de Mg em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
g kg ⁻¹												
Local 1												
M1												
Resto da planta	3,75	4,71	4,59	3,95	3,24	2,28	3,50	4,45	4,48	3,74	3,37	2,59
Tubérculos	-	1,53	1,64	1,69	1,35	1,25	-	1,16	1,43	1,58	1,99	1,15
M2												
Resto da planta	3,57	4,01	4,55	3,78	3,14	1,91	3,33	4,21	4,52	3,38	3,33	2,41
Tubérculos	-	1,49	1,76	1,70	1,32	1,07	-	1,25	1,70	1,79	1,96	1,31
M3												
Resto da planta	3,76	4,58	4,32	3,88	3,19	1,99	3,65	4,26	4,64	3,25	3,28	2,00
Tubérculos	-	1,49	1,94	1,46	1,35	1,17	-	1,32	1,62	1,62	1,52	1,13
M4												
Resto da planta	3,68	4,56	4,27	3,20	3,01	1,57	3,71	4,09	4,34	3,36	2,99	2,61
Tubérculos	-	1,35	1,57	1,36	1,24	1,06	-	1,27	1,50	1,42	1,57	1,11
M5												
Resto da planta	3,46	3,27	4,11	2,63	2,67	1,44	3,66	4,54	4,00	3,11	2,58	1,93
Tubérculos	-	1,05	1,41	1,32	1,37	1,02	-	1,36	1,16	1,20	1,24	0,96
Local 2												
M1												
Resto da planta	3,84	4,54	4,67	4,03	3,33	2,36	3,59	4,54	4,57	3,83	3,46	2,68
Tubérculos	-	1,61	1,72	1,77	1,44	1,34	-	1,24	1,51	1,67	2,08	1,24
M2												
Resto da planta	3,41	3,85	4,64	3,87	3,23	2,00	3,42	4,30	4,61	3,46	3,42	2,50
Tubérculos	-	1,57	1,87	1,79	1,40	1,16	-	1,34	1,78	1,88	2,05	1,39
M3												
Resto da planta	3,84	4,17	4,40	3,96	3,28	2,07	3,49	4,35	4,73	3,34	3,37	2,08
Tubérculos	-	1,58	2,02	1,55	1,43	1,26	-	1,40	1,71	1,71	1,60	1,22
M4												
Resto da planta	3,76	4,40	4,36	3,28	3,10	1,66	3,80	4,18	4,43	3,44	3,08	2,70
Tubérculos	-	1,43	1,66	1,44	1,32	1,15	-	1,36	1,58	1,51	1,66	1,20
M5												
Resto da planta	3,55	3,35	4,19	2,72	2,75	1,53	3,49	4,63	4,09	3,20	2,67	2,02
Tubérculos	-	1,14	1,49	1,41	1,45	1,10	-	1,45	1,24	0,90	1,08	1,04
Local 3												
M1												
Resto da planta	3,78	4,49	4,62	3,98	3,28	2,31	3,54	4,48	4,52	3,77	3,41	2,63
Tubérculos	-	1,56	1,67	1,72	1,38	1,28	-	1,19	1,46	1,62	2,02	1,18
M2												
Resto da planta	3,36	3,79	4,58	3,81	3,18	1,95	3,36	4,24	4,56	3,41	3,37	2,45
Tubérculos	-	1,52	1,82	1,73	1,35	1,11	-	1,28	1,73	1,83	2,00	1,34
M3												
Resto da planta	3,79	4,12	4,35	3,91	3,23	2,02	3,43	4,30	4,68	3,29	3,32	2,03
Tubérculos	-	1,53	1,97	1,50	1,38	1,20	-	1,35	1,66	1,66	1,55	1,17
M4												
Resto da planta	3,71	4,35	4,30	3,23	3,05	1,61	3,74	4,12	4,38	3,39	3,03	2,64
Tubérculos	-	1,38	1,61	1,39	1,27	1,10	-	1,31	1,53	1,46	1,61	1,15
M5												
Resto da planta	3,50	3,30	4,14	2,66	2,70	1,48	3,44	4,58	4,04	3,15	2,62	1,97
Tubérculos	-	1,09	1,44	1,35	1,40	1,05	-	1,39	1,19	0,84	1,03	0,99

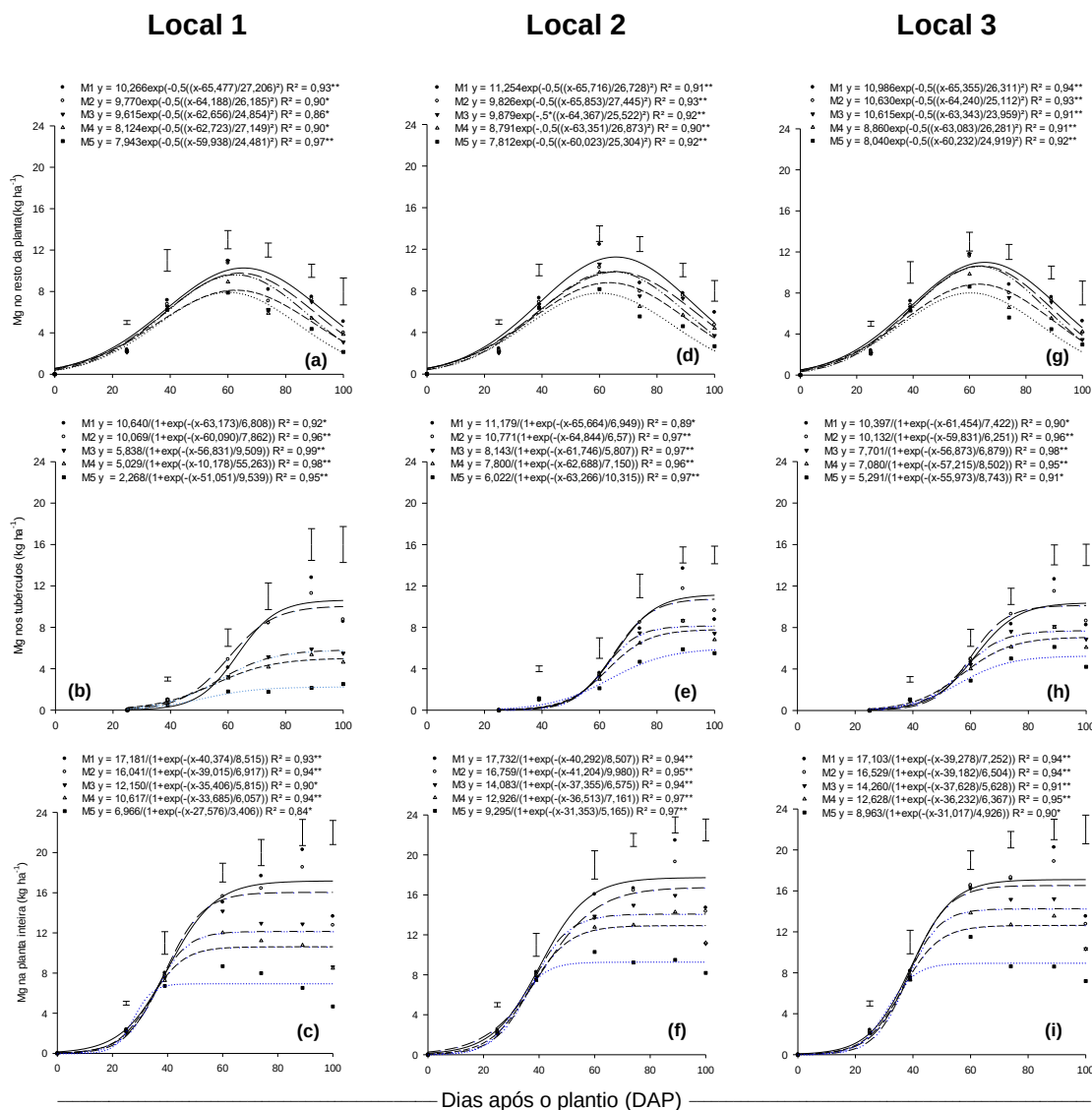
^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

Figura 13 - Quantidade de Mg no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 14 - Quantidade de Mg no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Ressalta-se que, apesar do tratamento M5 (sem aplicação de N) ter proporcionado o menor acúmulo máximo de Mg no resto da planta (em média 7,3 kg ha⁻¹ para a cultivar Agata e 7,9 kg ha⁻¹ para a cultivar Electra), tais valores ficaram acima do limite inferior de acúmulo de Mg no resto da planta observado pelos autores citados, o que pode ser explicado pelos elevados teores de Mg trocável nos solos utilizados no presente estudo (Tabela 1).

O acúmulo de Mg nos tubérculos foi afetado pelos manejos de N e os dados ajustaram-se de forma significativa a curvas de regressão do modelo sigmoide (Figuras 13b, 13e, 13h e 14b, 14e e 14h). De maneira geral, até a fase de início da tuberização (39 DAP), as duas cultivares, nos três locais, apresentaram comportamentos semelhantes e as quantidades de Mg acumuladas nos tubérculos foram similares entre os tratamentos. A partir de 60 DAP foi possível notar diferenciação da quantidade acumulada entre os tratamentos, além de intenso acúmulo e consequente incremento na quantidade acumulada de Mg nos tubérculos até aproximadamente os 84 DAP. A quantidade máxima acumulada pelos tubérculos ocorreu no final do ciclo e foi proporcionada pelo tratamento M1, porém sem diferir estatisticamente do tratamento M2, no Local 1, para as duas cultivares (Tabela 24). No tratamento M1, a cultivar Electra apresentou acúmulo de Mg nos tubérculos aproximadamente 35,4% superior à cultivar Agata. Nota-se ainda que o Local 2, para as duas cultivares, de maneira geral, proporcionou o maior acúmulo de Mg, principalmente nos tratamentos em que houve aplicação de maior dose de N, de forma parcelada ou não (M1, M2 e M3). Houve variação entre os valores das taxas diárias máximas de acúmulo de Mg nos tubérculos e, de maneira geral, a cultivar Agata apresentou os menores valores. No Local 1, a maior taxa diária máxima de acúmulo foi proporcionada pelo tratamento M1 e foi de 0,18 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Agata e de 0,33 kg ha⁻¹ dia⁻¹ para a cultivar Electra. No Local 2, o tratamento M1 proporcionou a maior taxa para a cultivar Agata, enquanto que o tratamento M2 proporcionou a maior taxa de diária de acúmulo para a cultivar Electra e, por fim, no Local 3, para as duas cultivares, as taxas diárias máximas de acúmulo foram proporcionadas pelo tratamento M1. A cultivar Agata, apresentou as taxas diárias máximas no período de 49 a 78 DAP, enquanto para a cultivar Electra, esse período ocorreu entre 47 e 84 DAP (Tabela 24). As taxas diárias máximas de acúmulo nos tubérculos observadas no presente estudo foram semelhantes às relatadas por

Fernandes et al. (2011), que ainda estabeleceram que a época de ocorrência para as maiores taxas diárias máximas de acúmulo de Mg nos tubérculos seriam dos 59 aos 77 DAP, no entanto, tais valores foram inferiores aos observados por Hawkins (1946) e Yorinori (2003). Nas duas cultivares, foi observado aumento médio de até 12 dias na duração desse período das maiores taxas em relação a literatura, dessa forma, a maior quantidade de Mg acumulado no presente estudo em relação aos demais citados, pode estar relacionado com a maior duração do período de taxas diárias máximas, além do maior acúmulo de MS observado (Tabelas 9 e 24).

Para as duas cultivares, nos três locais de estudo, o acúmulo de Mg pela planta inteira foi influenciado pelos manejos de N (Figuras 13c, 13f, 13i, 14c, 14f e 14i). De maneira geral, foi observado que para as duas cultivares os acúmulos de Mg foram baixos nos primeiros 25 DAP, devido à menor absorção deste nutriente pelas plantas. Para a cultivar Agata, nos três locais (Figuras 13b, 13f e 13i), foi possível observar diferença entre as quantidades acumuladas de Mg na planta inteira no tratamento M5, em relação aos demais tratamentos.

Na cultivar Electra, foi possível observar diferenças entre os manejos de N estudados apenas a partir de 60 DAP (Figuras 14c, 14f e 14i), as quais se estenderam até o final do ciclo, nas duas cultivares e nos três locais de estudo. As quantidades máximas de Mg acumuladas na planta inteira foram atingidas de modo geral aproximadamente aos 99 DAP e, para a cultivar Agata, foram de: 15,8 kg ha⁻¹ (M1), 15,3 kg ha⁻¹ (M2), 13,0 kg ha⁻¹ (M3), 11,9 kg ha⁻¹ (M4) e 9,0 kg ha⁻¹ (M5), no Local 1; 17,3 kg ha⁻¹ (M1), 16,3 kg ha⁻¹ (M2), 15,1 kg ha⁻¹ (M3), 13,1 kg ha⁻¹ (M4) e 10,9 kg ha⁻¹ (M5), no Local 2; e de 17,3 kg ha⁻¹ (M1), 16,9 kg ha⁻¹ (M2), 14,7 kg ha⁻¹ (M3), 13,4 kg ha⁻¹ (M4) 11,6 kg ha⁻¹ (M5) no Local 3 (Tabela 24). Para a cultivar Electra, as quantidades acumuladas máximas estimadas de Mg na planta inteira foram de: 20,3 kg ha⁻¹ (M1), 18,5 kg ha⁻¹ (M2), 14,2 kg ha⁻¹ (M3), 12,0 kg ha⁻¹ (M4) e 8,7 kg ha⁻¹ (M5), no Local 1; 21,5 kg ha⁻¹ (M1), 19,3 kg ha⁻¹ (M2), 15,9 kg ha⁻¹ (M3), 14,3 kg ha⁻¹ (M4) e 10,3 kg ha⁻¹ (M5), no Local 2; e de 20,3 kg ha⁻¹ (M1), 18,9 kg ha⁻¹ (M2), 16,2 kg ha⁻¹ (M3), 13,8 kg ha⁻¹ (M4) 11,5 kg ha⁻¹ (M5) no Local 3. Independente da cultivar e do local de estudo, os tratamentos M1 e M2 proporcionaram os maiores acúmulos de Mg para a planta inteira e foram semelhantes para a cultivar Agata no Local 1 e 3, e para a cultivar Electra, nos três locais. Além disso, a quantidade acumulada de Mg proporcionada por esses tratamentos, de maneira geral, foram

superiores aos citados por Paula et al. (1986), Yorinori (2003) e Fernandes et al. (2011).

As maiores taxas diárias máxima de acúmulo de Mg na planta inteira foram observadas, de modo geral, nos tratamentos com aplicação de maiores dose de N (M1, M2 e M3) (Tabela 24). Durante o período de 38 a 68 DAP para a cultivar Agata e de 37 a 65 DAP para a cultivar Electra, de forma geral, foi possível observar a ocorrência das máximas taxas diárias de acúmulo de Mg pela planta inteira. Dessa forma, cerca de 14 dias após o início da ocorrência das taxas máximas de acúmulo de Mg na planta inteira, para a cultivar Agata, e 25 dias após, para a cultivar Electra, foi observado grande redistribuição de Mg do resto da planta para os tubérculos (Figuras 13 e 14). Fernandes et al. (2011) observaram que as máximas taxas diárias ocorreram no período de 42 a 63 DAP e a taxa máxima estimada de acúmulo de Mg foi de $0,41 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Na última avaliação, ou seja, aos 99 DAP, a quantidade acumulada de Mg no resto da planta foi inferior a 46%, em relação ao total acumulado pela planta inteira (Tabela 25). Apesar de haver algumas diferenças entre os tratamentos, quando a distribuição do Mg nas partes da planta, elas não foram muito grandes ou consistentes. Além disso, no final do ciclo, de modo geral, o acúmulo de Mg pelos tubérculos para as cultivares Agata foi de 74,3% a 63,6% e para a cultivar Electra de 65,5% e 58,5% em relação ao total de Mg acumulado (Tabela 25). Paula et al. (1986) em estudo com a cultivar Mantiqueira e em condições de adubação e sem adubação encontraram 50 e 64% de acúmulo de Mg nos tubérculos em relação a planta inteira, ou seja, porcentagens inferiores às observadas no presente estudo. Fernandes et al. (2011) encontrou acúmulo de Mg nos tubérculos da cultivar Agata de 75% em relação ao total acumulado pela planta inteira, concordando com os valores encontrados para essa mesma cultivar nos três locais de estudo.

