



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E DEMANDAS  
NUTRICIONAIS DE CULTIVARES DE BATATA E AVALIAÇÃO  
ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CULTIVAR  
ASTERIX**

**GABRIEL EMILIANO PEREIRA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA - DF**  
**FEVEREIRO - 2021**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E DEMANDAS  
NUTRICIONAIS DE CULTIVARES DE BATATA E AVALIAÇÃO  
ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CULTIVAR  
ASTERIX**

**GABRIEL EMILIANO PEREIRA**

**ORIENTADORA: DR<sup>a</sup>. MICHELLE SOUZA VILELA**  
**CO-ORIENTADOR: DR. JUSCIMAR DA SILVA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA**

**PUBLICAÇÃO n° XXX**

**BRASÍLIA - DF**  
**2021**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA - FAV  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E DEMANDAS NUTRICIONAIS DE  
CULTIVARES DE BATATA E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO  
NITROGENADA DA CULTIVAR ASTERIX**

**GABRIEL EMILIANO PEREIRA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA  
E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
AGRONOMIA.

APROVADO POR:

---

MICHELLE SOUZA VILELA, Dr.<sup>a</sup> (ORIENTADORA) / Faculdade de Agronomia e  
Medicina Veterinária - Universidade de Brasília/ CPF: 919.623.401-23 / e-mail:  
michellevilelaunb@gmail.com

---

AGNALDO DONIZETE FERREIRA DE CARVALHO, Dr. (EXAMINADOR  
EXTERNO) / Embrapa Hortaliças / CPF: 969.299.796-00/  
e-mail: agnaldo.carvalho@embrapa.br

---

ÍTALO MORAES ROCHA GUEDES, Dr. (EXAMINADOR EXTERNO) / Embrapa  
Hortaliças / CPF: 024.330.314-94/ e-mail: italo.guedes@embrapa.br

**BRASÍLIA/DF  
25 DE FEVEREIRO DE 2021**

BRASÍLIA/DF, 25 DE FEVEREIRO DE 2021.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Pereira, Gabriel Emiliano

### **CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E DEMANDAS NUTRICIONAIS DE CULTIVARES DE BATATA E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CULTIVAR ASTERIX**

Orientação: Michelle de Sousa Vilela – Brasília, 2021.

81 p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

1. Batata. 2. Macronutrientes. 3. Produtividade. 4. Recomendação. 5. Manejo.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, G. E. **Crescimento, produtividade e demandas nutricionais de cultivares de batata e avaliação econômica da adubação nitrogenada da cultivar Asterix.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2021, 81 p.: il. Dissertação de Mestrado.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gabriel Emiliano Pereira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Crescimento, produtividade e demandas nutricionais de cultivares de batata e avaliação econômica da adubação nitrogenada da cultivar Asterix.

GRAU: Mestre

ANO: 2021

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

---

Gabriel Emiliano Pereira  
E-mail: gb.emiliano28@gmail.com

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me conceder o dom da vida e iluminar toda minha trajetória até aqui.

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, pelo apoio em toda minha jornada acadêmica.

À Embrapa Hortaliças por ceder toda a estrutura disponível para a realização dos trabalhos de pesquisa que deram origem a essa dissertação.

Aos meus pais João e Rogiane, ao meu irmão Guilherme e à minha namorada Amanda que sempre me apoiaram e têm grande responsabilidade por todas as minhas conquistas.

A todos os professores da Universidade de Brasília com quem tive o prazer de conviver durante tanto tempo.

Aos pesquisadores da Embrapa Carlos Ragassi, Agnaldo de Carvalho, Carlos Lopes, Giovani Olegário e Juscimar da Silva e à professora Michelle pela orientação, amizade e apoio.

À minha tia Lúcia que me acolheu durante tanto tempo durante a graduação e em parte do mestrado.

Aos profissionais de campo Wilson, Mourão, Edivaldo, Mario e João pelo apoio e dedicação em todos os trabalhos que conduzimos juntos.

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1. IMPORTÂNCIA DA CULTURA .....	2
2.2. APTIDÃO CULINÁRIA.....	3
2.3. CARACTERIZAÇÃO DAS CULTIVARES .....	4
2.4. CURVA DE CRESCIMENTO.....	5
2.5. ABSORÇÃO DE NUTRIENTES .....	6
2.6. RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO EXISTENTES .....	7
2.7. CUSTO DE ADUBAÇÃO NA CULTURA DA BATATA.....	8
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>14</b>
<b>CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE BATATA NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO .....</b>	<b>14</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>27</b>
<b>5. AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>27</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>31</b>
<b>CURVAS DE ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM CULTIVARES DE BATATA NO CERRADO BRASILEIRO .....</b>	<b>31</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>35</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
<b>5. AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>50</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>53</b>

<b>MÁXIMA EFICIÊNCIA ECONÔMICA DE ADUBAÇÃO NITROGENADA DA BATATA CV. ASTERIX NO BIOMA CERRADO.....</b>	<b>53</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>57</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
<b>5. AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>63</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. Massa seca acumulada por folhas (A), hastes (B) e tubérculos (C), e proporção da massa seca acumulada (D) ao longo do ciclo de produção da cultura da batata. Brasília, 2018. .... 22

### CAPÍTULO II

Figura 1. Acúmulo de nitrogênio (N) pelas hastes + raízes (A), tubérculos (B) e plantas inteiras (C), e taxa de acúmulo de N de plantas (D) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção. .... 39

Figura 2. Acúmulo de fósforo (P) pelos tubérculos (A) e plantas inteiras (B) e taxa de acúmulo de P pelas plantas (C) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção. .... 41

Figura 3. Acumulação de potássio (K) pelas hastes + raízes (A), tubérculos (B) e plantas inteiras (C) e taxa de acúmulo de K das plantas (D) de três cultivares de batata e um clone de elite ao longo do ciclo de produção. .... 43

Figura 4. Cálcio (Ca) acumulado pelas hastes + raízes (A), tubérculos (B) e plantas inteiras (C) e taxa de acúmulo de Ca em plantas (D) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção. .... 45

Figura 5. Acúmulo de enxofre (S) pelas hastes + raízes (A), tubérculos (B) e plantas inteiras (C) e taxa de acúmulo de S nas plantas (D) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção. .... 46

Figura 6. Acúmulo de magnésio (Mg) nos tubérculos (A) e plantas inteiras (B) e taxa de acúmulo de Mg nas plantas (C) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção. .... 47

### CAPÍTULO III

Figura 1. Produtividade de tubérculos total (PT) e comercializável (PC) (A) e número total (NT) e comercializável (B) de tubérculos de batata cv. Asterix cultivadas com doses crescentes de nitrogênio. .... 60

Figura 2. Massa média de tubérculos (A) e índice SPAD avaliado nas folhas da batateira (B) referente a cv. Asterix submetida doses crescentes de adubação nitrogenada. .... 61



Figura 3. Condutividade do solo adubado com doses crescentes de nitrogênio para o cultivo de batata cv. Asterix. .... 63

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

Tabela 1. Análise de variância e média geral da massa seca acumulada nas folhas (MSF) e hastes (MSH) de 24 a 80 dias após o plantio, e nos tubérculos (MST) de 36 a 112 dias após o plantio. Brasília, 2018. ....	20
Tabela 2. Número de hastes (NH), comprimento da maior haste (CMH), número de folhas (NF) e índice de área foliar (IAF) da cultura da batata aos 52 dias após o plantio. Brasília, 2018. ....	21
Tabela 3. Coeficientes de correlação entre caracteres da cultura da batata. ....	24
Tabela 4. Conteúdo de matéria seca dos tubérculos aos 112 dias após o plantio (TMS), densidade específica do tubérculo (PE), massa dos tubérculos individuais (MTI), massa total dos tubérculos (MTT), massa dos tubérculos comercializáveis (MCT) e duração do ciclo. ....	26