Tabela 24 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de Mg nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	Agata								Electra							
	Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima		Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima	
	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta
	— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —		— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —	
Local 1																
M1	6,8a	15,8a	0,18	0,43	10	15	68	44	12,8a	20,3a	0,33	0,42	14	17	70	46
M2	6,4a	15,3a	0,18	0,42	10	14	64	44	11,3a	18,5ab	0,24	0,44	20	14	63	46
M3	4,5b	13,0ab	0,14	0,41	10	14	49	42	5,9b	14,2b	0,12	0,43	23	14	55	44
M4	3,7bc	11,9ab	0,10	0,37	16	13	58	40	5,3b	12,0bc	0,09	0,34	23	16	58	42
M5	2,4c	9,0b	0,04	0,23	20	14	55	38	2,5c	8,7c	0,06	0,30	13	13	69	37
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	16,2	12,7	-	-	-	-	-	-	25,7	20,4	-	-	-	-	-	-
Local 2																
M1	9,7a	17,3a	0,27	0,44	13	17	65	48	13,7a	21,5a	0,31	0,45	11	15	69	46
M2	9,1ab	16,3b	0,25	0,38	10	15	64	46	11,7ab	19,3a	0,36	0,38	10	19	70	45
M3	9,2ab	15,1b	0,20	0,34	17	19	61	43	8,7b	15,9b	0,27	0,43	12	10	67	44
M4	7,3ab	13,1bc	0,15	0,33	20	19	57	42	8,6b	14,3b	0,24	0,36	14	17	69	44
M5	6,4b	10,9c	0,12	0,26	19	19	54	45	5,5c	10,3c	0,09	0,35	15	14	63	40
F>P	0,017	<0,001	-	-	-	-	-	-	0,017	0,003	-	-	-	-	-	-
CV (%)	18,7	14,8	-	-	-	-	-	-	19,8	16,3	-	-	-	-	-	-
Local 3																
M1	8,7b	17,3a	0,25	0,44	13	16	64	43	12,6a	20,3a	0,32	0,43	13	17	68	47
M2	7,1b	16,9a	0,22	0,46	17	14	60	47	11,5ab	18,9ab	0,28	0,46	13	15	64	47
M3	8,2a	14,7ab	0,17	0,39	18	19	60	49	8,1bc	16,2ab	0,23	0,44	13	17	62	48
M4	7,7a	13,4ab	0,18	0,36	12	16	65	43	8,0bc	13,8b	0,15	0,37	17	17	57	45
M5	6,2c	11,6b	0,16	0,28	16	19	53	41	4,2c	11,5c	0,06	0,33	12	17	47	43
F>P	0,003	<0,001	-	-	-	-	-	-	0,033	0,028	-	-	-	-	-	-
CV (%)	15,3	13,4	-	-	-	-	-	-	26,9	23,1	-	-	-	-	-	-

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 25 - Distribuição do Mg acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
%												
Local 1												
M1												
Resto da planta	100	87,3	77,0	60,1	51,0	38,4	100	89,2	72,7	52,8	37,3	35,7
Tubérculos	-	12,7	23,0	39,9	49,0	65,2	-	10,8	27,3	47,2	62,7	64,3
M2												
Resto da planta	100	85,2	74,6	59,5	52,2	27,7	100	86,8	69,2	48,8	39,9	31,9
Tubérculos	-	14,8	25,4	40,5	47,8	72,3	-	13,2	30,8	51,2	60,7	68,1
M3												
Resto da planta	100	86,4	69,4	65,3	56,4	34,6	100	86,6	77,1	60,3	54,8	36,0
Tubérculos	-	13,6	30,6	34,7	43,6	65,4	-	13,4	22,9	39,7	45,2	64,0
M4												
Resto da planta	100	87,2	75,6	65,2	60,3	34,8	100	86,3	74,2	63,0	50,2	45,1
Tubérculos	-	12,8	24,4	34,8	39,7	65,2	-	13,7	25,8	37,0	49,8	54,9
M5												
Resto da planta	100	88,4	84,1	70,5	63,8	39,8	100	92,7	90,9	78,9	67,2	45,2
Tubérculos	-	11,6	15,9	29,5	36,2	60,2	-	7,3	9,1	21,1	32,8	54,8
Local 2												
M1												
Resto da planta	100	86,0	74,1	52,2	44,1	34,5	100	88,4	78,0	52,8	38,9	36,5
Tubérculos	-	14,0	25,9	47,8	55,9	65,5	-	11,6	22,0	47,2	61,1	63,5
M2												
Resto da planta	100	83,6	66,6	48,9	42,4	26,3	100	85,9	75,3	48,7	39,3	33,0
Tubérculos	-	16,4	34,4	51,1	57,6	73,7	-	14,1	24,7	51,3	60,7	67,0
M3												
Resto da planta	100	82,9	62,9	53,5	40,5	25,4	100	85,7	76,2	50,1	46,0	33,3
Tubérculos	-	17,1	37,1	46,5	59,5	74,6	-	14,3	23,8	49,9	54,0	66,7
M4												
Resto da planta	100	85,8	66,7	50,7	44,7	24,8	100	86,1	76,5	50,0	39,7	38,8
Tubérculos	-	14,2	33,3	49,3	55,3	75,2	-	13,9	23,5	50,0	60,3	61,2
M5												
Resto da planta	100	83,8	65,5	50,3	40,6	27,4	100	85,1	79,5	60,0	48,9	32,2
Tubérculos	-	16,2	34,5	49,7	59,4	72,6	-	14,9	20,5	40,0	51,1	67,8
Local 3												
M1												
Resto da planta	100	86,1	72,2	52,6	44,5	34,9	100	88,3	71,7	51,7	37,8	37,8
Tubérculos	-	13,9	27,8	47,4	55,5	65,1	-	11,7	28,3	48,3	62,2	62,2
M2												
Resto da planta	100	84,0	69,9	52,1	46,6	36,6	100	87,3	70,0	46,7	39,9	32,7
Tubérculos	-	16,0	30,1	47,9	53,4	63,4	-	12,7	30,0	53,3	60,1	67,3
M3												
Resto da planta	100	83,9	66,7	51,5	43,4	27,6	100	87,2	72,6	49,9	47,3	32,7
Tubérculos	-	16,1	33,3	48,5	56,6	72,4	-	12,8	27,4	50,1	52,7	67,3
M4												
Resto da planta	100	86,4	71,0	49,1	41,0	27,4	100	86,5	71,0	52,2	40,9	39,5
Tubérculos	-	13,6	29,0	50,9	59,0	72,6	-	13,5	29,0	47,8	59,1	60,5
M5												
Resto da planta	100	84,7	71,4	45,4	40,7	24,5	100	85,7	75,5	64,9	52,5	40,4
Tubérculos	-	15,3	28,6	54,6	59,3	75,5	-	14,3	24,5	35,1	47,5	59,6

^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

4.3.6 Enxofre

Não foi possível observar um padrão de comportamento quanto ao teor de S no resto da planta e o maior teor foi observado em diferentes épocas em cada tratamento/cultivar/local (Tabela 26). De modo geral, os teores no resto da planta variaram de 0,86 até 3,5 g kg⁻¹ de S. Para os tubérculos, foram observados menores teores de S nas primeiras e últimas coletas, sendo os maiores valores observados principalmente entre 60 e 74 DAP, dependendo da combinação tratamento-cultivar-local (Tabela 26). No presente estudo os teores de S nos tubérculos variaram de 0,45 a 1,99 g kg⁻¹. Fernandes (2010) observou teores de S de 0,7 g kg⁻¹ em tubérculos de batata da cultivar Mondial aos 97 DAP e 1,3 g kg⁻¹ na cultivar Atlantic, corroborando, de maneira geral, com os teores encontrados no presente estudo aos 99 DAP. A demanda por S pela batateira é menor quando comparada com os outros macronutrientes, porém, para a ocorrência de elevadas produtividades pode ocorrer elevada extração deste do solo (KOCH et al., 2019).

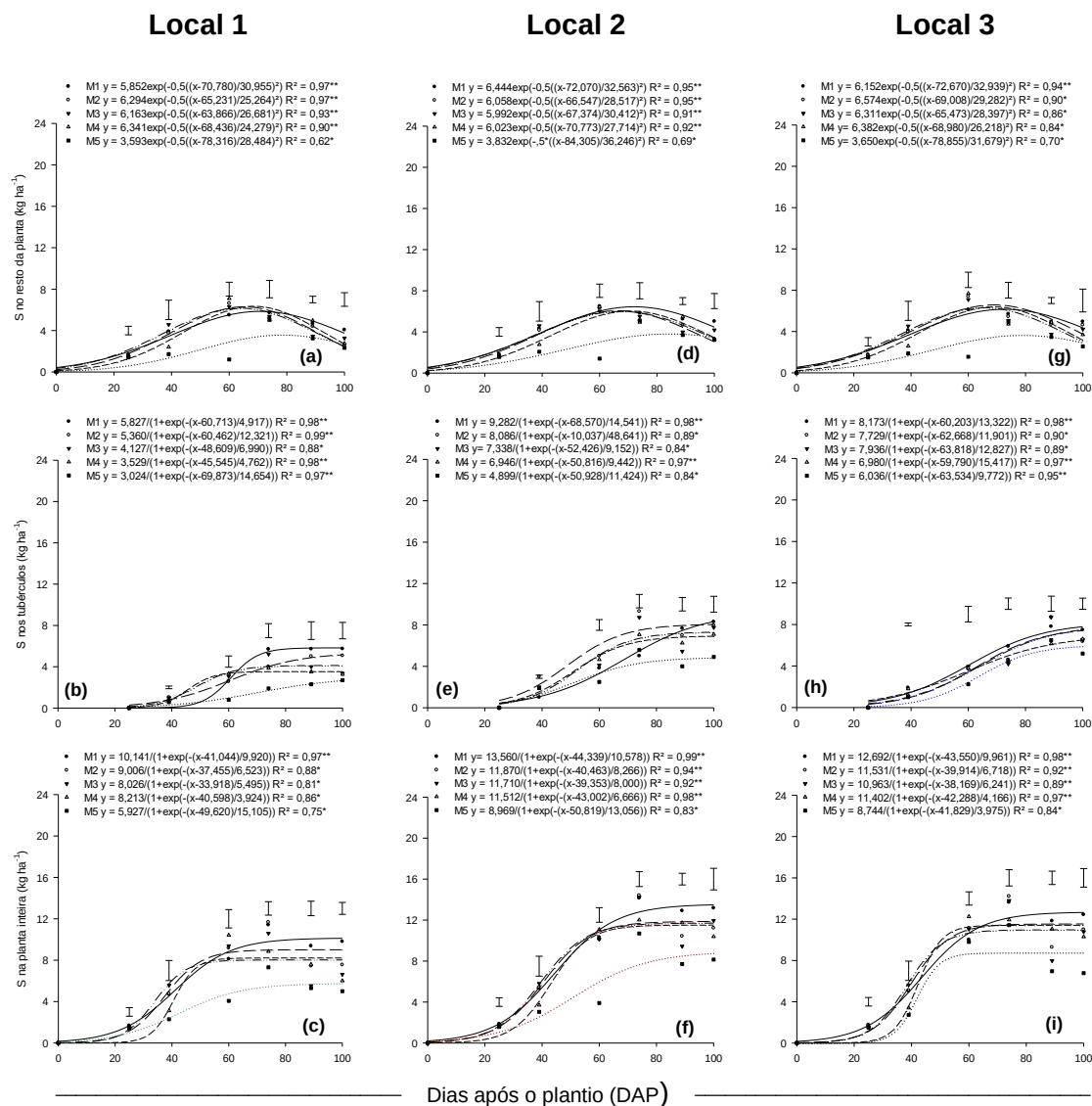
Houve efeito dos diferentes manejos de N no acúmulo de S no resto da planta das cultivares Agata e Electra (Figuras 15a, 15d, 15g, 16a, 16d e 16g), nos três locais de estudo. De modo geral, inicialmente o acúmulo de S no resto da planta foi lento e, assim como observado para os outros nutrientes, não ocorreram diferenças entre os tratamentos até os 25 DAP. No Local 1, o tratamento M2 aos 65 DAP, para a cultivar Agata e aos 69 DAP, o tratamento M3 proporcionaram o maior acúmulo de S no resto da planta (Figuras 15a e 16a). No Local 2, aos 71 DAP, o tratamento M1 proporcionou o maior acúmulo de S no resto da planta, para a cultivar Agata, enquanto que o tratamento M3 proporcionou a maior quantidade acumulada na cultivar Electra (Figuras 15d e 16d). No Local 3, a maior quantidade de S acumulada foi proporcionada pelo tratamento M1 aos 71 DAP para a cultivar Agata e pelo tratamento M3 aos 69 DAP para a cultivar Electra (Figuras 15g e 16g). Considerando a média dos três locais, as quantidades máximas de S acumuladas no resto da planta das cultivares Agata e Electra foram, respectivamente de 6,4 e 7,0 kg ha⁻¹. O tratamento M5, proporcionou o menor acúmulo de S no resto da planta, em média 3,7 kg ha⁻¹ para a cultivar Agata e 3,5 kg ha⁻¹ para a cultivar Electra. No entanto, os valores observados para o tratamento M5 foram semelhantes aos encontrados por Yorinori (2003) na safra das secas com a cultivar Atlantic.

Tabela 26 - Teor de S em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
g kg ⁻¹												
Local 1												
M1												
Resto da planta	2,42	2,39	2,27	2,37	2,18	2,10	1,81	1,92	1,91	2,77	2,30	2,46
Tubérculos	-	1,09	1,29	1,53	0,92	0,87	-	1,05	1,12	1,48	0,74	0,77
M2												
Resto da planta	2,36	2,24	2,84	2,24	2,05	1,87	2,01	1,92	1,95	2,57	2,15	3,13
Tubérculos	-	1,32	1,26	1,75	0,64	0,80	-	0,59	0,78	1,03	0,45	0,81
M3												
Resto da planta	2,27	2,90	3,02	2,58	1,95	2,52	2,27	1,28	3,34	2,22	2,24	2,06
Tubérculos	-	1,31	1,49	1,75	0,62	0,84	-	1,30	0,91	1,74	0,89	0,93
M4												
Resto da planta	2,24	1,61	3,37	2,37	2,69	2,04	2,01	1,62	1,00	2,42	2,88	2,63
Tubérculos	-	0,99	1,73	1,42	0,89	0,87	-	1,23	0,96	1,66	1,34	1,11
M5												
Resto da planta	2,39	1,28	2,65	2,75	2,05	2,10	2,36	1,56	0,86	2,22	1,90	1,97
Tubérculos	-	1,04	0,86	0,87	0,66	0,71	-	0,96	0,96	1,40	0,78	0,83
Local 2												
M1												
Resto da planta	2,66	2,64	2,52	2,61	2,43	2,34	2,05	2,17	2,16	3,01	2,55	2,70
Tubérculos	-	1,34	1,53	1,78	1,17	1,12	-	1,29	1,36	1,73	0,98	1,01
M2												
Resto da planta	2,60	2,49	3,09	2,48	2,30	2,12	2,26	2,17	2,20	2,82	2,40	3,38
Tubérculos	-	1,56	1,50	2,00	0,89	1,05	-	0,84	1,03	1,27	0,69	1,06
M3												
Resto da planta	2,52	3,14	3,27	2,82	2,19	2,77	2,52	1,53	3,59	2,47	2,48	2,30
Tubérculos	-	1,56	1,74	1,99	0,86	1,09	-	1,55	1,16	1,98	1,13	1,17
M4												
Resto da planta	2,49	1,86	3,62	2,62	2,94	2,28	2,26	0,86	1,25	2,67	3,13	2,87
Tubérculos	-	1,23	1,97	1,67	1,13	1,11	-	1,47	1,21	1,91	1,59	1,35
M5												
Resto da planta	2,64	1,53	1,90	2,99	2,29	2,35	2,61	1,81	1,11	2,47	2,15	2,22
Tubérculos	-	1,28	1,10	1,72	0,90	0,96	-	1,21	1,20	1,64	1,03	1,08
Local 3												
M1												
Resto da planta	2,54	2,52	2,40	2,49	2,31	2,22	1,93	2,05	2,04	2,89	2,43	2,58
Tubérculos	-	1,22	1,41	1,65	1,05	1,00	-	1,17	1,24	1,61	0,89	0,89
M2												
Resto da planta	2,48	2,37	2,96	2,36	2,18	2,00	2,13	2,05	2,08	2,70	2,28	3,26
Tubérculos	-	1,44	1,38	1,88	0,77	0,93	-	0,72	0,90	1,15	0,57	0,94
M3												
Resto da planta	2,39	3,02	3,15	2,70	2,07	2,65	2,40	1,41	3,47	2,34	2,36	2,18
Tubérculos	-	1,44	1,62	1,87	0,74	0,96	-	1,42	1,04	1,86	1,01	1,05
M4												
Resto da planta	2,36	1,74	3,50	2,50	2,81	2,16	2,14	0,74	1,13	2,55	3,01	2,75
Tubérculos	-	1,11	1,85	1,55	1,01	0,99	-	1,35	1,09	1,79	1,46	1,23
M5												
Resto da planta	2,51	1,41	1,78	2,87	2,17	2,23	2,49	1,69	1,98	2,35	2,03	2,09
Tubérculos	-	1,16	0,98	1,60	0,78	0,84	-	1,09	1,08	1,52	0,91	0,96

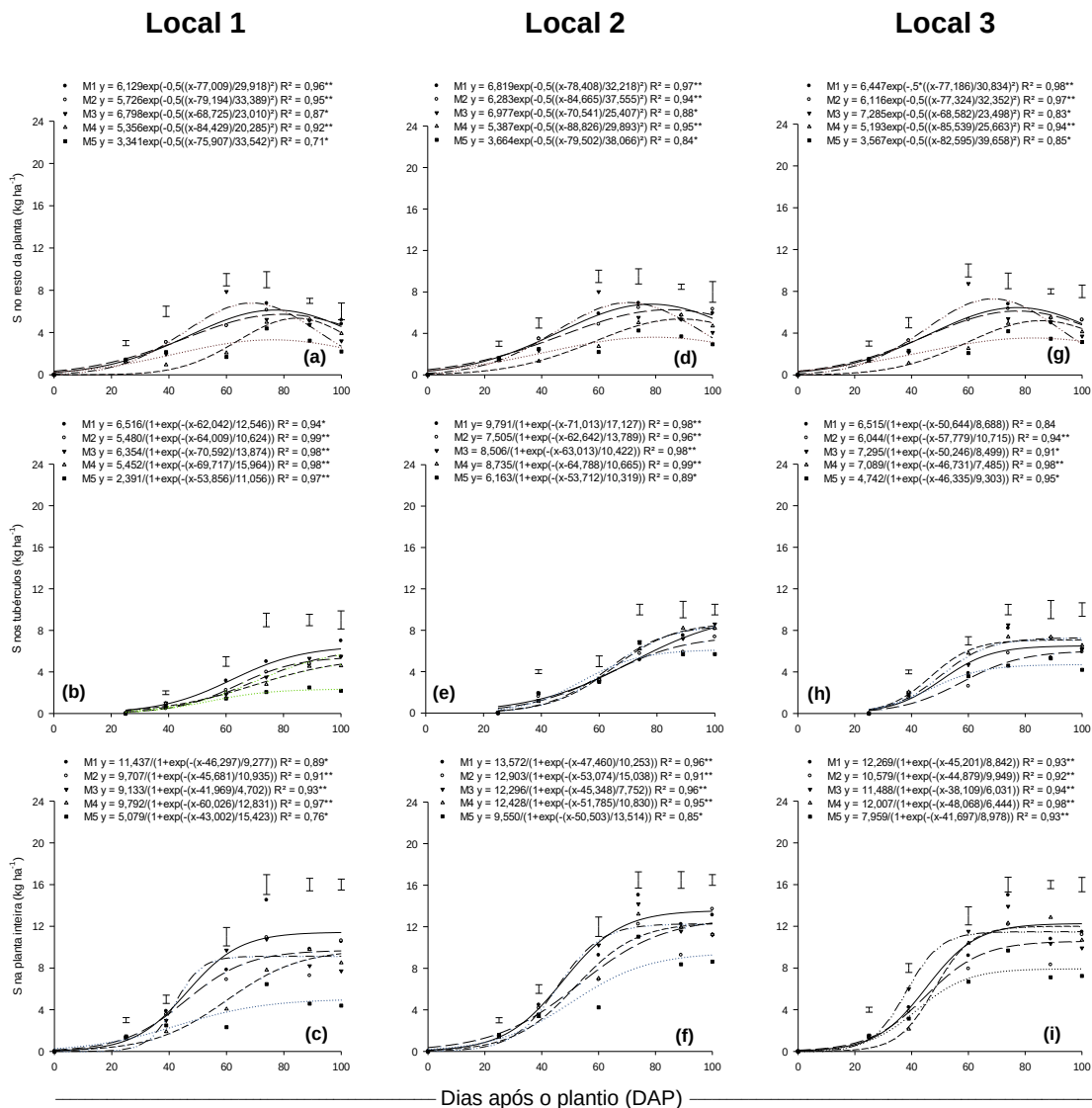
^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

Figura 15 - Quantidade de S no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Agata, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 16 - Quantidade de S no resto da planta (a, d, g), nos tubérculos (b, e, h) e na planta inteira (c, f, i) da cultivar de batata Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, no Local 1 (a, b, c), Local 2 (d, e, f) e Local 3 (g, h, i). M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N)



**significativo a 1% e *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Barras verticais indicam valor de DMS pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O acúmulo de S nos tubérculos foi afetado pelos manejos de N, para as duas cultivares, nos três locais (Figuras 15b, 15e, 15h, 16b, 16e e 16h). O acúmulo de S nos tubérculos, de forma geral, ocorreu de forma relativamente contínua do início da tuberização até o final das avaliações. De maneira geral, a maior quantidade de S acumulado nos tubérculos ocorreu no final das avaliações e para a cultivar Agata, o tratamento M2 proporcionou o maior acúmulo de S, em média de 6,4-9,3 kg ha⁻¹ (Tabela 27). Para a cultivar Electra, o tratamento M1, no Local 1, proporcionou o maior acúmulo de S nos tubérculos (7,7 kg ha⁻¹), enquanto que nos Locais 2 e 3, apesar de ausência de diferenças estatísticas, o tratamento M3 proporcionou as maiores quantidades acumuladas, que foram de 8,6 e 8,5 kg ha⁻¹, respectivamente. A quantidade máxima acumulada de S nos tubérculos não sofreu efeito dos manejos de N para a cultivar Agata, no Local 3 e para a cultivar Electra, no Local 2 (Tabela 27).

Os valores encontrados no presente estudo, foram superiores aos observados por Paula et al. (1986) e Fernandes et al. (2011). Foi observado que dos 60 aos 89 DAP para a cultivar Agata e dos 62 aos 94 DAP para a cultivar Electra, foram encontrados os períodos de ocorrência das maiores taxas diárias de acúmulo de S nos tubérculos (Tabela 27). Esse período foi, em média, 14 dias maior do que o período relatado por Fernandes et al. (2011), além disso, as taxas diárias máximas foram inferiores às observadas por esses autores. Ainda segundo esses autores, é comum que o S apresente taxas semelhantes de acúmulo nos tubérculos e na planta inteira, fato que não ocorreu no presente estudo, sendo que em alguns tratamentos a taxa máxima nos tubérculos foi até 3 vezes menor que a observada na planta inteira, o que poderia justificar a duração do período com as maiores taxas para ocorrer incrementos na quantidade acumulada deste nutriente (GREEF et al., 1999). No entanto, na fase final do ciclo, os tubérculos se tornaram drenos preferenciais de S, pois as quantidades acumuladas neste órgão foram superiores às observadas o resto da planta ao final das avaliações.

As quantidades de S acumulada na planta inteira também sofreu influência dos manejos de N, em todas as combinações cultivar/local (Figuras 15c, 15f, 15i, 16c, 16f e 16i). De modo geral, para as duas cultivares, houve baixo incremento no acúmulo de S até os 39 DAP, no entanto, o tratamento M5 proporcionou a menor quantidade de S acumulada desde então, diferenciando dos demais tratamentos

estudados. Houve efeito dos manejos de N para a cultivar Agata, nos Locais 1 e 2, e para a cultivar Electra, nos Locais 1 e 3 (Tabela 27). Para as duas cultivares, nos três locais, os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, no entanto, para a cultivar Agata, os maiores valores numéricos da quantidade acumulada de S na planta inteira foram proporcionados pelo tratamento M2. Por outro lado, para a cultivar Electra, o maior valor numérico de acúmulo de S na planta inteira foi proporcionado pelo tratamento M1 (Tabela 27). O Local 1, de modo geral, apresentou as menores quantidades acumuladas para as duas cultivares. A menor quantidade acumulada de S foi proporcionada pelo tratamento M5, que foi em média 51,8% e 39,1%, respectivamente, para a cultivar Agata e Electra, inferior que o maior acúmulo obtido no estudo. Existem valores distintos que são citados pela literatura em relação à quantidade máxima acumulada de S na planta inteira de batata: 12,0 kg ha⁻¹ (HAWKINS, 1946); 2,5 a 4,6 kg ha⁻¹ (PAULA et al., 1986); 13,0 kg ha⁻¹ (GARGANTINI et al., 1963); 6,7 a 10,8 kg ha⁻¹ (YORINORI, 2003) e 7,0 a 8,0 kg ha⁻¹ (FERNANDES et al., 2011). De forma geral, os valores obtidos no presente estudo corroboraram os dos diferentes autores citados acima.

O período de ocorrência das taxas diárias máximas de S na planta inteira, de maneira geral, foi de 49 a 80 DAP para a cultivar Agata e de 51 a 78 DAP para a cultivar Electra (Tabela 27). Segundo Fernandes et al. (2011), a fase de maior demanda da cultura de batata por S ocorre dos 42 aos 62 DAP. Apesar de serem maiores que as taxas máximas observadas pelos tubérculos, houve intensa translocação do S acumulado no resto da planta para os tubérculos. Baseado nas taxas diárias máximas estimadas de acúmulo, observa-se que os valores verificados para o S foram semelhantes aos valores para o P e o Mg (Tabelas 15, 24 e 27).

Houve redução na proporção do S acumulado no resto da planta e consequente incremento na proporção de S acumulado pelos tubérculos, devido à mudança de dreno e translocação dos fotoassimilados para os tubérculos ao longo do ciclo (Tabela 28). No entanto, a quantidade de S acumulado no resto da planta em relação ao acumulado pela planta toda no final do ciclo variou entre as cultivares e os tratamentos estudados, sendo que para o tratamento M5, no Local 1, foi observado que 57,3% do S acumulado estava nos tubérculos da cultivar Agata, enquanto apenas 50,3% da cultivar Electra (Tabela 28). Considerando os Locais 2 e 3, os tubérculos acumularam para a cultivar Agata valores de até 71,2% e para a

cultivar Electra valores de até 65,9% do S total acumulado pela planta inteira (Tabela 28).

Tabela 27 - Quantidade máxima acumulada, taxa diária máxima de acúmulo, duração da taxa diária máxima de acúmulo e período até a taxa diária máxima de acúmulo de S nos tubérculos e na planta inteira das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	Agata								Electra							
	Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima		Quantidade máxima acumulada		Taxa diária máxima de acúmulo		Duração da taxa diária máxima		Período até a taxa diária máxima	
	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta	Tub.	Planta
	— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —		— kg ha ⁻¹ —		- kg ha ⁻¹ dia ⁻¹ -		— dia —		— DAP —	
	Local 1															
M1	5,7a	11,4a	0,12	0,37	14	17	60	49	7,7a	14,5a	0,13	0,44	17	17	66	57
M2	6,4a	11,6a	0,18	0,28	12	17	67	55	4,8bc	10,9ab	0,10	0,51	21	14	62	53
M3	5,2b	10,5ab	0,15	0,26	14	18	63	55	5,5b	10,7ab	0,12	0,29	11	20	75	54
M4	3,8bc	8,8b	0,13	0,23	8	18	72	53	4,8bc	9,8ab	0,11	0,34	7	17	71	57
M5	2,2c	7,3b	0,14	0,20	7	16	74	57	2,1c	6,4b	0,09	0,21	6	15	72	56
F>P	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-
CV (%)	18,5	15,4	-	-	-	-	-	-	17,3	11,6	-	-	-	-	-	-
	Local 2															
M1	8,3ab	14,1a	0,14	0,48	15	16	62	56	8,1a	15,0a	0,14	0,56	17	16	69	56
M2	9,3a	14,4a	0,13	0,34	16	23	63	57	7,4a	13,7a	0,11	0,59	13	15	68	55
M3	8,7a	14,2a	0,13	0,35	15	25	59	52	8,6a	14,1a	0,11	0,43	12	17	72	56
M4	7,1b	12,0ab	0,15	0,28	9	16	71	55	8,2a	14,0a	0,15	0,47	11	16	74	52
M5	5,6c	10,7b	0,18	0,28	8	19	71	60	6,8a	11,0a	0,13	0,31	10	19	69	56
F>P	0,032	0,024	-	-	-	-	-	-	0,882	0,123	-	-	-	-	-	-
CV (%)	18,9	16,8	-	-	-	-	-	-	13,0	17,8	-	-	-	-	-	-
	Local 3															
M1	7,9a	13,6a	0,13	0,44	17	18	64	57	8,2a	14,9a	0,12	0,46	18	19	71	57
M2	8,8a	14,2a	0,13	0,40	17	23	64	52	5,9c	12,2bc	0,12	0,41	16	22	68	58
M3	8,7a	13,8a	0,16	0,37	20	25	63	54	8,5a	13,9b	0,10	0,38	20	20	68	55
M4	7,2a	12,0a	0,17	0,32	11	19	73	53	7,4b	12,8bc	0,10	0,37	21	20	73	51
M5	6,5a	11,4a	0,10	0,28	20	21	69	57	5,5c	9,7c	0,08	0,28	18	18	64	59
F>P	0,741	0,633	-	-	-	-	-	-	0,032	0,003	-	-	-	-	-	-
CV (%)	15,4	15,8	-	-	-	-	-	-	17,4	12,2	-	-	-	-	-	-