### CAPÍTULO II

Tabela 1. Propriedades químicas do solo (camada de 0-0,20 m de profundidade) antes da instalação do experimento. ....	36
---	----

# **CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E DEMANDAS NUTRICIONAIS DE CULTIVARES DE BATATA E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CULTIVAR ASTERIX**

## **RESUMO GERAL**

O conhecimento do padrão de crescimento e absorção de nutrientes ao longo do desenvolvimento e tuberização da batateira são de extrema importância para a adoção de práticas culturais adequadas às diferentes cultivares visando explorar o máximo potencial produtivo em diferentes condições edafoclimáticas. Nesse contexto o objetivo do presente trabalho foi estabelecer curvas de produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes e avaliar aspectos agronômicos, tais como produtividade, fenologia, peso específico, teores de matéria seca e aptidão culinária de quatro cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) e estabelecer a dose de adubação nitrogenada mais adequada para a cultivar Asterix com base no seu padrão de acúmulo de nitrogênio bem como avaliar economicamente as doses de nitrogênio aplicadas na cultivar. Para isso, um experimento foi conduzido em 2018 onde utilizaram-se como tratamentos as cultivares Agata, Asterix, BRSIPR Bel e F183-08-01 como variáveis principais e épocas de coleta de amostras de plantas como subparcelas divididas no tempo. As subparcelas dentro de uma parcela continham quatro plantas cada e corresponderam ao número de dias após o plantio, quando amostras destrutivas de plantas inteiras foram coletadas. As plantas das subparcelas foram colhidas aos 24, 38, 52, 66 e 80 dias após o plantio, para estimar a massa seca acumulada por diferentes partes da planta (parte aérea + raízes, tubérculos e plantas inteiras). O experimento foi montado em delineamento experimental de blocos ao acaso, com 3 repetições. Foram avaliadas as características de peso específico, teor de matéria seca, massa comercial de tubérculos, massa total de tubérculos, peso seco de hastes e raízes, folhas e tubérculos, comprimento da maior haste de cada planta, índice de área foliar, duração do ciclo produtivo e conteúdo de macronutrientes absorvidos nos diferentes órgãos da planta. A partir das avaliações realizadas observou-se que a massa seca acumulada pelos tubérculos variou de 6,28 (Agata) a 9,75 t ha<sup>-1</sup> [F183-08-01(F183)]; a massa total de tubérculos de 35,33 (BRSIPR Bel) a 58,60 t ha<sup>-1</sup> (F183); a massa de tubérculos comercializáveis de 23,46 (Asterix) a 48,24 t ha<sup>-1</sup>(F183); e o índice de área foliar de 2,86 (Agata) a 10,60 (F183). F183 apresentou o maior acúmulo total de N, Ca,

Mg e S (141,37; 29,21; 25,16; e 22,36 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). As maiores taxas de acúmulo de macronutrientes para todas as cultivares de batata ocorreram aos 24 dias após o plantio, coincidindo com o início da formação dos tubérculos. Outro experimento foi montado em 2019 em Brasília, em delineamento blocos ao acaso com quatro repetições onde os tratamentos foram constituídos pelas doses de N: 0, 53, 106, 138, 213 e 425 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados na forma de ureia (46% de N) de forma parcelada variando de 3 a 5 parcelamentos. A batata foi plantada em espaçamento 35 cm entre plantas e 80 cm entre linhas, sendo cada parcela útil representada por 18 plantas. Foram avaliados estado nutricional das folhas pelo teor de N, índice spad, condutividade elétrica do solo, produtividade total e comercial de tubérculos, número total e comercial de tubérculos, peso específico de tubérculos, máxima eficiência econômica da adubação nitrogenada com base na produtividade comercial, produção relativa e incidência de doenças. A dose de 260,35 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou a maior produtividade comercial de tubérculos equivalente a 48509,76 kg ha<sup>-1</sup>. A dose de N que proporcionou a máxima eficiência econômica (MEE) foi de 256,97 kg ha<sup>-1</sup> com produtividade estimada de 48505,82 kg ha<sup>-1</sup> de tubérculos comerciais. A condutividade elétrica correspondente à máxima produtividade de tubérculos foi de 1,92 mS cm<sup>-1</sup>. O índice SPAD referente à dose de N que proporcionou a máxima eficiência econômica (256,97 kg ha<sup>-1</sup> N) foi de 46,39. Portanto, nas condições de Cerrado, a cultivar F183-08-01 apresentou maior potencial produtivo do que as demais variedades comerciais avaliadas em razão de maior eficiência no aproveitamento da radiação solar. O acúmulo de macronutrientes pelas plantas inteiras (kg ha<sup>-1</sup>) seguiu em ordem decrescente: K > N > Ca > Mg = S > P. O genótipo F183-08-01 apresentou o maior acúmulo total de N, Ca, Mg e S nas plantas, sendo 141,37, 29,21, 25,16 e 22,36 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Por fim, recomenda-se a adubação nitrogenada da batateira com a dose de 256,97 kg ha<sup>-1</sup> N quando a relação entre o preço da batata e o preço do N na forma de ureia for de 0,43, o que é possível devido à fixação de preços por meio contratos de produção e comercialização da batata indústria.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, massa seca, fotoassimilados, peso específica, absorção de nutrientes, adubação parcelada, nitrogênio.

# **GROWTH, PRODUCTIVITY AND NUTRICIONAL DEMANDS OF POTATO CULTIVARS AND ECONOMIC EVALUATION OF NITROGEN FERTILIZATION OF ASTERIX CULTIVAR**

## **OVERVIEW**

Knowledge of the pattern of growth and absorption of nutrients throughout the development and tuberization of the potato is extremely important for the adoption of cultural practices suitable for different cultivars in order to explore the maximum productive potential in different edaphoclimatic conditions. In this context, the objective of the present work was to establish curves of dry matter production and accumulation of macronutrients and to evaluate agronomic aspects, such as productivity, phenology, specific weight, dry matter contents and culinary aptitude of four potato cultivars (*Solanum tuberosum* L. ) and establish the most appropriate nitrogen fertilization dose for the Asterix cultivar based on its nitrogen accumulation pattern as well as to economically evaluate the nitrogen doses applied in the cultivar. For this, an experiment was conducted in 2018, where the cultivars Agata, Asterix, BRSIPR Bel and F183-08-01 were used as the main variables and times for collecting plant samples as subplots divided over time. The subplots within a plot contained four plants each and corresponded to the number of days after planting, when destructive samples of whole plants were collected. The subplot plants were harvested at 24, 38, 52, 66 and 80 days after planting, to estimate the dry mass accumulated by different parts of the plant (aerial part + roots, tubers and whole plants). The experiment was set up in a randomized block design with 3 replications. The characteristics of specific weight, dry matter content, commercial mass of tubers, total mass of tubers, dry weight of stems and roots, leaves and tubers, length of the largest stem of each plant, leaf area index, duration of the cycle were evaluated yield and content of macronutrients absorbed in the different organs of the plant. From the evaluations carried out, it was observed that the dry mass accumulated by the tubers varied from 6.28 (Agata) to 9.75 t ha<sup>-1</sup> [F183-08-01 (F183)]; the total tuber mass from 35.33 (BRSIPR Bel) to 58.60 t ha<sup>-1</sup> (F183); the mass of marketable tubers from 23.46 (Asterix) to 48.24 t ha<sup>-1</sup> (F183); and the leaf area index from 2.86 (Agata) to 10.60 (F183). F183 showed the highest total accumulation of N, Ca, Mg and S (141.37; 29.21; 25.16; and 22.36 kg ha<sup>-1</sup>, respectively). The highest rates of accumulation of macronutrients for all potato cultivars occurred at 24 days after planting, coinciding with the beginning of