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 28 - Distribuição do S acumulado em cada parte da planta ao longo do ciclo das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N / Parte da planta	Agata						Electra					
	25 ^a	39	60	74	89	99	25	39	60	74	89	99
%												
Local 1												
M1												
Resto da planta	100	83,1	67,3	50,0	50,0	41,4	100	79,3	60,0	52,4	46,6	45,1
Tubérculos	-	16,9	32,7	50,0	50,0	58,6	-	20,7	40,0	47,6	53,4	54,9
M2												
Resto da planta	100	77,8	72,4	60,1	44,6	32,4	100	86,6	67,9	64,8	56,0	48,7
Tubérculos	-	22,2	27,6	39,9	55,4	67,6	-	13,4	32,1	35,2	44,0	51,3
M3												
Resto da planta	100	82,0	67,5	63,7	50,7	49,5	100	81,2	66,1	58,2	48,6	41,8
Tubérculos	-	18,0	32,5	36,3	49,3	50,5	-	18,8	33,9	41,8	51,4	58,2
M4												
Resto da planta	100	74,6	68,8	65,4	56,3	45,7	100	54,7	50,8	50,6	48,1	45,9
Tubérculos	-	25,4	31,2	34,6	43,7	54,3	-	45,3	49,2	49,4	51,9	54,1
M5												
Resto da planta	100	74,5	72,0	69,3	57,6	57,3	100	85,7	72,4	70,4	67,9	50,3
Tubérculos	-	25,5	28,0	30,7	42,4	42,7	-	14,3	27,6	29,6	32,1	49,7
Local 2												
M1												
Resto da planta	100	81,2	63,0	41,3	40,9	38,3	100	77,4	65,4	47,2	46,0	44,9
Tubérculos	-	18,8	37,0	58,7	59,1	61,7	-	22,6	34,6	52,8	54,0	55,1
M2												
Resto da planta	100	76,3	62,5	45,6	35,2	28,8	100	83,4	71,1	57,3	53,2	46,3
Tubérculos	-	23,7	37,5	54,4	64,8	71,2	-	16,6	28,9	42,7	46,8	53,7
M3												
Resto da planta	100	79,0	59,7	43,1	38,7	35,2	100	78,2	65,6	46,6	39,0	36,6
Tubérculos	-	21,0	40,3	56,9	61,3	64,8	-	21,8	34,4	53,4	61,0	63,4
M4												
Resto da planta	100	73,1	58,3	47,1	41,1	31,8	100	54,6	53,2	42,5	38,2	38,0
Tubérculos	-	26,9	41,7	52,9	58,9	68,2	-	45,4	46,8	57,5	61,8	62,0
M5												
Resto da planta	100	65,5	48,9	47,9	39,9	35,8	100	72,5	52,2	44,3	38,6	34,1
Tubérculos	-	34,5	51,1	52,1	60,1	64,2	-	27,5	47,8	55,7	61,4	65,9
Local 3												
M1												
Resto da planta	100	81,7	61,1	42,2	41,8	39,9	100	77,4	58,0	50,5	45,4	45,2
Tubérculos	-	18,3	38,9	57,8	52,8	60,1	-	22,6	42,0	49,5	54,6	54,8
M2												
Resto da planta	100	76,9	66,6	51,8	41,0	38,2	100	85,6	67,0	60,8	52,3	46,5
Tubérculos	-	23,1	33,4	48,2	59,0	61,8	-	14,4	33,0	39,2	47,7	53,5
M3												
Resto da planta	100	80,4	64,2	48,2	39,2	36,7	100	75,9	67,6	49,0	38,7	36,8
Tubérculos	-	19,6	35,8	51,8	60,8	63,3	-	24,1	32,4	51,0	61,3	63,2
M4												
Resto da planta	100	74,1	63,3	44,6	39,6	35,9	100	51,5	46,9	44,5	40,3	39,2
Tubérculos	-	25,9	36,7	55,4	60,4	64,1	-	48,5	53,1	55,5	59,7	60,8
M5												
Resto da planta	100	66,1	51,1	43,4	40,9	37,8	100	73,7	48,7	44,9	43,6	43,3
Tubérculos	-	33,9	48,9	56,6	59,1	62,2	-	26,3	51,3	55,1	56,4	56,7

^a Dias após o plantio. M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N).

4.4 Número de tubérculos por planta, peso médio de tubérculos e produtividade de tubérculos produzidos

O manejo da adubação nitrogenada proporcionou efeito significativo no número de tubérculos por planta, para a cultivar Agata, nos três locais de estudo e para a cultivar Electra, nos Locais 1 e 2 (Tabela 29). Para a cultivar Agata, o tratamento M1, ou seja, a maior dose de N aplicada ($320 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, de forma parcelada), foi semelhante aos tratamentos M2 e M3, no Local 1, aos tratamentos M2, M3 e M4, no Local 2, e aos tratamentos M2, M4 e M5, no Local 3. No entanto, esse tratamento proporcionou o maior número de tubérculos por planta, o que produziu nos Locais 1 e 2, em média, três tubérculos a mais por planta do que o tratamento testemunha (M5), que proporcionou o menor número de tubérculos. No Local 3, o tratamento M3 foi semelhante ao tratamento M2 e M5 e proporcionou a 9,8 tubérculos por planta para essa cultivar. Assunção (2020), trabalhando com manejos e épocas de aplicação de N, observou em média 11 tubérculos por planta para a cultivar Agata. Cardoso et al. (2007), aos 108 DAP, relataram média de 10 tubérculos por planta na cultivar Agata e Vivaldi, portanto, pode-se dizer que a média de tubérculos produzidos no presente estudo, inclusive no tratamento em que não houve aplicação de N, está de acordo com o observado pelos autores citados anteriormente. Para a cultivar Electra, o tratamento M1 foi semelhante ao tratamento M2, no Local 1, e proporcionou aproximadamente 11 tubérculos por planta a mais que o tratamento M5 (Tabela 29). Por outro lado, no Local 2, os tratamentos M3 e M4 não diferenciaram entre si e proporcionaram em média 10 tubérculos por planta. A avaliação do número de tubérculos produzidos é um parâmetro importante, pois, normalmente seu acréscimo está associado a ganhos em produtividade total de tubérculos. No entanto, o maior número de tubérculos por planta pode não estar necessariamente associado à maiores produtividades de tubérculos (ROSEN; BIERMAN, 2008; FERNANDES et al., 2010). Destaca-se também que, somente no Local 1, onde os manejos de N tiveram maior influência no acúmulo de MS pelas plantas (Figuras 2 e 3; Tabela 10), estes tiveram importante influência no número de tubérculos por planta. Isso sugere que apenas em condições de menor disponibilidade de N a adubação nitrogenada aumenta o número de tubérculos por planta.

Tabela 29 - Número total, peso médio, produtividade total e produtividade relativa de tubérculos das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	Número de tubérculos		Peso médio de tubérculos		Produtividade de tubérculos		Produtividade relativa	
	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra
	— n. planta ⁻¹ —		— g —		— Mg ha ⁻¹ —		— % —	
Local 1								
M1	12,5a	16,0a	80,3a	96,9a	41,8a	44,3a	298	307
M2	11,4ab	14,6ab	66,6b	87,1a	31,6b	40,6a	225	282
M3	10,9abc	11,9b	53,7c	65,4b	24,3c	33,1b	173	230
M4	9,3bc	8,3c	48,7cd	54,8c	18,8d	23,1c	134	160
M5	8,3c	5,2d	40,7d	45,9d	14,0d	14,4d	100	100
F>P	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
CV (%)	12,6	10,8	8,5	5,9	8,4	8,6	-	-
Local 2								
M1	11,3a	9,8b	129,5a	129,9a	60,9a	52,9a	151	127
M2	10,8ab	11,9a	126,8a	107,1b	60,9a	52,2a	150	125
M3	10,9ab	10,8ab	125,8a	106,8b	57,2ab	48,1ab	141	115
M4	10,1ab	10,5ab	125,5a	96,9b	52,9b	42,6b	131	102
M5	9,4b	9,8b	103,2b	102,2b	40,5c	41,7b	100	100
F>P	0,048	0,024	0,002	<0,001	<0,001	0,001	-	-
CV (%)	7,8	8,2	6,9	5,8	5,8	7,4	-	-
Local 3								
M1	13,0a	11,1a	98,9b	111,1a	52,9a	50,9a	148	164
M2	11,7ab	11,3a	104,8ab	103,0a	50,9a	47,7ab	143	153
M3	9,8b	10,8a	121,2a	98,1a	48,9a	43,8bc	136	141
M4	12,8a	10,0a	97,9bc	96,6a	46,8a	40,2c	131	130
M5	11,3ab	11,7a	76,5c	64,4b	35,7b	31,3d	100	100
F>P	0,001	0,375	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-
CV (%)	7,5	10,8	9,2	11,1	7,2	6,3	-	-

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os pesos médios de tubérculos de ambas as cultivares foram afetados pelos manejos de N, nos três locais de estudo (Tabela 29). Para a cultivar Agata, o tratamento M1 proporcionou o maior peso médio de tubérculos, no Local 1, enquanto que o tratamento M3 foi semelhante ao tratamento M2, no Local 3. Para as duas cultivares estudadas, o tratamento M5 proporcionou o menor peso médio de tubérculos. Especialmente no Local 1, a aplicação de maiores doses de N de forma parcelada, como nos tratamentos M1 e M2, proporcionou os maiores valores de peso médio de tubérculos. Segundo Assunção (2020), na fase de enchimento dos tubérculos (aproximadamente no período dos 42 aos 90 DAP), a aplicação de N pode reduzir de forma linear o peso médio de tubérculos, porém, essa condição

citada pelo autor foi confirmada somente no tratamento M1, para a cultivar Agata, no Local 3.

Houve efeito dos manejos de N na produtividade total de tubérculos, para as duas cultivares, nos três locais de estudo (Tabela 29). O tratamento M1 proporcionou a maior produtividade total de tubérculos, para a cultivar Agata, no Local 1, no entanto, para ambas as cultivares neste local foi possível observar que a produtividade de tubérculos proporcionada pelo tratamento M1 foi aproximadamente 3 vezes maior do que no tratamento M5 e aproximadamente o dobro da produtividade proporcionada pelo tratamento M4. Para a cultivar Electra, os tratamentos M1 e M2 foram semelhantes em todos os locais estudados. No Local 1, para a cultivar Agata, a produtividade proporcionada pelo tratamento M1 foi 32% superior que a do tratamento M2. Destaca-se também que, para ambas as cultivares, no Local 1, o parcelamento da dose de 160 kg ha⁻¹ (M2) de N proporcionou produtividade significativamente maior que a aplicação da mesma dose integralmente no sulco de plantio (M3).

No Local 2, para a cultivar Agata, o tratamento M3 proporcionou produtividade total de tubérculos aproximadamente 41% superior que o tratamento M5 e semelhante (-6%) as maiores produtividades proporcionadas pelos tratamentos M1 e M2, que por sua vez, proporcionaram produtividades semelhantes e, respectivamente, 15 e 50% maiores que os tratamentos M4 e M5. Para a cultivar Electra, os tratamentos M1 e M2 proporcionaram produtividades de tubérculos, em média, 23% superior ao tratamento M4 e 26% maior que o tratamento M5. O tratamento M3 proporcionou produtividade intermediária, sem diferir dos demais tratamentos. No Local 3, a cultivar Agata teve maiores produtividades de tubérculos com os tratamentos adubados, em comparação ao tratamento sem N (M5), cujas diferenças variaram de 31 a 48%. A cultivar Electra teve maior produtividade com o tratamento M1, que diferiu dos tratamentos M3, M4 e M5 em 16, 27 e 53%, respectivamente. O tratamento M2 proporcionou produtividade superior as dos tratamentos M4 e M5 e o tratamento M4 também foi superior ao M5. No geral, as menores produtividades de tubérculos foram proporcionadas pelo tratamento M5 (sem aplicação de N).

Apesar de não ter havido diferença em alguns casos, a ordem de produtividade total de tubérculos, foi: M1>M2>M3>M4>M5, ou seja, as maiores

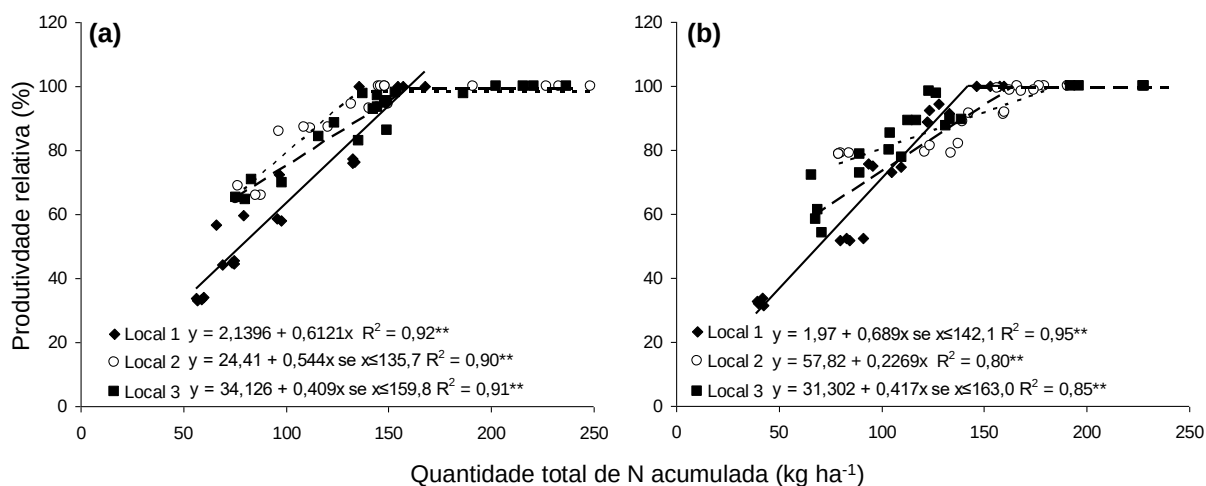
doses de N, aplicadas de forma parcelada, proporcionaram maior incremento em produtividade, devido à época de aplicação que favoreceu o aproveitamento do N pela cultura da batata.

Ressalta-se que, no Local 1, as respostas à adubação nitrogenada foram maiores em relação aos demais locais estudados, ou seja, ocorreu incremento de produtividade de tubérculos aumentando a dose de N aplicada, principalmente da forma parcelada (Tabela 29). Para as duas cultivares, nos Locais 2 e 3, foi possível observar que o tratamento M1 proporcionou produtividade relativa semelhante ao tratamento M2, em média foram superiores em 50% e 45% para a cultivar Agata e 26% e 58% para a cultivar Electra, respectivamente para o Local 2 e 3, que o tratamento testemunha (M5) (Tabela 29). Cambouris et al. (2016), estudando fontes e doses de N, em condições de solo arenoso irrigado, com a cultivar Russet Burbank, encontraram produtividade de 16,3 Mg ha⁻¹ no tratamento testemunha, sendo que, esse valor foi semelhante ao observado no presente estudo no Local 1, para as duas cultivares, enquanto que o tratamento testemunha do Local 2 e Local 3 proporcionaram produtividade total de tubérculos superiores ao valor observado pelos autores.