tuber formation. Another experiment was set up in 2019 in Brasília, in a randomized block design with four replications where the treatments consisted of the doses of N: 0, 53, 106, 138, 213 and 425 kg ha<sup>-1</sup> of N applied in the form of urea (46% of N) in installments varying from 3 to 5 installments. The potato was planted at 35 cm spacing between plants and 80 cm between rows, with each useful plot represented by 18 plants. Nutritional status of the leaves were evaluated by the N content, spad index, electrical conductivity of the soil, total and commercial tuber productivity, total and commercial number of tubers, specific tuber weight, maximum economic efficiency of nitrogen fertilization based on commercial productivity, relative production and disease incidence. The dose of 260.35 kg ha<sup>-1</sup> of N provided the highest commercial tuber productivity equivalent to 48509.76 kg ha<sup>-1</sup>. The N dose that provided the maximum economic efficiency (MEE) was 256.97 kg ha<sup>-1</sup> with an estimated yield of 48505.82 kg ha<sup>-1</sup> of commercial tubers. The electrical conductivity corresponding to the maximum tuber productivity was 1.92 mS cm<sup>-1</sup>. The SPAD index for the N dose that provided the maximum economic efficiency (256.97 kg ha<sup>-1</sup> N) was 46.39. Therefore, under the conditions of Cerrado, the cultivar F183-08-01 showed greater productive potential than the other commercial varieties evaluated due to greater efficiency in the use of solar radiation. The accumulation of macronutrients by the whole plants (kg ha<sup>-1</sup>) followed in decreasing order: K > N > Ca > Mg = S > P. The genotype F183-08-01 showed the highest total accumulation of N, Ca, Mg and S in plants, 141.37, 29.21, 25.16 and 22.36 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. Finally, nitrogen fertilization of the potato is recommended with a dose of 256.97 kg ha<sup>-1</sup> N when the relationship between the price of potatoes and the price of N in the form of urea is 0.43, which is possible due to the fixing of prices through contracts of production and commercialization of the potato industry.

Keywords: *Solanum tuberosum*, dry mass and photoassimilates accumulation, specific gravity, nutrient uptake, split fertilization, nitrogen, fertilization, splitting fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma hortaliça de origem Sul-Americana que foi incorporada à alimentação europeia pelos colonizadores espanhóis no século XVI. Essa cultura foi amplamente estudada e melhorada para as condições edafoclimáticas da Europa (FAO, 2008) e, posteriormente, introduzida na região Sul do Brasil, onde se popularizou e expandiu para outras regiões brasileiras à medida que novas fronteiras agrícolas foram abertas. A expansão de seu cultivo pelo mundo deve-se, principalmente, à qualidade nutricional e vasta aptidão culinária, que proporcionou à batata um lugar entre as hortaliças mais consumidas no Brasil e no mundo. Além disso, é a hortaliça com a maior área plantada no Brasil com cerca de 114 mil hectares cultivados anualmente (IBGE, 2020).

Essa expansão levou parte da produção de batata para o Centro-Oeste brasileiro, especialmente para o município de Cristalina – GO, e para a região produtora do Distrito Federal. A produção de batata, nessa região, é restrita ao período de outono-inverno, quando há condições climáticas ideais para seu cultivo e desfavoráveis para ao desenvolvimento de doenças de importância econômica tais como a murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) e a canela-preta (*Pectobacterium spp.*). A união de todas essas características promoveu a tecnificação de sua produção e permitiu que a região atingisse a mais alta produtividade média do país, superando 42 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020).

Altas produtividades são obtidas por meio de práticas adequadas de cultivo as quais demandam rotação de culturas, utilização de batata-semente de qualidade, disponibilidade de água, controle fitossanitário e adubação adequados. Todas essas práticas oneram o custo de produção tornando o cultivo da batata um desafio. A aquisição de sementes, defensivos e fertilizantes, além dos gastos com arrendamento de terras para a rotação adequada de culturas, totalizam cerca de 65% do custo de produção da batata (CEPEA, 2016).

Os fertilizantes compõem cerca de 12 a 20% do custo de produção sendo maior o custo em propriedades de pequena escala. Por vezes, a adubação é feita em excesso e de forma empírica sem basear-se em recomendações de adubação (FERNANDES et al., 2011b). As recomendações de adubação por sua vez são defasadas diante das tecnologias que são empregadas na produção da batata. Essas recomendações baseiam-se, em grande

parte, na resposta de cultivares que se tornaram obsoletas com o decorrer do tempo em função do desenvolvimento de cultivares mais responsivas e adaptadas às condições das diferentes regiões produtoras.

A recomendação de adubação para grande parte das espécies cultivadas é feita conforme a demanda nutricional de cada cultivar e não mais de uma forma geral para todas as cultivares de uma mesma espécie. As cultivares de batata possuem demandas nutricionais diferentes que dependem também das características edafoclimáticas às quais estão submetidas (FERNANDES et al., 2011b; LUZ et al., 2014; WEBER; MIELNICZUK, 2009). A determinação da demanda nutricional de cada cultivar assim como a variação dessa demanda ao longo do ciclo são parâmetros essenciais para a recomendação de adubação. Essa recomendação tende a respeitar a capacidade de absorção das plantas de modo a evitar perda de nutrientes e gasto desnecessário com fertilizantes (ZOBIOLE et al., 2010).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi estabelecer curvas de produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes e avaliar aspectos agrônômicos, tais como produtividade, fenologia, peso específico, teores de matéria seca e aptidão culinária de quatro cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.) e estabelecer a dose de adubação nitrogenada mais adequada para a cultivar Asterix com base no seu padrão de acúmulo de nitrogênio.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Importância da cultura**

A batata é a hortaliça com a maior área plantada no Brasil, ultrapassando 125 mil hectares e produção anual de cerca de 3,9 milhões de toneladas em 2019, um aumento de produção de 0,18% e de 0,5% em relação à área cultivada em 2018 (CEPEA, 2019; IBGE, 2019). O aumento da área plantada no Brasil deve-se principalmente ao aumento em área cultivada com batata destinada ao processamento industrial, que cresceu 14,4%, diferente da batata mesa que reduziu a área plantada em cerca de 4% (CEPEA, 2019). A produção mundial de batata é de aproximadamente 400 milhões de toneladas e a China é o país com a maior produção atual (AGRIBUSINESS, 2018).



O consumo médio de batata no Brasil se manteve estável nos últimos anos, sendo de 19 kg *per capita*/ano, enquanto a média mundial é de aproximadamente 35 kg *per capita*/ano, considerando-se batatas frescas e processadas (FAOSTAT, 2019). É um alimento com baixos teores de gordura (0,1%) e rico em vitamina C (USDA, 2018). Segundo o Ministério da Saúde, 100g de batata já são o suficiente para suprir a necessidade diária dessa vitamina. Esses e outros motivos levaram a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura a denominar a batata como o alimento do futuro e como parte integrante do sistema alimentar global (FAO, 2008b).

## **2.2. Aptidão culinária**

A batata é um alimento com alto teor de amido e possui praticamente todos os nutrientes essenciais para o ser humano (USDA, 2018). Possui uma vasta aptidão culinária e pode ser utilizada na composição de uma infinidade de pratos da culinária. Recentemente, o consumo de batata na forma processada tem crescido principalmente em relação a batatas destinadas ao processamento industrial de fritura (EMBRAPA, 2016).

As cultivares de batata destinadas à fritura apresentam características próprias para essa finalidade. O teor de açúcares redutores e de matéria seca nos tubérculos são as características que mais interferem na qualidade do produto. Teores mais altos de açúcares redutores (acima de 0,13%) promovem escurecimento indesejável durante a fritura, depreciando o valor comercial. Tubérculos com teor de açúcares redutores abaixo de 0,035% e formato redondo-ovalado são fortes candidatos ao processamento na forma de chips. Já os tubérculos com teores de açúcares redutores abaixo de 0,12% e formato alongado seguem para o processamento na forma de palitos (FERNANDES et al., 2010a).

Teor de matéria seca nos tubérculos acima de 17% é uma característica comum às cultivares aptas ao processamento industrial. Além de produzir batatas fritas mais secas e de melhor qualidade, o rendimento industrial é diretamente proporcional ao teor de matéria seca. O peso específico é um método prático e rápido utilizado para estimar o teor de matéria seca, uma vez que essas características também apresentam relação direta (CARDOSO et al., 2007; KUMAR et al., 2005). São considerados tubérculos com bons teores de matéria seca para essa finalidade aqueles que apresentam peso específico superior a 1,08. Outras características físico-químicas que devem ser levadas em consideração para o processamento industrial é o pH da polpa, acidez e conteúdo de

amido que podem interferir de forma indireta na qualidade dos tubérculos para fritura (FERNANDES et al., 2010a).

### **2.3. Caracterização das cultivares**

Agata é a cultivar mais plantada no Brasil e é destinada ao mercado de tubérculos frescos (ABBA, 2010; LEONEL et al., 2016). Apresenta produtividade média de aproximadamente 37 t ha<sup>-1</sup> (PEREIRA et al., 2018) e aproveitamento de tubérculos variando de 62,1 a 99,4 % (FERNANDES et al., 2011a; PEREIRA et al., 2018) em condições experimentais, podendo chegar a valores maiores dependendo do manejo empregado. Agata possui teores de matéria seca em torno de 14,1 % (FERNANDES et al., 2010b) e peso específico variando de 1,054 a 1,073 (PEREIRA et al., 2018), o que determina seu reduzido tempo de cocção. É uma cultivar precoce (FELTRAN; LEMOS, 2005; SILVA et al., 2012) com ciclo variando entre 75 e 90 dias, com tubérculos de película lisa, brilhante, amarelada e com gemas rasas, características associadas à sua boa aparência e que proporcionam boa aceitação no mercado.

Asterix destaca-se como uma das cultivares de aptidão industrial com a maior área plantada, ocupando 12% da área cultivada com batata no Brasil (ABBA, 2010; LEONEL et al., 2016). No processamento industrial, é destinada à produção de batatas palito pré-fritas congeladas devido ao seu teor de matéria seca que ultrapassa 16,5%, peso específico que varia de 1,075 a 1,093 (PEREIRA et al., 2018) e formato alongado. Isso garante a produção de batatas fritas mais secas e crocantes (FERNANDES et al., 2010a). Apresenta ciclo longo variando de 100 a 110 dias (SILVA et al., 2012), produtividade média de 38,9 t ha<sup>-1</sup> e aproveitamento comercial de 84,9 % (PEREIRA et al., 2018). Seus tubérculos são alongados, com película lisa e brilhante, gemas medianamente rasas e coloração vermelho claro (FELTRAN; LEMOS, 2005).

A cultivar BRSIPR Bel foi desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) em parceria com o Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) tendo seu registro efetivado em 2012. Com peso específico variando de 1,08 a 1,09, apresenta aptidão para o processamento industrial, principalmente na produção de chips e batata palha. Os tubérculos têm formato ovalado, gemas medianamente rasas e película amarela e lisa. Em avaliações realizadas nos Municípios de Pelotas, RS, Canoinhas, SC e Contenda, PR, essa cultivar apresentou ciclo médio de 110 dias, produtividade total

chegando a 46,1 t ha<sup>-1</sup> e rendimento comercial de até 88,9 % (PEREIRA et al., 2015). Contudo, pouco se sabe sobre algumas dessas características quando avaliadas nas condições do Centro-Oeste brasileiro.

Em um trabalho realizado em Perdizes, MG (BORTOLETTO; SILVA, 2016), o clone F183-08-01 apresentou produtividade de 58,6 t ha<sup>-1</sup> e aproveitamento de tubérculos acima de 97%. Silva et al. (2017, 2018) também avaliaram esse clone nas condições do Distrito Federal obtendo produtividades superiores a 37 t ha<sup>-1</sup> com rendimento comercial acima de 81%, sendo sempre superior às demais cultivares avaliados. Seus tubérculos apresentam formato alongado e uniforme, coloração avermelhada, película áspera, polpa amarela, gemas rasas, valores de peso específico acima de 1,08 e massa média de tubérculos em torno de 183 g tubérculo<sup>-1</sup>. A união de todas essas características qualifica esse genótipo para o processamento industrial, em especial para a produção de batatas palito pré-fritas.

#### **2.4. Curva de crescimento**

O crescimento vegetal é definido pelo aumento irreversível de massa, tamanho ou volume das plantas e pode ser quantificado por meio de análises de área foliar e matéria seca acumulada em seus tecidos vegetais. Esses parâmetros podem ser utilizados na diferenciação do crescimento e do desenvolvimento das plantas tanto de uma mesma cultivar como para comparar diferentes cultivares. Além disso, podem ser utilizados para verificar a adaptabilidade de cultivares a um determinado meio, uma vez que essas diferenças podem ser atribuídas a fatores genéticos, ambientais ou mesmo à interação entre eles (PEIXOTO et al., 2011).

Cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas provém da atividade fotossintética e o restante da absorção de nutrientes (FERNANDES et al., 2010b). A longevidade foliar permite que a atividade fotossintética se estenda por período maior e, conseqüentemente, corrobora para uma maior produção de matéria seca assim como a precocidade em atingir o máximo índice de área foliar. Fernandes et al. (2010) e Lenz et al. (2012) observaram esse aspecto uma vez que as cultivares de batata BRSIPR Bel e Asterix, de ciclo tardios, apresentaram maior acúmulo de matéria seca.

O estudo do crescimento vegetal pode ainda ser feito por meio da avaliação separada do acúmulo de matéria seca nos diferentes órgãos da planta visando o

conhecimento da alocação de fotoassimilados na planta. Quando avaliado em um mesmo ambiente e com as mesmas condições de cultivo, um genótipo tende a manter seus padrões de alocação de fotoassimilados (FERNANDES et al., 2010b; PEIXOTO et al., 2011; VIDIGAL et al., 2007).

Nas fases iniciais do desenvolvimento da batateira, o maior acúmulo de matéria seca acontece nas folhas, hastes e raízes, o que se altera após o início da tuberização, que acontece no período de 27 a 34 dias após o plantio (DAP), em que os tubérculos se tornam os drenos principais da planta, como observado por Fernandes et al. (2010b) em trabalho realizado em Itaí, SP, envolvendo as cultivares Agata e Asterix.