Busato (2007), Coelho et al. (2010) e Assunção (2020), trabalhando com a cultivar Agata observaram, respectivamente, produtividades totais de 33,1, 45,0 e 57,2 Mg ha⁻¹ nas doses de 297, 168 e 80 kg ha⁻¹ de N, sugerindo que o processo de desenvolvimento da planta e a disponibilidade do N dependem de fatores que não podem ser controlados de forma igualitária como: condições climáticas, restos de adubação ou cultura anterior, número de operações de manejo de solo, disponibilidade de água e topografia. Além disso, pode-se considerar que, por serem áreas de produção comercial, devido ao intenso preparo de solo, pode ter ocorrido variação na quantidade de N disponibilizada às plantas de batata, especialmente devido ao processo de mineralização. Contudo, destaca-se que, mesmo tendo proporcionado, de maneira geral, maiores quantidades totais de N acumuladas em todos os locais (Figura 6), nos Locais 2 e 3, o maior acúmulo de N na planta inteira não proporcionou aumentos indefinidos da produtividade de tubérculos (Figuras 17a e 17b). Assim, independentemente do local e cultivar, houve relação linear da produtividade relativa de tubérculos com a quantidade de N acumulada na planta inteira, até valores que variaram entre 136 e 190 kg ha⁻¹ de N. Com isso é possível

inferir que, doses/manejos de N que proporcionam acúmulos totais de N na planta inteira nesses níveis são requeridas para que se obtenha a máxima produtividade de tubérculos das cultivares Agata e Electra.

Figura 17 - Relação entre as quantidades totais de N acumuladas na planta inteira no final do ciclo e as produtividades relativas de tubérculos das cultivares de batata Agata (a) e Electra (b), em três locais de cultivo.



******significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

4.5 Teores de nutrientes, porcentagem de matéria seca, índice de colheita, exportação e alocação de nutrientes nos tubérculos

Quanto ao teor de N nos tubérculos na colheita final, observa-se que o tratamento M1 foi semelhante ao tratamento M2 para a cultivar Agata, nos três locais, enquanto que para a cultivar Electra, nos Locais 2 e 3, este tratamento proporcionou o maior teor deste nutriente (Tabela 30). Os tratamentos com as doses intermediárias de N proporcionaram teores intermediários de N nos tubérculos colhidos.

Para a cultivar Agata, nos locais 1 e 3, o teor de P não teve efeito dos manejos de N, que apresentaram valores, em média, de $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ e $2,1 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Para essa cultivar no Local 2, o tratamento M2 proporcionou o maior teor de P ($1,9 \text{ g kg}^{-1}$), que ficou abaixo da média obtida nos demais locais. Por outro lado, para a cultivar Electra, o teor de P sofreu efeito dos manejos de N nos Locais 1 e 2, e os maiores teores obtidos foram proporcionados pelo tratamento M5. No Local 3, essa cultivar apresentou em média $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ de P nos tubérculos

(Tabela 30). Especialmente no Local 1, notou-se um efeito diluição, ou seja, os tratamentos que proporcionaram as maiores produtividades de tubérculo (Tabela 29), tiveram menores teores de P nos mesmos (Tabela 30).

Em relação ao teor de K nos tubérculos colhidos, houve efeito dos manejos de N somente para a cultivar Agata, no Local 3, sendo que o tratamento M1 proporcionou teor semelhante ao proporcionado pelo tratamento M2 (Tabela 30). O teor de Ca sofreu efeito dos manejos de N para a cultivar Agata, nos Locais 1 e 2. No Local 1, o tratamento M4 proporcionou o maior teor de Ca. No Local 2, o tratamento M1 diferiu do tratamento M5. Para a cultivar Electra, os teores de Ca diferiram apenas no Local 3, com o menor teor sendo proporcionado pelo tratamento M5.

O teor de Mg nos tubérculos colhidos foi influenciado pelos manejos de N, apenas no Local 2 para a Agata, no qual o tratamento M1 foi semelhante ao tratamento M2, diferindo do tratamento M5, enquanto que, no Local 3 para a Electra, o tratamento M2 proporcionou teor de Mg semelhante ao proporcionado pelo tratamento M4. O teor de S nos tubérculos não foi influenciado pelos manejos de N (Tabela 30).

A porcentagem de MS nos tubérculos de batata sofreu efeito dos manejos de N, para a cultivar Agata, nos Locais 1 e 2, e para a cultivar Electra, no Local 2 (Tabela 31). A maior porcentagem de MS nos tubérculos foi proporcionada pelo tratamento M4, para a cultivar Agata, no Local 1 (17,5%), enquanto que no Local 2 M4 foi semelhante aos demais tratamentos com exceção do tratamento M5. Para a cultivar Electra, os tratamentos M1, M2 M3 e M5 foram semelhantes. Por outro lado, a menor porcentagem de MS de tubérculos ocorreu no tratamento testemunha (M5), para a cultivar Agata, no Local 1, que foi 2,1% inferior ao proporcionado pelo tratamento que recebeu a maior dose de N (M1).

Em contrapartida, para as duas cultivares, não houve influência dos manejos de adubação nitrogenada no Local 3, indicando que tanto a aplicação de doses elevadas, quanto a ausência de N proporcionaram porcentagens de MS semelhantes. Cardoso et al. (2007) não observaram incremento na porcentagem de MS de tubérculos em função do acréscimo de doses parceladas de N e K. Por sua vez, Oliveira et al. (2006) e Goffart et al. (2008) concluíram que o fornecimento de elevadas doses de N às plantas de batata pode afetar de forma negativa a qualidade

dos tubérculos, que está diretamente correlacionada com porcentagem de MS nos mesmos. Ainda assim, de modo geral, as porcentagens de MS encontradas no presente estudo, corroboram com dados relatados por Fernandes (2010) e Evangelista et al. (2011) em estudos com a cultivar Agata. No entanto, os valores encontrados são superiores aos observados por Assunção (2020), ao trabalhar com doses e épocas de aplicação de N com a mesma cultivar.

Em relação às quantidades de nutrientes exportadas pelos tubérculos por área, sabe-se que este valor geralmente varia de acordo com a cultivar, o clima e o próprio manejo da adubação (BRAUN et al., 2011). Dessa forma, a quantidade de N exportada por área foi influenciada pelos manejos da adubação nitrogenada, em todas as combinações cultivar/local (Tabela 31). Em todas as situações, ficou evidente que maiores doses e o parcelamento da adubação nitrogenada proporcionou maior exportação de N pelos tubérculos.

O tratamento M1 proporcionou as maiores exportações de N, cujos valores, em média, foi 173,7 kg ha⁻¹. A menor exportação de N por área foi proporcionada pelo tratamento M5, nos Locais 2 e 3, para a cultivar Agata, que foi respectivamente 66% e 54% inferiores ao tratamento M1, enquanto que, para a cultivar Electra, a menor exportação ocorreu no Local 3, e o tratamento M5 proporcionou exportação de N aproximadamente 69% inferior ao tratamento M1. Yorinori (2003) encontrou exportação de N por área de 120 kg ha⁻¹ (safra das águas) e 113 kg ha⁻¹ (safra das secas) para a cultivar Atlantic, valores semelhantes foram obtidos nos tratamentos M3 e M4, para a cultivar Agata, no Local 2. Fernandes et al. (2011), em estudo de extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata, relataram exportação de 69 kg ha⁻¹ de N, que no geral foi semelhante aos valores proporcionados pelo tratamento testemunha do presente estudo. Braun et al. (2011) constataram que na cultivar Agata ao fornecer a dose de 168 kg ha⁻¹ de N ocorreu exportação de 87,1 kg ha⁻¹ deste nutriente. Dessa mesma forma, Assunção (2020), ao aplicar 160 kg ha⁻¹ de N na forma parcelada, que no presente estudo foi equivalente ao tratamento M2, encontrou máxima exportação de N de 127,6 kg ha⁻¹, valores semelhantes aos ocorridos no Local 1 e no Local 3. Vale destacar que a exportação de N pelos tubérculos varia muito em função do nível de produtividade e da disponibilidade de N no solo.

A exportação do P pelos tubérculos teve efeito dos manejos de N, para a cultivar Agata, nos três de estudo, e para a cultivar Electra, nos Locais 1 e 2 (Tabela 31). O tratamento M5, proporcionou a menor exportação de P. Ressalta-se que, no Local 1, o tratamento M5 proporcionou exportação de P 56,3% inferior à maior exportação obtida, proporcionada pelo tratamento M1. Além disso, a exportação proporcionada por esse tratamento, foi semelhante à obtida por Fernandes et al. (2011) para a cultivar Atlantic e por Job (2019) para cultivar Agata.

No Local 2, a cultivar Agata apresentou a maior exportação de P no tratamento M2 (16,7 kg ha⁻¹), apesar de não diferir do tratamento M1 e foi aproximadamente duas vezes superior ao observado por Fernandes e Soratto (2016), em estudo sobre respostas de cultivares à adubação fosfatada em solos com diferentes teores de P. Para a cultivar Electra, no Local 2, o tratamento M1 proporcionou exportação de P apenas superior ao tratamento M4. Quanto a cultivar Agata, no Local 3, o tratamento M5 foi inferior aos tratamentos M1, M2 e M3 e semelhante ao tratamento M4. Todos os valores de exportação de P observadas no presente estudo foram inferiores às citadas por Braun et al. (2011).

Em todas as combinações cultivar/local, houve efeito dos manejos da adubação nitrogenada na exportação de K pelos tubérculos (Tabela 31). O tratamento M1 proporcionou a maior exportação de K para as duas cultivares, no Local 1. Enquanto que nos Locais 2 e 3, para as duas cultivares, o tratamento M1 proporcionou exportações semelhantes ao tratamento M2. Os tratamentos M1, M2 e M3, para a cultivar Electra, no Local 3, não diferiram entre si estatisticamente, porém, nota-se que o tratamento M3 proporcionou exportação de 10,7 kg ha⁻¹ a menos que o tratamento M1. Os tratamentos M3 e M4 proporcionaram exportações de K intermediárias. As exportações de K pelos tubérculos foram maiores nos Locais 2 e 3, do que no Local 1, especialmente nos tratamentos com menores doses (M4) ou sem aplicação de N (M5). Fernandes et al. (2010; 2011) identificaram maiores exportações de nutrientes quando ocorreu maior acúmulo de MS, corroborando com os resultados do estudo.

Observa-se ainda que, mesmo proporcionando a maior exportação de K, o tratamento M2, para a cultivar Electra, no Local 2, apresentou produtividade semelhante ao tratamento M1, portanto, pode-se inferir que tais tratamentos apresentam teores diferentes de K nos tubérculos. Yorinori (2003) encontrou, para a

cultivar Atlantic, exportações de 104 kg ha⁻¹ (safra das águas) e 119 kg ha⁻¹ (safra das secas), enquanto que Braun et al. (2011) e Fernandes et al. (2011) encontraram, respectivamente, exportações de 199,5 e 220,0 kg ha⁻¹ de K para as cultivares Atlantic e Asterix. Nos Locais 2 e 3, a exportação desse nutriente foi maior para a cultivar Agata em relação a cultivar Electra.

A exportação de Ca pelos tubérculos, para a cultivar Agata apresentou efeito dos manejos de N, nos três locais de estudo, enquanto que para a cultivar Electra, houve efeito apenas nos Locais 1 e 3 (Tabela 31). O tratamento M1 proporcionou a maior valor numérico de exportação de Ca por área, no entanto, foi semelhante ao tratamento M2 nos Locais 1 e 2, e no Local 1, para a cultivar Electra. Ressalta-se ainda que no Local 3, o tratamento M1 proporcionou exportação de Ca semelhante aos tratamentos M2, M3 e M4, para ambas as cultivares. As maiores exportações ocorreram no Local 2 e podem estar relacionadas aos maiores níveis de produtividades alcançados neste local (Tabela 29). Os valores encontrados, de maneira geral, corroboram com encontrados por Yorinori (2003) para a cultivar Atlantic (2,88 e 1,77 kg ha⁻¹) e por Fernandes et al. (2011), porém, são inferiores aos relatados por Braun et al. (2011), em estudo com diversas cultivares de batata conduzidas com diferentes manejos da adubação nitrogenada.

A exportação de Mg teve efeito significativo dos manejos de N, para a cultivar Agata, nos Locais 1 e 2, e para a cultivar Electra, nos três locais de estudo (Tabela 31). No Local 1, os tratamentos M1, M2 e M3 foram semelhantes para a cultivar Agata, enquanto que para a cultivar Electra notou-se semelhança entre os tratamentos M1 e M2. No Local 2, o tratamento M5 proporcionou os menores valores de exportação de Mg por área. Além disso, neste local, a cultivar Agata exportou maior quantidade de Mg do que a cultivar Electra. No Local 3, o tratamento M1 proporcionou exportações semelhantes às proporcionadas pelos tratamentos M3, M4 e M5. Fernandes et al. (2011) encontraram valores entre 5,0 e 8,0 kg ha⁻¹ de Mg exportado por cultivares de batata. Yorinori (2003) e Braun et al. (2011) encontraram intervalo menor de exportação de Mg por área que foi de 1,8 a 2,9 kg ha⁻¹ e 3,4 a 6,9 kg ha⁻¹, respectivamente, assim sendo, os valores encontrados no presente estudo corroboram os relatados pelos autores citados.

Houve efeito significativo dos manejos do N na exportação de S pelos tubérculos, em todas as combinações cultivar/local (Tabela 31). O tratamento M1 e

proporcionou os maiores valores numéricos das exportações de S para a cultivar Agata, apesar de não diferir estatisticamente do tratamento M2. Para a cultivar Electra, no Local 1, O tratamento M1 e M2 foram semelhantes entre si, diferenciando do tratamento M5, dessa forma, a quantidade proporcionada pelo tratamento M1 foi semelhante ao tratamento M2, e foi 3,5 vezes superior ao tratamento M5. No Local 2, a exportação de S foi semelhante entre os tratamentos M1, M2, M3 e M4, para a cultivar Agata enquanto que para a cultivar Electra, a maior exportação foi proporcionada pelo tratamento M2, além de apresentar semelhanças entre os tratamentos M1 e M3. No Local 3, para a cultivar Agata, o tratamento M1 diferenciou do tratamento M4 e M5, enquanto que, para a cultivar Electra, M4 foi semelhante ao tratamento M5. A faixa de valores de exportação de S obtidos no presente estudo, de maneira geral, concorda com Braun et al. (2011). No entanto, os dados são superiores aos observados por Fernandes et al. (2011).

O IC foi afetado pelos manejos de N apenas no Local 1, para ambas as cultivares (Tabela 32). Para a cultivar Agata, os tratamentos M1, M2, M3 e M4 não diferiram, sendo que os maiores valores numéricos de IC foram proporcionados pelos tratamentos M1 e M3, respectivamente, de 88% e 82%, em média, superiores ao tratamento testemunha (M5). Para essa mesma cultivar no Local 2, os valores dos IC variaram de 84% a 99%, enquanto que no Local 3, os valores ficaram entre 77% e 85%. Para a cultivar Electra, apesar de não ocorrer diferenças estatísticas entre os tratamentos M1, M2 e M3, no Local 1, nota-se que o maior valor numérico de IC foi proporcionado pelo tratamento M3 (94%). De maneira geral, para esta cultivar, os valores de IC variaram de 85% a 91%, no Local 2, e de 70% a 82%, no Local 3. Os resultados indicam que em condições com menor disponibilidade de N (Local 1), a não aplicação desse nutriente, além de limitar o crescimento das plantas (Figuras 2 e 3), também limita a partição de MS para os tubérculos (Tabela 32).