Dessa forma, o entendimento do padrão de acúmulo de matéria seca nos diferentes órgãos da planta, assim como a variação desse padrão entre as diferentes cultivares é fundamental para se basearem decisões quanto à cultivar a ser utilizada em determinadas condições de cultivo, bem como os métodos de manejo da cultura resultando no aproveitamento do máximo potencial produtivo da cultura (FERNANDES et al., 2010b; PEIXOTO et al., 2011; VIDIGAL et al., 2007).

## **2.5. Absorção de nutrientes**

A quantidade de nutrientes extraída do solo pelas plantas depende de vários fatores dentre os quais destacam-se os fatores ambientais, o potencial genético da cultivar e a idade da planta (BERTSCH, 2003; YORINORI, 2003). Diferentes cultivares apresentam características morfológicas e fisiológicas que permitem a elas extrair do solo diferentes quantidades de nutrientes para atingir seu máximo potencial produtivo. Dessa forma, o manejo nutricional da cultura depende do conhecimento acerca da absorção de nutrientes de uma dada cultivar visando auxiliar o programa de adubação de modo a otimizar a produção e minimizar o uso excessivo de fertilizantes (FERNANDES et al., 2011b; ZOBIOLE et al., 2010).

A absorção de nutrientes pela cultura da batata tem sido descrita por diversos autores (EMBRAPA, 2016; FERNANDES et al., 2011b; YORINORI, 2003). Contudo, diversas mudanças ocorreram ao longo do tempo no processo produtivo da batata, tais como o desenvolvimento de novas cultivares com padrões nutricionais diferentes e a expansão do cultivo para novas regiões com condições edafoclimáticas distintas das

regiões descritas. Essas características corroboram para o aumento do potencial produtivo evidenciado nos últimos anos com o contínuo aumento de produtividade (IBGE, 2019).

Fernandes e Soratto (2012) descrevem a absorção de nutrientes na batata variando de 2,4 a 8,2 kg de N, 0,3 a 1,2 kg de P, 3,7 a 13,3 kg de K, 0,4 a 3,0 kg de Ca, 0,2 a 0,9 kg de Mg e 0,2 a 1,5 kg de S por tonelada de batata produzida. Fernandes et al. (2011b) observaram também que as quantidades máximas de nutrientes absorvidas pelas plantas e a marcha de absorção são diferentes conforme a cultivar. De um modo geral, as quantidades máximas de nutrientes absorvidas pelas plantas variam de 75 a 135 kg ha<sup>-1</sup> de N, de 14 a 18 kg ha<sup>-1</sup> de P, de 135 a 340 kg ha<sup>-1</sup> de K, de 14 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, de 7 a 14 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e de 6,6 a 10,8 kg ha<sup>-1</sup> de S (COGO et al., 2006; FERNANDES et al., 2011b; YORINORI, 2003). Contudo, não há trabalhos que descrevam a absorção de nutrientes em cultivares de batata na região Centro-Oeste brasileira.

## **2.6. Recomendações de adubação existentes**

Os manuais de adubação e correção do solo foram desenvolvidos para facilitar o manejo nutricional e trazem recomendações específicas para cada cultura. Esses manuais foram elaborados visando atender regiões específicas tais como a 5ª aproximação, que foi elaborada com amostragem de solos do estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999), o Boletim 100, elaborado com características das regiões produtoras de São Paulo (RAIJ et al., 1997) e o Cerrado, que foi desenvolvido pela Embrapa visando fornecer recomendações de adubação para as regiões produtoras do bioma Cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004).

O Manual “Cerrado - Correção do solo e adubação” (SOUSA; LOBATO, 2004) fornece recomendações de adubação e correção do solo que melhor se adequam ao Centro-Oeste brasileiro. Contudo, nesse manual não há recomendações de adubação para culturas olerícolas tais como a batata, forçando os produtores a optar pelas recomendações descritas nos manuais das regiões produtoras de batata de São Paulo e Minas Gerais (SOUSA; LOBATO, 2004; RAIJ et al., 1997; RIBEIRO et al., 1999). Além disso, é comum a realização de adubação de forma empírica, nas quais muitas vezes são aplicadas doses de fertilizante que chegam a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 500 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 190 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, acima do recomendado para a cultura (FERNANDES et al., 2011b).

Além disso, as recomendações descritas nesses manuais para a cultura da batata foram desenvolvidas com base em cultivares antigas e, em grande parte, obsoletas (ABBA, 2010; RAIJ et al., 1997; RIBEIRO et al., 1999). Com o desenvolvimento de novas cultivares, mais adaptas e responsivas, surge a demanda de recomendações de adubação específicas para elas, visto que elas possuem níveis críticos diferentes (FERNANDES et al., 2011b).

## **2.7. Custo de adubação na cultura da batata**

O custo de produção é parte essencial para a gestão do empreendimento rural. É definido como o total de despesas realizadas em uma propriedade rural com a combinação mais econômica dos fatores, a partir da qual é obtida determinada quantidade de produto (CONAB, 2010). O custo de produção total da batata varia de R\$30.000,00 a R\$41.000,00 por hectare, dependendo principalmente do nível de mecanização, da área plantada, da variedade cultivada, entre outros fatores (CEPEA, 2019b). Dentre os componentes do custo de produção, os insumos (aquisição de sementes, fertilizantes, corretivos e defensivos agrícola) compõem a maior parte do custo de produção que varia de 40 a 65% do total.

O custo de produção de um saco de batata (50 kg) nas regiões produtoras do cerrado mineiro variou de R\$42,52 a R\$69,70 em 2016, segundo levantamento feito pelo CEPEA (2017). Esse custo variou de R\$36,36 a R\$65,44 na produção de um saco de batata para mesa nas principais regiões produtoras da região Sudeste brasileira em 2018 e de R\$40,82 a R\$52,42 por saco na produção de batata para processamento industrial avaliado em São Paulo e no Cerrado mineiro em 2018 (CEPEA, 2019b). A variação observada nos valores de custo de produção desses levantamentos deve-se à diferença dos fatores de produção supracitados evidenciados nas propriedades estudadas.

Os fertilizantes e os corretivos compõem a maior parte dos investimentos feitos com insumos. Os valores para aquisição destes variam também conforme os fatores de produção supracitados, de 11 a 20% do custo total de produção da cultura (CEPEA, 2019b).

Além do alto custo de produção do nitrogênio, esse nutriente tem um alto custo ambiental devido ao seu potencial de poluição dos recursos hídricos e da atmosfera. Parte do nitrogênio aplicado como adubo para as plantas não é absorvido e está sujeito a

transformações no solo. O nitrogênio na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) está sujeito ao processo de lixiviação, sendo a quantidade que é passível de ocorrer esse processo dependente do tipo de solo, relevo, geologia, clima e principalmente das práticas agrícolas adotadas. O nitrato, se lixiviado, pode chegar até o lençol freático dependendo das características do solo poluindo os recursos hídricos, comumente observado em solos de clima temperado. Por outro lado, em climas tropicais isso não ocorre sendo as perdas de nitrogênio devidas ao processo de volatilização. Nesse processo, a amônia ( $\text{NH}_3$ ) que é um gás produzido a partir do amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) pode ser volatilizada juntamente com os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) que têm grande potencial de poluição da atmosfera (ANDRADE *at al.*, 2016; CARVALHO; ZABOT, 2012).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA. Brasil - Atuais variedades. **Batata Show - Associação Brasileira da Batata**, Itapetininga, v. 10, n. 28, p. 1–68, 2010.

AGRIBUSINESS, F. Batata. **Agriannual, 2016: Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Agribusiness, 2016. 175 p.

AGRIBUSINESS, F. Batata. **Agriannual, 2018: Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Agribusiness, 2018. 179 p.

ANDRADE, E. M. de; AQUINO, D. do N.; LUNA, N. R. de S.; LOPES, F. B.; CRISÓSTOMO, L. de A. Dinâmica do nível freático e da salinização das águas subterrâneas em áreas irrigadas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 5, p. 621-630, 2016.

BERTSCH, F. **Absorción de nutrimentos por los cultivos**. 1. ed. San José: Asociacion Costarricense de la Ciencia del Suelo, 2003. 307 p.

BORTOLETTO, A. C.; SILVA, G. O. Validação de clones avançados de batata da Embrapa na indústria. **Batata Show - Associação Brasileira da Batata**, Itapetininga, v. 16, n. 46, p. 52–55, 2016.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; BOMFIM NETO, H.; KOURI, C. R.; MELO, T. L. Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1760 – 1765, 2007.

CARVALHO, N. L. de; ZABOT, V. Nitrogênio: nutriente ou poluente? **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 6, n. 6., p. 960-974, 2012.

CEPEA. Especial batata: Gestão sustentável. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 15, n. 161, p. 1–46, 2016.

CEPEA. Especial batata: Gestão sustentável. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 16, n. 172, p. 44, 2017.

CEPEA. Anuário 2019 - 2020. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 18, n. 196, p. 52, 2019a.

CEPEA. Especial batata: Gestão sustentável. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 18, n. 194, p. 46, 2019b.

COGO, C. M.; ANDRIOLO, J. L.; BISOGNIN, D. A.; GODOI, R. dos S.; BORTOLOTTI, O. C.; LUZ, G. L. Relação potássio-nitrogênio para o diagnóstico e manejo nutricional da cultura da batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1781–1786, 2006.

CONAB. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Comanhia Nacional de Abastecimento - Conab, 2010.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 176–182, 2009.

EMBRAPA. Sistema de produção da batata. **Sistemas de Produção Embrapa**, Brasília, v. 2, 2016. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 18 jan. 2020.

FAO. Background. **International Year of the Potato**, 2008a. Disponível em: <http://www.fao.org/potato-2008/en/aboutiyp/background.html>. Acesso em: 11 out. 2018.

FAO. **FAOSTAT: Statistical database**, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/statistics/databases/en/>. Acesso em: 11 ago. 2019.



- FAO. Why potato. **International year of the potato**, 2008b. Disponível em: <http://www.fao.org/potato-2008/en/aboutiyp/index.html>. Acesso em: 11 out. 2018.
- FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 106–113, 2005.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. 1. ed. Botucatu: ABBA, 2012.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 299–304, 2010a.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; SILVA, B. L.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Produtividade e esverdeamento pós-colheita de tubérculos de cultivares de batata produzidos na safra de inverno. **Revista Ciencia Agronomica**, Ceará, v. 42, n. 2, p. 502–508, 2011a.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v. 35, p. 2039–2056, 2011b.
- 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 Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 826–835, 2010b.
- IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. **SIDRA**, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>>. Acesso em: 28 dez. 2020.
- KUMAR, D.; EZEKIEL, R.; SINGH, B.; AHMED, I. Conversion table for specific gravity, dry matter and starch content from under water weight of potatoes grown in north-indian plains. **Potato Journal**, Índia, v. 32, n. January, p. 79–84, 2005.
- LENZ, E. A.; RODRIGUES, A. S.; ROCHA, D.; AZEVEDO, F. Q.; PEREIRA, A. S. Caracteres agronômicos, e peso específico de clones avançados de batata. In: XXII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 2013, Pelotas. **Anais [...]** Pelotas: UFP, 2013.

LEONEL, M.; CARMO, E. L.; FERNANDES, A. M.; FRANCO, C. M. L.; SORATTO, R. P. Physico-chemical properties of starches isolated from potato cultivars grown in soils with different phosphorus availability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 6, p. 1900–1905, 2016.

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, n. 2, p. 225–229, 2014.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V. DA; PEIXOTO, M. DE F. DA S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 51–76, 2011.

PEREIRA, A. S.; NAZARENO, N. R. X.; SILVA, G. O.; BERTONCINI, O.; CASTRO, C. M.; HIRANO, E.; BORTOLETTO, A. C.; TREPTOW, R. O.; DUTRA, L. F.; LIMA, M. F.; GOMES, C. B.; KROLOW, A. C. R.; MEDEIROS, C. A. B.; CASTRO, L. A. S.; SUINAGA, F. A.; LOPES, C. A.; MELO, P. E. BRSIPR Bel: Cultivar de batata para chips com tubérculos de boa aparência. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 135–139, 2015.

PEREIRA, A. S.; SILVA, G. O.; BERTONCINI, O.; CASTRO, C. M.; BORTOLETTO, A. C.; HIRANO, E.; AZEVEDO, F. Q.; LIMA, M. F.; GOMES, C. B.; DUTRA, L. F.; SUINAGA, F. A.; CARVALHO, A. D. F.; MELO, P. E.; LOPES, C. A.; REISSER JUNIOR, C.; PRINHEIRO, J. B.; MEDEIROS, C. A. B.; KROLOW, A. C. R.; CASTRO, L. A. S.; NAZARENO, C. R. X. BRS F63 (Camila): A fresh market potato cultivar, with high yield potential and resistance to virus Y. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 136–140, 2018.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, Â. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, Campinas, 1997.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 1. ed. Viçosa: SBCS, 1999. 359 p.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; PEREIRA, A. DA S.; RAGASSI, C. F.; AZEVEDO, F. Q. Desempenho de clones avançados de batata para rendimento de

tubérculos em quatro ambientes. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 11, n. 4, p. 323–330, 2017.

SILVA, G. O. DA; CASTRO, C. M.; TERRES, L. R.; ROHR, A.; SUINAGA, F. A.; PEREIRA, A. da S. Desempenho agrônômico de clones elite de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 557–560, 2012.

SILVA, G. O.; PEREIRA, A. S.; AZEVEDO, F. Q.; CARVALHO, A. D.; PINHEIRO, J. B. Selection of potato clones for tuber yield, vine maturity and frying quality. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 276–281, 2018.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado - Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004.

USDA. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service USDA **Food Composition Databases**. Washington, D. C.: USDA, 2018. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. Acesso em: 11 out. 2018.

VIDIGAL, S. M.; PACHECO, D. D.; FACION, C. E. Crescimento e acúmulo de nutrientes pela abóbora híbrida tipo Tetsukabuto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 375–380, 2007.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v. 33, n. 2, p. 429–437, 2009.

YORINORI, G. T. **Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. ‘Atlantic’**. 2003. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ZOBIOLE, L. H. S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 425–433, 2010.

## **CAPÍTULO I**

---

### **CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE BATATA NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO**

(Growth and yield of potato genotypes in the Brazilian Midwest)

Artigo publicado na revista *Revista Agropecuária Tropical*, Goiânia, volume 50, e64339, p. 1<sup>-1</sup>, nov., 2020. e-ISSN (Online): 1983-4063. B1 CAPES Qualis.