O manejo do N teve efeito na alocação final do N para os tubérculos colhidos, para a cultivar Agata, no Local 1 e para a cultivar Electra, nos Locais 1 e 2 (Tabela 32). No Local 1, as maiores doses de N proporcionaram maior alocação de N para os tubérculos das duas cultivares; no entanto, para a cultivar Electra, os tratamentos M2 e M3 proporcionaram alocação de N semelhantes ao proporcionado pelo tratamento M1. Isso está relacionado aos maiores teores de N nos tubérculos e maior distribuição de MS e N para os tubérculos proporcionados pelos tratamentos

com maiores doses de N (Tabelas 10, 11, 13 e 30). Contudo, maiores acúmulos de MS nem sempre garantem os maiores acúmulos de nutrientes (FERNANDES et al., 2015). No Local 2, a alocação de N para os tubérculos da cultivar Agata correspondeu a em média 89,4% do total absorvido, enquanto para a cultivar Electra a maior alocação foi proporcionada pelo tratamento M1, com 97% (Tabela 32). Por outro lado, no Local 3, não houve efeito das doses de N para as duas cultivares. Os dados observados para a alocação final do N no presente estudo são superiores aos valores relatados por Fernandes et al. (2015) e Soratto e Fernandes (2016), ao trabalharem com a influência do P no acúmulo de MS e de nutrientes e alocação destes em cultivares de batata. Destaca-se que o fornecimento de menores doses de N à cultura da batata em condições de alta resposta ao nutriente, como o Local 1, além de limitar drasticamente o acúmulo e partição de MS para os tubérculos (Figuras 2 e 3; Tabela 10), também foi muito prejudicial à alocação final de N para os tubérculos (Tabelas 13 e 32). Por outro lado, em condições com menor resposta ao N, a aplicação do nutriente teve menor ou efeito ausente na alocação de N para os tubérculos.

Não houve efeito do manejo do N na alocação final do P para os tubérculos colhidos para a cultivar Agata, enquanto que para a cultivar Electra, houve efeito nos Locais 1 e 2 (Tabela 32). Para a cultivar Agata, a proporção de P alocado para os tubérculos foi, em média, 88% no Local 1, 71% no Local 2, e 72% no Local 3. Por outro lado, para a cultivar Electra, a maior alocação foi proporcionada pelo tratamento M5, nos Locais 1 e 2, respectivamente de 99% e 84% e mesmo não ocorrendo efeito dos manejos de N no Local 3, nota-se que a maior alocação também foi proporcionada pelo tratamento M5 (Tabela 32). O fato deste tratamento ter proporcionado o maior teor de P nos tubérculos na colheita final em relação aos tratamentos que receberam as maiores doses de N (M1, M2 e M3) para a cultivar Electra, nos três locais, pode ser explicado pela ocorrência dos maiores teores de P nos tubérculos colhidos proporcionado por esse tratamento (Tabela 30).

Fernandes et al. (2015) em estudo conduzido em casa de vegetação com cultivares de batata encontraram valores próximos aos obtidos no presente experimento em condições de alta disponibilidade de P no solo. A menor alocação de P para os tubérculos ocorreu na cultivar Electra, no Local 3, em média, 70%, o

que pode ser comprovado pelos menores valores médios de IC (Tabela 32), além de teores de P de maneira geral inferiores em relação a cultivar Agata (Tabela 30).

Em relação à alocação de K para os tubérculos colhidos, ocorreu efeito dos manejos de N para a cultivar Agata, no Local 3, e para a cultivar Electra, no Local 2 (Tabela 32). Em média, as duas cultivares apresentaram 66% de alocação de K para os tubérculos no Local 1, sendo esse resultado 13% inferior ao citado por Soratto e Fernandes (2016). No Local 2, a alocação de K para os tubérculos da cultivar Agata variou de 69% a 83%, sendo que a média desse local foi semelhante a observada por Soratto e Fernandes (2016), que foi de 76%.

Por outro lado, nesse mesmo local, para a cultivar Electra, houve efeito dos manejos de N e o tratamento M1 diferenciou dos demais, proporcionando a menor alocação de K (Tabela 32). O teor de K nos tubérculos colhidos proporcionado pelo tratamento M1 nessa cultivar, para esse local, no geral foi baixo (Tabela 30), ou seja, o acréscimo da fertilização nitrogenada promoveu redução no teor de K nos tubérculos, mesmo que este tenha apresentado elevado acúmulo de MS. No Local 3, o tratamento M5, para a cultivar Agata, proporcionou a maior alocação de K, podendo ser atribuído a um elevado IC, uma vez que, a MS de tubérculos produzidas por esse tratamento foi muito semelhante a MS total acumulada pela planta toda na última coleta realizada (antes da dessecação), por outro lado, para a cultivar Electra nesse local apresentou em média 67,8% de alocação final de K para os tubérculos (Tabela 32).

Não foi observado nenhum efeito dos manejos de N na quantidade de Ca alocada para os tubérculos, em nenhum das combinações cultivar/local (Tabela 32). De maneira geral, a maior alocação de Ca foi observada no Local 2, em média 6,6% para a cultivar Agata e 6% para a cultivar Electra. Os valores obtidos no Local 2 são aproximadamente duas vezes superiores aos observados nos outros dois locais de estudo. Segundo Fernandes et al. (2015), a alocação de Ca nos tubérculos é muito baixa, sendo inferior a 18%. No entanto, Soratto e Fernandes (2016) observaram, para a cultivar Agata, que ao fornecer a dose de 250 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ocorreu alocação de 23% de Ca para os tubérculos. As maiores médias observadas no presente estudo são cerca de 3 vezes inferiores aos citados pelos autores e possivelmente ocorreram devido ao baixo teor de Ca nos tubérculos colhidos (Tabela 30). Dessa forma pode-se inferir que as doses de N não promoveram

incrementos nos teores de Ca nos tubérculos de batata para a cultivar Agata e para a cultivar Electra. Além disso, o Ca é transportado por fluxo de transpiração e não é redistribuído via floema, tornando o sistema radicular das plantas de batata como principal meio de transporte desse nutriente, justificando os menores teores de Ca nos tubérculos (BUSSE; PALTA, 2006).

A alocação de Mg nos tubérculos colhidos não sofreu efeito dos manejos de N para a cultivar Agata, enquanto que para a cultivar Electra, houve efeito dos manejos de N apenas no Local 3 (Tabela 32). Para a cultivar Agata, as alocações finais de Mg, em média, foram de 69,4% no Local 1, 88,6% no Local 2 e 65,4% no Local 3. Por outro lado, para a cultivar Electra, a alocação final de Mg foi de 59,4% no Local 1, 62,4% no Local 2, enquanto que no Local 3, o tratamento M2 proporcionou a maior alocação, que foi de 94%, ou seja, 168% superior a alocação proporcionada pelo tratamento M5. A alocação média da cultivar Agata foi superior que a apresentada pela cultivar Electra, além disso, esse valor ainda é superior ao relatado em estudos por Soratto e Fernandes (2016). Tais autores citam que as diferenças que podem existir entre as alocações nas cultivares indicam que uma maior alocação nem sempre indica maior concentração deste nutriente nos tubérculos.

Por fim, a alocação final do S nos tubérculos colhidos não apresentou efeito dos manejos de N em nenhuma das variações de cultivares/locais estudadas (Tabela 31). No Local 1, foi possível observar, em média, valores de alocação de S de 60,2% para as duas cultivares. No Local 2, as médias observadas foram maiores, ou seja, 80,4% para a cultivar Agata e 61,6% para a cultivar Electra. Por fim, no Local 3, as médias de alocação de S para os tubérculos colhidos foi de 65,2% e 55%, respectivamente, para as cultivares Agata e Electra.

Fernandes et al. (2015) encontraram valores inferiores ao do presente estudo, porém, os dados obtidos no são próximos aos valores de alocação de S nos tubérculos observados por Soratto e Fernandes (2016). Pode-se dizer que, de maneira geral, pelo fato de o N e o S estarem associados ao metabolismo um do outro e por serem componentes de aminoácidos e proteínas (MARENCO; LOPES, 2009), o incremento nas doses de N promoveu maior acúmulo de S nos tubérculos (Tabela 31), mas sem afetar os teores ou alocação do mesmo (Tabelas 30 e 32).

Tabela 30 – Teores de macronutrientes nos tubérculos das cultivares de batata Agata e Electra, em três locais de cultivo, em função do manejo da adubação nitrogenada, na colheita final

Manejos do N	N		P		K		Ca		Mg		S	
	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra
g kg ⁻¹												
Local 1												
M1	20,1a	19,2a	2,0a	1,9b	22,2a	24,5a	0,2b	0,3a	1,0a	1,1a	0,7a	0,9a
M2	17,0a	18,1ab	2,4a	2,1ab	23,8a	20,2a	0,2b	0,3a	1,1a	1,0a	0,8a	1,0a
M3	11,8b	15,7b	2,3a	2,1ab	23,4a	22,7a	0,2b	0,2a	1,2a	1,0a	0,8a	0,9a
M4	11,6b	10,4c	2,7a	2,7a	23,2a	25,0a	0,3a	0,2a	1,1a	1,0a	0,8a	1,0a
M5	9,4b	9,8c	2,8a	2,7a	24,0a	22,9a	0,2b	0,2a	1,1a	1,0a	0,9a	0,8a
F>P	<0,001	<0,001	0,202	0,003	0,575	0,133	0,005	0,662	0,646	0,875	0,204	0,532
CV (%)	14,3	8,3	18,4	13,0	7,0	11,2	10,8	17,5	16,6	13,4	14,1	19,3
Local 2												
M1	22,0a	21,5a	1,7ab	1,7b	23,7a	21,4a	0,4a	0,4a	1,2a	1,0a	1,2a	1,0a
M2	16,5a	14,5b	1,9a	1,6b	23,3a	22,6a	0,3ab	0,4a	1,3a	1,1a	1,1a	1,2a
M3	15,0a	14,5b	1,5b	1,7b	19,6a	20,4a	0,3ab	0,3a	1,1ab	1,0a	1,0a	1,0a
M4	14,7a	12,9c	1,6ab	1,7b	23,9a	22,9a	0,3ab	0,3a	1,1ab	1,0a	1,1a	1,0a
M5	12,5a	12,7c	1,0b	2,0a	24,2a	22,1a	0,1b	0,2a	1,0b	1,1a	1,0a	1,0a
F>P	<0,001	<0,001	<0,001	0,046	0,064	0,188	<0,001	0,159	0,001	0,380	0,603	0,370
CV (%)	6,9	4,0	8,4	8,9	9,4	6,7	14,2	20,1	6,7	13,7	20,2	13,7
Local 3												
M1	22,9a	26,7a	2,1a	1,7a	23,3a	22,1a	0,2a	0,3a	0,6a	0,7c	1,3a	1,0a
M2	19,0ab	19,8b	2,0a	1,7a	21,1ab	24,1a	0,3a	0,3a	1,1a	2,0a	0,9a	1,0a
M3	18,4ab	17,2bc	2,1a	2,0a	19,0b	24,2a	0,3a	0,2a	1,3a	1,0bc	1,1a	0,9a
M4	19,8ab	16,2bc	2,1a	2,0a	19,3ab	23,1a	0,2a	0,2a	1,2a	1,5ab	0,9a	0,9a
M5	15,5b	15,0c	2,0a	2,0a	22,1ab	25,7a	0,2a	0,1b	1,0a	0,7c	0,7a	0,8a
F>P	0,003	<0,001	0,846	0,444	0,024	0,191	0,436	<0,001	0,316	<0,001	0,571	0,475
CV (%)	10,4	9,7	10,8	14,4	8,5	8,4	17,4	19,3	25,4	27,4	29,7	15,3

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 31- Porcentagem de matéria seca nos tubérculos e exportação de N, P, K, Ca, Mg e S pelos tubérculos das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejo do N	MS de tubérculos		Exportação de nutrientes											
			N		P		K		Ca		Mg		S	
	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra
	%		kg ha ⁻¹											
Local 1														
M1	15,4b	15,1a	149,8a	152,3a	15,1a	15,0a	165,8a	194,8a	1,6a	2,2a	7,6a	8,5a	5,3a	7,3a
M2	16,2b	14,8a	100,2b	125,5b	14,2a	14,7a	140,2b	140,1b	1,3ab	1,8ab	6,5ab	7,4ab	5,0ab	6,8a
M3	15,8b	15,8a	52,8c	94,6c	11,0ab	12,6ab	104,3c	136,8b	1,2b	1,4bc	5,4abc	6,1b	3,7bc	5,4ab
M4	17,5a	14,3a	44,0c	39,9d	10,3ab	10,5bc	88,1cd	95,7c	1,1b	0,9cd	4,1bc	3,9d	3,2c	4,0ab
M5	13,3c	15,2a	26,1c	24,6d	6,6c	6,8c	67,0d	57,6d	0,6c	0,6d	2,9c	2,5d	3,0c	2,1b
F>P	<0,001	0,170	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001
CV (%)	3,0	5,5	15,5	9,5	19,2	15,8	9,5	10,5	12,5	22,5	22,9	16,4	17,2	22,0
Local 2														
M1	14,7ab	15,1a	197,4a	171,9a	15,1ab	13,8a	211,8a	171,2ab	3,4a	3,2a	11,1a	7,9ab	10,8a	8,0ab
M2	14,4ab	14,9a	141,8b	112,4b	16,7a	12,9ab	205,1ab	176,7a	3,1ab	3,0a	11,6a	8,7a	10,0a	9,1a
M3	14,9a	14,8a	126,9bc	103,5b	13,3bc	12,2ab	166,8bc	145,0bc	2,4b	2,1a	9,9a	7,1ab	8,5ab	7,1ab
M4	15,1a	12,9b	117,0c	80,4c	13,0bc	10,5b	191,2ab	142,7bc	2,7ab	2,0a	9,3a	5,7b	9,1ab	6,0b
M5	13,3b	14,2ab	67,3d	76,5c	10,4c	11,6ab	130,4c	131,5c	1,5c	1,8a	6,7b	6,4ab	5,3b	5,9b
F>P	0,031	0,007	<0,001	<0,001	0,004	0,026	0,004	0,001	0,002	0,064	<0,001	0,035	0,015	0,007
CV (%)	5,1	5,0	5,1	6,1	9,9	10,3	10,6	8,5	15,3	27,3	8,7	17,1	22,3	15,4
Local 3														
M1	13,7a	14,4a	173,9a	196,6a	16,0a	12,9a	177,1a	161,7a	1,9a	2,0a	6,5a	6,4b	10,2a	6,4a
M2	14,4a	13,5a	139,5b	128,9b	14,9a	12,0a	155,8ab	155,9a	1,9a	1,7ab	8,3a	11,3a	6,5abc	5,8a
M3	14,5a	14,3a	130,4b	108,3bc	14,6a	12,3a	134,5bc	151,0a	1,9a	1,5ab	9,2a	7,0ab	8,0ab	6,3a
M4	14,4a	13,6a	126,7b	88,0c	13,6ab	11,7a	123,4c	127,0ab	1,4ab	1,2ab	7,9a	8,9ab	5,6bc	5,1ab
M5	14,5a	12,8a	80,5c	60,2d	10,3b	9,4a	115,3c	103,3b	1,2b	1,1b	5,1a	2,6b	3,5c	3,5b
F>P	0,064	0,180	<0,001	<0,001	0,006	0,167	<0,001	0,002	0,009	0,011	0,495	0,004	0,004	0,003
CV (%)	3,0	6,9	11,5	8,1	12,7	16,4	9,9	11,9	17,3	20,4	28,4	18,7	28,9	16,3

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 32 – Índice de colheita e alocação final de macronutrientes para os tubérculos das cultivares de batata Agata e Electra, em função do manejo da adubação nitrogenada, em três locais de cultivo