## **CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE BATATA NO CENTRO-OESTE BRASILEIRO**

### **RESUMO**

O conhecimento do padrão de crescimento da planta em condições climáticas específicas (curva de crescimento) é a base para explorar o potencial máximo de rendimento de cultivares de batata. Objetivou-se estabelecer a curva de crescimento e avaliar as características agronômicas, produtividade e peso específica de tubérculos de quatro cultivares, a fim de fornecer informações básicas sobre as características produtivas dessas cultivares no Centro-Oeste brasileiro. Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso, com 3 repetições sendo os tratamentos constituídos pelas cultivares de batata Agata, Asterix, BRSIPR Bel (Bel) e F183-08-01 (F183). A massa seca acumulada pelos tubérculos variou de 6,28 (Agata) a 9,75 t ha<sup>-1</sup> (F183); a massa total de tubérculos de 35,33 (Bel) a 58,60 t ha<sup>-1</sup> (F183); a massa de tubérculos comercializáveis de 23,46 (Asterix) a 48,24 t ha<sup>-1</sup>(F183); e o índice de área foliar de 2,86 (Agata) a 10,60 (F183). A F183 apresentou boa adaptação às condições de cultivo do Distrito Federal, sendo fortemente recomendado para essa região.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, acúmulo de massa seca e de fotoassimilados, peso específica.

## **GROWTH AND YIELD OF POTATO GENOTYPES IN THE BRAZILIAN MIDWEST**

### **ABSTRACT**

The knowledge of the plant growth pattern under specific climatic conditions (growth curve) is the basis for exploiting the maximum yield potential of potato genotypes. This study aimed to establish the growth curve, as well as to evaluate the agronomic characteristics, yield and specific gravity of tubers of three potato cultivars and one elite clone, thus providing basic information on the productive characteristics of these genotypes in the Brazilian Midwest. A randomized experimental block design, with three replications, was used. The dry mass accumulated by the tubers varied from 6.28 (Agata) to 9.75 t ha<sup>-1</sup> [F183-08-01 (F183)]; the total mass of tubers from 35.33 (BRSIPR Bel) to 58.60 t ha<sup>-1</sup> (F183); the mass of marketable tubers from 23.46 (Asterix) to 48.24 t ha<sup>-1</sup> (F183); and the leaf area index from 2.86 (Agata) to 10.60 (F183). F183 showed a good adaptation to the cultivation conditions of the Federal District, being strongly recommended for this region.

Keywords: *Solanum tuberosum*, dry mass and photoassimilates accumulation, specific gravity.

## 1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a hortaliça mais plantada em todo o mundo. O Brasil não está entre os principais produtores de batata, mas a produção nacional é significativa em termos de área, sendo cultivada para o mercado *in natura* e indústria. As principais cultivares plantadas são Agata (55% da área cultivada) e Asterix (12% da área cultivada) (ABBA, 2019). Essas cultivares foram desenvolvidas para as condições de clima e solo da Europa Ocidental, que são distintas das regiões de cultivo de batata no Brasil.

O cultivo da batata ocorre em 30 regiões brasileiras, incluindo sete estados (Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Bahia, Goiás e Santa Catarina) e no Distrito Federal (SILVA; PEREIRA, 2019). Se comparados com a Europa, os fotoperíodos no Brasil são mais curtos no verão, os solos são menos férteis, as temperaturas são mais altas e a frequência de doenças de plantas é maior (PINTO et al., 2010, SILVA et al., 2017).

O desenvolvimento de cultivares adaptados às regiões brasileiras produtoras de batata é estratégico para impulsionar o setor de cultivo de batata nessa região (SILVA et al., 2018). A cultivar de batata BRSIPR Bel foi desenvolvida pelo programa de melhoramento de batata da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) junto ao Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IAPAR) para cultivo no Brasil, tendo sido registrada como cultivar em 2012 (PEREIRA et al., 2015). A F183-08-01 é uma cultivar de batata da Embrapa que se destaca pela alta produtividade de tubérculos (cerca de 56,88 t ha<sup>-1</sup>) (BORTOLETTO; SILVA, 2016). Essa cultivar foi recentemente registrada junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento como BRS 183 (Potira) (PEREIRA et al., 2020).

A região de cultivo de batata no Centro-Oeste do Brasil ocupava 5.500 ha em 2019, o que corresponde a aproximadamente 5% da área anual cultivada no país (CEPEA, 2020). Informações sobre os padrões de crescimento da batata nas condições do Centro-Oeste brasileiro são a base para explorar o potencial produtivo de cultivares nesta região de cultivo de batata. Tais padrões de crescimento, também conhecidos como curvas de crescimento, são estabelecidos individualmente para cada genótipo por meio da estimativa do acúmulo de massa seca pelas partes da planta ao longo do ciclo de produção (FERNANDES et al., 2010b, PEIXOTO et al., 2011). A curva de crescimento também é uma ferramenta para comparar o desenvolvimento de cultivares sob certas condições de

crescimento. Essas informações podem ser usadas para projetar práticas de manejo específicas para cada cultivar e para o desenvolvimento de modelos matemáticos para a cultura da batata.

Aproximadamente 90% da massa seca da planta resulta da atividade fotossintética e 10% da absorção e acúmulo de nutrientes (BENINCASA, 2003). Assim, a longevidade da atividade fotossintética e o tempo demandado pelas plantas para atingir o índice de área foliar máximo estão relacionados ao acúmulo de massa seca da planta (FERNANDES et al., 2010b). O acúmulo de massa seca nas fases iniciais do desenvolvimento da batata ocorre nas folhas, caules e raízes, sendo redirecionado para os tubérculos cerca de 34 dias após o plantio, após o início da tuberização (FERNANDES et al., 2010b).

Este estudo teve como objetivo estabelecer a curva de crescimento e avaliar as características agrônômicas de produtividade e peso específico dos tubérculos das cultivares BRSIPR Bel, Agata, Asterix e F183-08-01, a fim de fornecer informações básicas sobre as características produtivas dessas cultivares no Centro-Oeste brasileiro.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em um campo experimental (15°55'S, 48°08'O e 1.000 m acima do nível do mar), no Distrito Federal, Brasil. O clima é classificado como Aw (tropical úmido com inverno seco), segundo a classificação de Köppen. Em média, as temperaturas anuais variam de 16,8 °C a 26,6 °C e a precipitação anual é de 1.477,4 mm. Durante o experimento, as temperaturas variaram de 16,2 °C a 27,6 °C e a precipitação medida foi de 53 mm (BRASIL, 2019). O solo é classificado como Hapludox Típico (USDA, 1999) ou Latossolo Distrófico (SANTOS et al., 2018), com textura argilosa e as seguintes propriedades químicas (0-20 cm): pH (H<sub>2</sub>O): 5,2; P (Mehlich): 1,0 mg dm<sup>-3</sup>; K: 46,2 mg dm<sup>-3</sup>; Na: 17,0 mg dm<sup>-3</sup>; B: 0,03 mg dm<sup>-3</sup>; Cu: 2,2 mg dm<sup>-3</sup>; Fe: 31,0 mg dm<sup>-3</sup>; Mn: 40,4 mg dm<sup>-3</sup>; Zn: 4,4 mg dm<sup>-3</sup>; S: 2,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 4,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup>: 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al: 6,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica: 33,7 g dm<sup>-3</sup>. A fertilização foi realizada com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, 420 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 15 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, sendo aplicada no sulco de plantio, e obedeceu a recomendação para o Centro-Oeste brasileiro (EMBRAPA, 2016).