Manejos do N	Índice de colheita		Alocação de macronutrientes											
			N		P		K		Ca		Mg		S	
	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra	Agata	Electra
Local 1														
M1	0,88a	0,84a	0,98a	0,99a	0,71a	0,68b	0,64a	0,70a	0,03a	0,05a	0,61a	0,64a	0,54a	0,72a
M2	0,77ab	0,83a	0,81ab	0,99a	0,83a	0,80ab	0,65a	0,64a	0,04a	0,05a	0,71a	0,61a	0,73a	0,64a
M3	0,82a	0,94a	0,64bc	0,94a	0,93a	0,87ab	0,68a	0,75a	0,03a	0,04a	0,76a	0,71a	0,54a	0,70a
M4	0,75ab	0,68b	0,61bc	0,60b	0,99a	0,87ab	0,57a	0,66a	0,04a	0,02a	0,66a	0,47a	0,56a	0,47a
M5	0,62b	0,68b	0,45c	0,47c	0,95a	0,99a	0,74a	0,58a	0,02a	0,03a	0,73a	0,54a	0,64a	0,48a
F>P	0,007	<0,001	0,003	<0,001	0,126	0,046	0,094	0,215	0,060	0,103	0,726	0,243	0,563	0,053
CV (%)	10,3	7,0	18,4	9,6	24,1	16,2	12,0	14,9	15,6	29,3	23,9	24,4	31,2	21,9
Local 2														
M1	0,96a	0,86a	0,88a	0,97a	0,62a	0,61b	0,72a	0,58b	0,06a	0,06a	0,75a	0,56a	0,83a	0,62a
M2	0,96a	0,88a	0,96a	0,68b	0,77a	0,63b	0,76a	0,73a	0,08a	0,07a	0,98a	0,62a	0,93a	0,66a
M3	0,99a	0,91a	0,89a	0,69b	0,66a	0,65ab	0,69a	0,63ab	0,06a	0,05a	0,84a	0,64a	0,71a	0,63a
M4	0,93a	0,85a	0,91a	0,62b	0,73a	0,62b	0,83a	0,76a	0,08a	0,05a	0,97a	0,51a	0,89a	0,48a
M5	0,84a	0,88a	0,83a	0,65b	0,77a	0,84a	0,81a	0,77a	0,05a	0,07a	0,89a	0,79a	0,66a	0,69a
F>P	0,235	0,440	0,327	<0,001	0,191	0,020	0,634	0,005	0,062	0,603	0,213	0,108	0,491	0,172
CV (%)	11,5	5,3	9,5	7,6	14,5	13,5	19,7	9,6	22,2	28,1	17,7	22,3	30,5	18,7
Local 3														
M1	0,79a	0,81a	0,80a	0,94a	0,63a	0,59a	0,58b	0,58a	0,03a	0,04a	0,31a	0,45ab	0,82a	0,57a
M2	0,81a	0,82a	0,97a	0,99a	0,70a	0,66a	0,54b	0,73a	0,03a	0,04a	0,68a	0,94a	0,61a	0,53a
M3	0,85a	0,82a	0,86a	0,97a	0,75a	0,68a	0,57b	0,69a	0,04a	0,04a	0,79a	0,68ab	0,75a	0,68a
M4	0,77a	0,80a	0,97a	0,87a	0,73a	0,76a	0,49b	0,72a	0,03a	0,04a	0,77a	0,91ab	0,55a	0,48a
M5	0,84a	0,70a	0,96a	0,88a	0,80a	0,81a	0,76a	0,67a	0,04a	0,04a	0,72a	0,35b	0,53a	0,49a
F>P	0,174	0,258	0,349	0,665	0,270	0,120	0,003	0,132	0,445	0,922	0,143	0,019	0,250	0,143
CV (%)	6,1	10,9	15,5	15,2	14,0	16,6	12,9	12,4	28,5	29,6	22,0	27,6	31,4	19,7

M1: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 30 DAE + 80 kg ha⁻¹ aos 45 DAE; M2: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio + 80 kg ha⁻¹ aos 10 DAE; M3: 160 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio; M4: 80 kg ha⁻¹ N no sulco de plantio e M5: testemunha (sem aplicação de N). Médias seguidas de letras distintas, para cada cultivar e local, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

5 Relações entre marcha de absorção de nutrientes e o manejo da adubação nitrogenada na cultura da batata

As duas cultivares apresentaram crescimento lento até o início da fase de formação dos tubérculos, sendo que desse ponto em diante o acúmulo de MS foi intensificado, apresentando estabilização próximo ao final do ciclo. Nas condições do presente estudo, as cultivares Agata e Electra apresentaram máxima taxa de crescimento aproximadamente aos 55 DAP, enquanto que os tubérculos apresentaram o pico de crescimento aos 70 DAP. Nessas características as cultivares foram bastante semelhantes.

A época em que as plantas de batata apresentaram o pico de maior demanda por nutrientes ocorreu, de forma geral, para as duas cultivares, aos 36 DAP para o N, aos 39 DAP para o P, aos 38 DAP para o K, aos 39 DAP para o Ca, aos 37 DAP para o Mg e aos 50 DAP para o S. Com exceção do S, que teve a sua maior exigência um pouco mais tardiamente em relação aos demais nutrientes, a quantidade máxima foi exigida no início da fase de enchimento de tubérculos (42 aos 62 DAP) e vale ressaltar ainda que, do mesmo modo que foi relatado por Fernandes et al. (2011), a época de maior demanda por nutrientes ocorreu um pouco antes ou coincidiu com o período em que houve a máxima produção de MS.

Na média, a combinação tratamentos/locais proporcionou acúmulos máximos para a cultivar Agata de 129,6 kg ha⁻¹ de N, 18,5 kg ha⁻¹ de P, 293,3 kg ha⁻¹ de K, 44,8 kg ha⁻¹ de Ca, 14,1 kg ha⁻¹ de Mg e 12 kg ha⁻¹ de S. Para a cultivar Electra, as quantidades máximas acumuladas, em média, foram de 114,7 kg ha⁻¹ de N, 18,5 kg ha⁻¹ de P, 284,2 kg ha⁻¹ de K, 40,1 kg ha⁻¹ de Ca, 15,7 kg ha⁻¹ de Mg e 12,2 kg ha⁻¹ de S.

Com base nesses resultados pode-se dizer que a ordem dos macronutrientes mais absorvidos pela cultura da batata foi: K > N > Ca > P > Mg > S. Assim, não houve diferenças entre as cultivares quando as quantidades médias de nutrientes acumulados. Contudo, como o manejo/dose de N e ao local tiveram grande efeito no crescimento e acúmulo de nutrientes pelas plantas de batata, as quantidades máximas acumuladas pela cultivar Agata variaram de 58 a 225 kg ha⁻¹ de N, de 9,0 a 25,5 kg ha⁻¹ de P, de 173 a 364 kg ha⁻¹ de K, de 32,0 a 58,3 kg ha⁻¹ de Ca, de 9,0 a 17,3 kg ha⁻¹ de Mg e 8,8 a 14,4 kg ha⁻¹ de S. Para a cultivar Electra as quantidades

variaram de 41 a 211 kg ha⁻¹ de N, de 8,5 a 26,0 kg ha⁻¹ de P, de 166 a 398 kg ha⁻¹ de K, de 28,1 a 54,9 kg ha⁻¹ de Ca, de 8,7 a 21,5 kg ha⁻¹ de Mg e 6,4 a 15,0 kg ha⁻¹ de S. As maiores doses de N, principalmente aplicadas de forma parceladas (M1 e M2), proporcionaram as maiores quantidades de MS e nutrientes acumulados pelas plantas de batata e os maiores níveis de produtividade observados no presente estudo.

Já a exportação de macronutrientes pela cultura da batata obedeceu a seguinte sequência decrescente: K > N > P > Mg > S > Ca, com valores médios de aproximadamente 142, 107, 12, 7, 6 e 2 kg ha⁻¹, respectivamente. Os fatores estudados (manejo do N, cultivar e local) também tiveram influência na exportação de nutrientes pelos tubérculos colhidos. Com base nos valores de exportação obtido no presente estudo, foi possível calcular que a exportação de nutrientes pelos tubérculos, em média, foi de aproximadamente 88% de N, 67% de P, 49% de K, 4% de Ca, 47% de Mg e 51%. Apesar de ser o terceiro nutriente mais exportado pela cultura da batata, o Ca apresentou a menor exportação para os tubérculos devido a sua baixa redistribuição dentro da planta (MALAVOLTA et al., 1997). No entanto, por apresentar papéis fundamentais para a cultura da batata, como por exemplo, na parede celular e estabilização da membrana (KOCH et al., 2019), e também afetar a brotação e vigor dos brotos em baixa disponibilidade (MAGALHÃES, 1985), deve-se fornecer o nutriente em níveis adequados do solo durante a fase de formação e crescimento dos tubérculos.

Para alcançar os níveis máximos de produtividade de tubérculos, as cultivares estudadas absorveram entre 136 e 190 kg ha⁻¹ de N. Além disso quantidades de até 26 kg ha⁻¹ de P (53 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e 398 kg ha⁻¹ de K (477 kg ha⁻¹ de K₂O) foram absorvidos, o que deve ser levado em conta, juntamente com a análise de solo, para a definição da adubação para essas cultivares. Deve-se considerar também a eficiência de aproveitamento dos nutrientes dos fertilizantes, bem como, que, especialmente para o K, a cultura da batata pode apresentar absorção de luxo, se a disponibilidade do nutriente for muito alta (SORATTO et al., 2020).

6 CONCLUSÕES

O manejo (doses e épocas de aplicação) do N alterou a absorção, partição e exportação de nutrientes nas duas cultivares de batata estudadas.

Os tratamentos com doses de N entre 320 e 160 kg ha⁻¹ proporcionaram os maiores acúmulos de MS e quantidades de macronutrientes acumuladas nos tubérculos e na planta inteira das duas cultivares. No entanto, a resposta ao N, bem como a influência deste no acúmulo e partição de nutrientes, variou em função da condição de cultivo (local).

Para alcançar os níveis máximos de produtividade de tubérculos, as cultivares estudadas absorveram entre 136 e 190 kg ha⁻¹ de N.

As doses de N aplicadas de forma parceladas (M1 e M2), proporcionaram as maiores quantidades de MS e nutrientes acumulados pelas plantas de batata e os maiores níveis de produtividade observados no presente estudo.

A ordem de extração de nutrientes para as duas cultivares foi: K > N > Ca > P > Mg > S, e esta não foi afetada pelo manejo de N estudado.

O Ca foi o que apresentou a menor quantidade exportada pelos tubérculos (4%), independentemente do manejo de N estudado. Em média, 88% do N, 67% do P, 49% do K, 47% do Mg e 51% do S absorvidos pela planta foram exportados pelos tubérculos colhidos.

REFERÊNCIAS

- ABBA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA. **Variedades**. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/variedades.asp>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- ALLISON, M. F.; FOWLER, J. H.; ALLEN, V. E. J. Responses of potato (*Solanum tuberosum*) to potassium fertilizers. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.136, p.407-426. 2001.
- ALVA, A. Potato nitrogen management. **Journal of Vegetable Crop Production**, London, v. 10, p. 97-132, 2004.
- ASSUNÇÃO, N. S. **Produtividade e qualidade de batata em resposta ao manejo da adubação nitrogenada**. 2020. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.
- BACHMANN -PFABE, S.; DEHMER, K. J. Evaluation of wild potato germplasm for tuber starch content and nitrogen utilization efficiency. **Plants**. Gross Luesewitz, v.9, p.833, 2020.
- 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**, Netherlands, v.155, p.56-66, 2014.
- BARCELOS, D. M.; GARCIA, A.; MACIEL JÚNIOR, V. A. Análise de crescimento da cultura da batata submetida ao parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura, em um latossolo vermelho-amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, p.21-27, 2007.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003.
- BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Teor e exportação de macro e micronutrientes nos tubérculos de cultivares de batata em função do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.70, p.50-57, 2011.
- BRAUN, H.; FONTES, P. C. R.; FINGER, F. L.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Carboidratos e matéria seca de tubérculos de cultivares de batata influenciados por doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, p.285-293, 2010.
- BUSATO, C. **Características da planta, teores de nitrogênio na folha e produtividade de tubérculos de cultivares de batata em função de doses de nitrogênio**. 129 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - Minas Gerais, 2007.
- BUSSE, J. S.; PALTA, J. P. Investigating the in vivo calcium transport path to developing potato tuber using ⁴⁵Ca: A new concept in potato tuber calcium nutrition. **Physiologia Plantarum**, Suécia, n.128, p. 313-323, 2006.

CAMBOURIS, A. N.; St. LUCE, M.; ZEBARTH, B. J.; ZIADI, N.; GRANT, C.A.; PERRON, I. Potato response to nitrogen sources and rates in an irrigated sandy soil. **Agronomy Journal**, Estados Unidos, v.108, p.391–401, 2016.

CAMBOURIS, A. N.; ZEBARTH, B. J.; NOLIN, M. C.; LAVERDIÈRE, M. R. Apparent fertilizer nitrogen recovery and residual soil nitrate under continuous potato cropping: Effect of N fertilization rate and timing. **Canadian Journal of Soil Science**, Canadá, n.88, p.813-825. 2008.

CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M. A. R.; DUTRA, F. V.; MELO, T. L.; VIANA, A. E. S. Características físico-químicas de batata em função de doses e fracionamentos de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.40, p.567-575, 2017

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

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

COHAN, J. P.; HANNON, C.; HOUILIEZ, C.; GRAVOUEILLE, J. M.; GEILLE, A.; LAMPAERT, E.; LAURENT, F. Effects of potato cultivar on the components of nitrogen use efficiency. **Potato Research**, Netherlands, v.61, p.231-246, 2018.

COHEN, Y.; ALCHANATIS, V.; ZUSMAN, Y.; DAR, Z.; BONFIL, D. J.; KARNIELI, A.; ZILBERMAN, A.; MOULIN, A.; OSTROVSKY, V.; LEVI, A.; BRIKMAN, R.; SHENKER, M. Leaf nitrogen estimation in potato based on spectral data and on simulated bands of the VENIS satellite. **Precision Agriculture**, Netherlands, v.11, p.520-537, 2010.

CONCEIÇÃO, M. K. da; LOPES, N. F.; FORTES, G. R. L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce (*Ipomea batatas* (L) LAM), cultivares Abóbora e Da Costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, p.273-278, 2005.

DE JONG, H., Impact of the Potato on Society. **American Journal of Potato Research**, Estados Unidos, v. 93, p. 415- 429, 2016.

DEVAUX, A.; GOFFART, J. P.; PETSAKOS, A.; KROMANN, P.; GATTO, M.; OKELLO, J.; SUAREZ, V.; HAREAU, G. **Global Food Security, Contributions from Sustainable Potato Agri-Food Systems** In: CAMPOS, H.; ORTIZ, O. (eds.), The Potato Crop – Chapter 1 p.1-35, 2020.

DARABI, A.; OMIDVARI, S.; SHAFIEZARGAR, A.; RAFIE, M.; JAVADZADEH, M. Impact of integrated management of nitrogen fertilizers on yield and nutritional quality of potato. **Journal of Plant Nutrition**, Estados Unidos, v.41, p.2482-2494, 2018.

DAVENPORT, J. R.; MILBURN, P. H.; ROSEN, C. J.; THORTON, R. E. Environmental impacts of potatoes nutrient requirements. **American Journal of Potato Research**, Estados Unidos, v.82, p.321-328, 2005.

ERREBHI, M.; ROSEN, C. J.; GUPTA, S. C.; BIRONG, D. E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, Estados Unidos, v.90, 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**, Brasília, v.46, p.953-960, 2011.

EZETA, F. N.; MCCOLLUM, R. E. Dry-matter production and nutrient uptake and removal by *Solanum andigena* in the Peruvian Andes. **American Potato Journal**, Estados Unidos, v.49, p.151-163, 1972.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1419-1424, 2001.

FERNANDES, A. M. **Crescimento, produtividade, acúmulo e exportação de nutrientes em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2010. 148f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2010.

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

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Response of potato cultivars to phosphate fertilization in tropical soils with different phosphorus availabilities. **Potato Research**, v.59, Netherlands p.259-278, 2016.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; PILON, C. Soil Phosphorus Increases Dry Matter and Nutrient Accumulation and Allocation in Potato Cultivars. **American Journal of Potato Research**, Estados Unidos, v.92, p.117-127, 2015.

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**, Viçosa, v.35, 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**, Brasília, v.45, p.826-835, 2010.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SOUZA, E. F. C.; JOB, A. L. Nutrient uptake and removal by potato cultivars as affected by phosphate fertilization of soils with different levels of phosphorus availability. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.41, p.e0160288, 2017.

FERNANDES, F. M. **Estimativa da necessidade de nitrogênio na cultura da batata com base no índice relativo de clorofila**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

FILGUEIRA, F. A. R. Nutrição mineral e adubação em bataticultura, no Centro-Sul. In: FILGUEIRA, F. A. R. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafós, p. 401-428, 1993.

FONTES, P. C. R.; BRAUN, H.; BUSATO, C.; CECON, P. R. Economic optimum nitrogen fertilization rates and nitrogen fertilization rate effects on tuber characteristics of potato cultivars. **Potato Research**, Netherlands, v.53, p.167-179, 2010.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, 2005.

FRIEDRICH, J. W.; SCHRADER L. E. Sulfur deprivation and nitrogen metabolism in maize seedlings. **Plant Physiology**, Estados Unidos, v.61, p.900-903, 1978.

GAO, X.; LI, C.; ZHANG, M.; WANG, R.; CHEN, B. Controlled release urea improved the nitrogen use efficiency, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) on silt loamy soil. **Field Crops Research**, Netherlands, v. 181, p. 60-68, 2015.

GARGANTINI, H.; BLANCO, G.; GALLO, J. R.; NÓBREGA, S. A. Absorção de nutrientes pela batatinha. **Bragantia**, Campinas, n.22, p.267-289, 1963.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, Reino Unido, v.53, p.789-799, 2002.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W. Growth and accumulation of nitrogen by sugarcane cultivated in soil covered with cane trash. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1347- 1354, 2001.

GEARY, B.; CLARK, J.; HOPKINS, B. G.; JOLLEY, V. D. Deficient, adequate and excess nitrogen levels established in hydroponics for biotic and abiotic stress-interaction studies in potato. **Journal of Plant Nutrition**, Estados Unidos, v. 38, p. 41-50, 2015.

GILETTO, C. M.; ECHEVERRÍA, H. E. Chlorophyll Meter for the Evaluation of Potato N Status. **American Journal of Potato Research**, Estados Unidos, v.90, p.313–323, 2013.

GHOSH, U.; HATTERMAN-VALENTI, H.; CHATTERJEE, A. Russet Potato Yield, Quality, and Nitrogen Uptake with Enhanced Efficiency Fertilizers. **Agronomy Journal**, Estados Unidos, v. 111, p.200-209, 2019.

GOFFART, J. P.; OLIVIER, M.; FRANKINET, M. Potato crop nitrogen status assessment to improve n fertilization management and efficiency: Past-Present-Future. **Potato Research**, Netherlands, v. 51, p. 355-383, 2008.

GREEF, J. M.; OTT, H.; WULFES, R.; TAUBE, F. Growth analysis of dry matter accumulation and N uptake of forage maize cultivars affected by N supply. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.132, p.31-43, 1999.

GRZEBISZ, W.; POTARZYCKI, J. The in-season nitrogen concentration in the potato tuber as the yield driver. **Agronomy Journal**, Estados Unidos, v.112, p.1287-1308, 2020.

GRZEBISZ, W.; SZCZEPANIAK, W.; BOCIANOWSKI, J. Potassium fertilization as a driver of sustainable management of nitrogen in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Field Crops Research**, Netherlands, v.254, p.107824, 2020.

HARRIS, P. M. Mineral nutrition. In: HARRIS, P (ed). **The Potato Crop**. Londres: Chapman e Hall, p. 162-213, 1992.

HAWKINS, A. Rate of absorption and translocation of mineral nutrients by potatoes in Aroostook Country, Maine, and their relation to fertilizer practices. **Journal of the American Society of Agronomy**, Estados Unidos, v. 38, n.8, p.667-681, 1946.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em 15 de jul. 2020.

IPM POTATO GROUP. **Variedades de Batata IPM**. Disponível em: http://www.ipmpotato.com/varieties/?show_1=14&order_1=ASC&orderby_1=namel. Acesso em: 12 jul. 2020.

JOB, A. L. **Doses de fósforo e aplicação de silício via solo e foliar na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2019. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2019.

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

KANTER, R.; WALLS, H. L.; TAK, M.; ROBERTS, F.; WAAGE, J. A conceptual framework for understanding the impacts of agriculture and food system policies on nutrition and health. **Food Security**, Netherlands, v.4, p.767–777, 2015.

KAWAKAMI, J. Redução da adubação e doses e parcelamento de nitrogênio no crescimento e produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 168-173, 2015.

KOCH, M.; NAUMANN, M.; PAWELZIK, E.; GRANSEE, A.; THIEL, H. The importance of nutrient management for potato production part I: Plant nutrition and yield. **Potato Research**, Netherlands, p. 1-23, 2019.

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

KRATZKE, M. G.; PALTA, J. P. Calcium accumulation in potato tubers: role of basal roots. **Hortscience**, Estados Unidos, v.21, n.4, p.1022-1024, 1986.

LEMAIRE, G.; VAN OOSTEROMB, E.; SHEEHY, J.; JEUFFROYD, M. H.; MASSIGNAME, A.; ROSSATOF, L. Is crop N demand more closely related to dry matter accumulation or leaf area expansion during vegetative growth? **Field Crops Research**, Netherlands, n. 100, p.91-106, 2007.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, Manual Técnico, 40. v.3, p.121-156, 1994.

LOPES, C. A.; REIS, A.; LIMA, M. F. Doenças e métodos de controle. In: SILVA, G. O.; LOPES, C. (eds.): Sistema de produção de batata. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2016.

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**. p.221-229, 1997.

LI, H.; PARENT, L. E.; KARAM, A. Simulation modeling of soil and plant nitrogen use in a potato cropping system in the humid and cool environment. **Agriculture, Ecosystems, and Environment**, Netherlands, v.115, p.248–260, 2006.

LI, R.; CHEN, J.; QIN, Y.; FAN, M. Possibility of using a SPAD chlorophyll meter to establish a normalized threshold index of nitrogen status in different potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, Estados Unidos, v.42, p.834-841, 2019.

LIZANA, X. C.; AVILA, A.; TOLABA, A.; MARTINEZ, J. P. Field responses of potato to increased temperature during tuber bulking: Projection for climate change scenarios, at high-yield environments of Southern Chile. **Agricultural and Forest Meteorology**, Netherlands, v.239, p.192–201, 2017.

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**, Brasília, v. 32, p. 225-229, 2014.

MACEDO, M. C. M.; HAAG, H. P.; GALLO, J. R. **Nutrição mineral de hortaliças:XXI Absorção de nutrientes por cultivares nacionais de batatinha (*Solanum tuberosum* L.)**. Anais ESALQ, v. 34, p.179-229, 1977.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. (eds.). Fisiologia vegetal, v.1, p.331-349, 1979.

MAGALHÃES, J. R. **Nutrição e adubação da batata**. São Paulo: Nobel, 51p., 1985.

MAGGIO, M. A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido “Tropical”**. 2006. 56p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola), Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2006.

MAIDL, F. X.; BRUNNER, H.; STICKSEL, E. Potato uptake and recovery of nitrogen 15N-enriched ammonium nitrate. **Geoderma**, Alemanha, v.105, p.167-177, 2002.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações** 2ªed. Piracicaba: Potafós, 319 p., 1997.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 486p, 2009.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS. p. 281-298, 2006.

MILAGRES, C. C. do; FONTES, P. C. R.; SILVA, J. M. da. Potato tuber yield and plant morphological descriptors as affected by Nitrogen application. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Netherlands, v.15, p.1897-1906, 2019.

MILROY, S. P.; WANG, P.; SADRAS, V. O. Defining upper limits of nitrogen uptake and nitrogen use efficiency of potato in response to crop N supply. **Field Crops Research**, Netherlands, v.239, p.38–46, 2019.

MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; FONTES, R. L. F.; CARDOSO, A. A. Crescimento e produtividade da batateira, em função do modo de aplicação do fertilizante e dos fungicidas contendo Zn. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p.72-76, 2000.

NAUMANN, M.; KOCH, M.; THIEL, H.; GRANSEE, A.; PAWELZIK, E. The importance of nutrient management for potato production Part II: Plant nutrition and tuber quality. **Potato Research**, Netherlands, v.63, p. 121-137, 2020.

NAVA D. E.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I. Pragas e métodos de controle. In: SILVA, G. O; LOPES, C. (eds.), **Sistema de produção de batata**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2016.

NÚCLEO ESTADUAL PARANÁ – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (NEPAR-SBCS). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017.

NUNES, J. C. S.; FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, E. F.; SEDIYAMA, C. Potato plant growth and macronutrients uptake as affected by soil tillage and irrigation systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1787-1792, 2006.

NURMANOV, Y. T.; CHERNENOK, V. G.; KUZDANOVA, R. S. Potato in response to nitrogen nutrition regime and nitrogen fertilization. **Field Crops Research**, Netherlands, v.231, p.115–121, 2019.

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**, Santa Maria, v.36, p.660-663, 2006

PADUA, J. G.; ARAUJO, T. H.; MESQUITA, H. A.; MELO, P. C. T.; GONÇALVES, E. D. **Aptidão de cultivares de batata para produção de batata palha no sul de Minas Gerais**. Circular Técnica: n.237, 4p., Belo Horizonte: EPAMIG, 2016.

PAULA, M. B.; FONTES, P. C. R.; NOGUEIRA, F. D. Produção de matéria seca e absorção de macronutrientes por cultivares de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.4, n.1, p.10-16, 1986.

POHL, S.; LOPES, N. F.; BRAGA, E.J. B.; SILVA, C. P. da; SILVA, F. S. P. da; PETERS, J. A. Características de crescimento de plantas de batata, cv. Baronesa, e seu genótipo transformado geneticamente para resistência ao PVY. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, p.736-743, 2009.

REIS JÚNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, p.227-231, 2001.

RENS, L. R.; ZOTARELLI, L.; CANTLIFFE, D. J.; STOFFELLA, P. J.; GERGELA, D.; FOURMAN, D. Biomass accumulation, marketable yield, and quality of Atlantic potato in response to nitrogen. **Agronomy Journal**, Estados Unidos, v. 107, p. 931-942, 2015.

RENS, L. R.; ZOTARELLI, L.; ROWLAND, D. L.; MORGAN, K. T. Optimizing nitrogen fertilizer rates and time of application for potatoes under seepage irrigation. **Field Crops Research**, Netherlands, v.215, p.49–58, 2018.

ROSEN, C. J.; BIERMAN, P. M. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. **American Journal of Potato Research**, Estados Unidos, v.85, p.110-120, 2008.

RIBEIRO, G. H. M. R.; SAMARTINI, C. Q.; SILVA, L. F. L.; VIEIRA, S. D.; RESENDE, L. V. Cultivares. In: Nick, C.; Borém, A. **Batata do plantio à colheita**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, v.1, p. 77-93, 2017.

SARAVIA, D.; FARFÁN-VIGNOLO, E. R.; GUTIÉRREZ, R.; DE MENDIBURU, F.; SCHAFLEITNER, R.; BONIERBALE, M.; KHAN, M. A. Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization. **American Journal of Potato Research**, Estados Unidos, v.93, p.288-295, 2016.

SILVA, F. L.; PINTO, C. A. B. P; ALVES, J. D.; BENITES, F. R. G.; ANDRADE, C. M.; RODRIGUES, G. B.; LEPRE, A. L.; BHERING, L. P. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, Campinas, v.68, p.295-302, 2009.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Resposta da cultura da batata à adubação fosfatada no Brasil. **Informações agrônômicas**. IPNI, Canadá, n.157, 2017.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Phosphorus effects on biomass accumulation and nutrient uptake and removal in two potato cultivars. **Agronomy Journal**, Estados Unidos, v.108, p.1225-1236, 2016.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; JOB, A. L. G. Nutrição, calagem e adubação. In: NICK, C.; BORÉM, A. **Batata do plantio à colheita**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, p.51-76, 2017.

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**, Viçosa, v.35, p.2057-2071, 2011.

SORATTO, R. P.; JOB, A. L. G.; FERNANDES, A. M.; ASSUNÇÃO, N. S.; FERNANDES, F.M. Biomass accumulation and nutritional requirements of potato as affected by potassium supply. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Estados Unidos, v.20, p.1051-1066, 2020.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; ROSEN, C. J. Nitrogen source and rate effects on irrigated potato in tropical sandy soils. **Agronomy Journal**, Estados Unidos, n.111, p. 378–389, 2019.

SREK, P.; HEJCMAN, M.; KUNZOVÁ, E. Multivariate analysis of relationship between potato (*Solanum tuberosum* L.) yield, amount of applied elements, their concentrations in tubers and uptake in a long-term fertilizer experiment. **Field Crops Research**, Netherlands, v.118, p.183-193, 2010.

SUN, L.; GU, L.; PENG, X.; LIU, Y.; LI, X.; YAN, X. Effects of Nitrogen Fertilizer Application Time on Dry Matter Accumulation and Yield of Chinese Potato Variety KX 13. **Potato Research**, Netherlands, v.55, p.303–313, 2012.

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. I. Stomatal conductance, rate of transpiration, net photosynthesis, and dry matter production and allocation. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v.105, p.13-27, 2005.

TERMAN, G. L.; NOGGLE, J. C.; HUNT, C. M. Growth rate-nutrient concentration relationships during early growth of corn as affected by applied N, P, and K. **Soil Science Society of America Journal**, Estados Unidos, v.41, p 363-368, 1977.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R; **Fertilizantes e fertirrigação**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUÍDOS. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fósforo, p.261-280, 1994.

VOS, J.; BIEMOND, H. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 1. Leaf appearance, expansion growth, life spans of leaves and stem branching. **Annals of Botany**, Reino Unido, v. 70, p. 27-35, 1992.

WALWORTH, J. L.; MUNIZ, J. E. A compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes. **American Potato Journal**, Estados Unidos, v.70, p. 578-596, 1993.

YAMAGUCHI, J.; TANAKA, A. Quantitative observation on the root systems of various crops growing in the field. **Soil Science and Plant Nutrition**, Japão, v.36, p.483-493, 1990

YORINORI, G. T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. 'Atlantic'**. 2003. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2003.

ZEBARTH, B. J.; TARN, T. R.; JONG, H.; MURPHY, A. Nitrogen use efficiency characteristics of andígena and diploid potato selections. **American Journal of Potato Research**, Estados Unidos, v.85, p.210-218, 2008.

ZEBARTH, B. J.; ARSENAULT, W. J.; SANDERSON, J. B. Effect of see piece spacing and nitrogen fertilization on tuber yield, yield components and nitrogen use efficiency

parameters of two potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, Estados Unidos, v.83, p.289-296, 2006.

ZOTARELLI, L.; RENS, L. R.; CANTLIFFE, D. J.; STOFFELLA, P. J.; GERGELA, D.; BURHANS, D. Rate and timing of nitrogen fertilizer application on potato 'FL1867'. Part I: Plant nitrogen uptake and soil nitrogen availability. **Field Crops Research**, Netherlands, v.183, p.246–256, 2015.

ZHAO, F. J.; BILSBORROW, P. F.; EVANS, E. J.; McGRATH, S. P. Nitrogen to sulphur ratio in rapessed and in rapessed protein and its use in diagnosing Sulphur deficiency. **Journal of Plant Nutrition**, Netherlands, v.20, p 549-558, 1997.