O plantio foi realizado manualmente em sulcos no dia 15 de maio de 2018, utilizando sementes padronizadas de acordo com o peso (70 g) e comprimento de brotação



de 0,5 -1,0 cm, espaçadas 35 cm entre plantas e 80 cm entre linhas, com 35.714 plantas ha<sup>-1</sup>. A aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N como cobertura foi feita no momento da amontoa (22 dias após o plantio - DAP). A irrigação por aspersão e o manejo fitossanitário foram conduzidos seguindo recomendações para o Centro-Oeste brasileiro (EMBRAPA, 2016).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos (genótipo × idade da planta) dispostos em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. O experimento foi feito com quatro cultivares em três repetições totalizando 12 parcelas principais. As parcelas principais foram constituídas pelas cultivares de batata Agata, Asterix, BRSIPR Bel e F183-08-01, com seis linhas contendo 15 plantas cada, totalizando 90 plantas e 25,2 m<sup>2</sup>, incluindo as bordas. As subparcelas foram compostas por quatro plantas dentro de uma parcela (1,12 m<sup>2</sup>) e corresponderam às idades das plantas, das quais foram coletadas amostras destrutivas de plantas inteiras (24, 38, 52, 66, 80, 94 e 112 DAP).

Para estimar a massa seca acumulada pelas diferentes partes da planta, as plantas foram lavadas e separadas em caules + raízes, folhas e tubérculos. As massas frescas e secas foram determinadas usando uma balança analítica (ESTEFAN et al., 2013). O comprimento da maior haste, o número de hastes e o número de folhas por planta foram medidos e o índice de área foliar foi determinado segundo Bréda (2003), dos 38 DAP aos 80 DAP. O teor de matéria seca dos tubérculos foi determinado pela relação entre a massa seca e a massa fresca dos tubérculos. A senescência das plantas foi avaliada semanalmente, a partir dos 84 DAP, sendo considerado o final do ciclo produtivo quando 80% das plantas morreram em cada parcela (CIP, 2009). Quinze plantas restantes em cada parcela completaram o ciclo de produção e foram usadas para estimar o rendimento total e comercial, número de tubérculos comercializáveis, comprimento do ciclo da cultura, massa de tubérculos individuais e peso específico do tubérculo, pelo método de peso no ar e peso na água (FITZPATRICK et al., 1969), aos 122 DAP. Os valores da produção de tubérculos foram convertidos em t ha<sup>-1</sup>, para obtenção da produtividade de tubérculos.

A homogeneidade dos dados foi analisada pelo teste de Levene e a normalidade dos resíduos pelo teste de Jarque-Bera. Foi realizada análise de variância por meio do teste F ( $p \leq 0,05$ ). Os dados obtidos ao longo do ciclo da cultura (plantas colhidas na mesma parcela em épocas diferentes) foram submetidos ao teste de esfericidade do modelo. As análises de regressão foram realizadas nessas amostras, enquanto os dados das demais avaliações foram separados em grupos de médias pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância considerando o experimento de parcelas subdivididas (quatro cultivares × sete estágio de desenvolvimento de plantas amostradas) é apresentada na Tabela 1. A massa seca acumulada pelos tubérculos foi avaliada desde o enchimento do tubérculo (36 DAP) até o final da produção ciclo, totalizando seis estágios de coleta. A massa seca acumulada pelas folhas e caules foi avaliada de 24 a 80 DAP, em cinco épocas de coleta.

Tabela 1. Análise de variância e média geral da massa seca acumulada nas folhas (MSF) e hastes (MSH) de 24 a 80 dias após o plantio, e nos tubérculos (MST) de 36 a 112 dias após o plantio. Brasília, 2018.

FV	----- MSF -----		----- MSH -----		----- MST -----	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Cultivar (C)	3	154,047.97 **	3	21,976.55 ns	3	4,280,701.69 **
Estágio (E)	4	1,446,802.3 **	4	364,849.69 **	5	82,410,790.12 **
C × E	12	37,525.27 **	12	10,770.17 ns	15	1,723,683.61 *
Resíduo	32	16,764.26	32	7,676.92	39	753,076.65
CV (%)		17.15		23.43		17.81
Médias						
Agata		683.16 b <sup>1</sup>		346.27 a		4,452.75 b
Asterix		764.05 ab		415.79 a		4,824.13 b
BRSIPR Bel		677.88 b		337.06 a		4,638.63 b
F183-08-01		895.65 a		396.70 a		5,570.30 a
Média geral		755.19		373.96		4,871.45

<sup>1</sup>/Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (5%). ns não significativo; \*\* significativo (1%); \* significativo (5%) pelo teste F.

Foram observadas diferenças significativas entre as cultivares, no que diz respeito ao número de folhas por planta, comprimento da maior haste, número de hastes por planta, índice de área foliar, vigor, teor de matéria seca dos tubérculos aos 112 DAP, densidade específica dos tubérculos, massa dos tubérculos individuais, massa total dos tubérculos, massa dos tubérculos comerciais e comprimento do ciclo da cultura (Tabelas 2 e 4). As cultivares não diferiram quanto ao número de tubérculos comerciais. O número de hastes por planta, comprimento da maior haste, número de folhas por planta e índice de área foliar não apresentaram curvas de regressão significativas segundo a análise de variância. O coeficiente de determinação das curvas de regressão ( $R^2$ ) foi inferior a 50% (dados não mostrados). Os dados referentes à idade das plantas, nas quais ocorreram os maiores

valores para essa característica, foram considerados para a análise. Asterix e Agata atingiram seu máximo desenvolvimento de parte aérea aos 52 DAP, enquanto BRSIPR Bel e F183-081-01 alcançaram aos 66 DAP (Figuras 1A e 1B). Fernandes et al. (2010b) também notaram diferenças quando diferentes cultivares atingiram o máximo desenvolvimento da parte aérea. Eles observaram que as cultivares atingiram valores de número máximo de folhas e comprimento da maior haste aos 63 DAP, em média, variando de acordo com a duração do ciclo do genótipo, que foi semelhante ao momento em que as cultivares avaliados no presente estudo atingiram seus valores de número máximo de folhas e comprimento da maior haste.

Tabela 2. Número de hastes (NH), comprimento da maior haste (CMH), número de folhas (NF) e índice de área foliar (IAF) da cultura da batata aos 52 dias após o plantio. Brasília, 2018.

FV	--NH (planta <sup>-1</sup> )--		--- CMH (cm) ---		--NF (planta <sup>-1</sup> )--		----- IAF-----	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Cultivar	3	6.91 **	3	111.75 *	3	441.94 *	3	29.98 **
Resíduo	6	0.44	5	14.26	5	40.46	6	1.47
CV (%)	15.09		7.28		13.74		17.80	
Médias								
Agata	5.33 a <sup>1</sup>		48.00 b		44.67 a		2.86 c	
Asterix	6.00 a		56.12 a		56.33 a		6.92 b	
BRSIPR Bel	3.17 b		45.17 b		29.75 b		6.83 b	
F183-08-01	3.00 b		58.33 a		54.42 a		10.60 a	
Média geral	4.38		51.90		46.29		6.81	

<sup>1</sup>/Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%). \*\* significativo (1%); \* significativo (5%) pelo teste F.

Asterix e Agata apresentaram maior número de hastes por planta do que as demais cultivares, com pelo menos duas hastes por planta a mais (Tabela 2). Fernandes et al. (2010b) observaram números semelhantes de hastes por planta para essas duas cultivares, com 6,3 e 4,2 hastes por planta, respectivamente. O número de hastes por planta é influenciado pelo tamanho e pelas condições de brotação do tubérculo da semente no momento do plantio (TEIXEIRA et al., 2010). No entanto, os tubérculos semente utilizados neste experimento foram submetidos à padronização, de acordo com o tamanho e as condições de brotação. Assim, a variação observada no número de hastes por planta provavelmente foi influenciada apenas por fatores genéticos (FELTRAN; LEMOS, 2005).

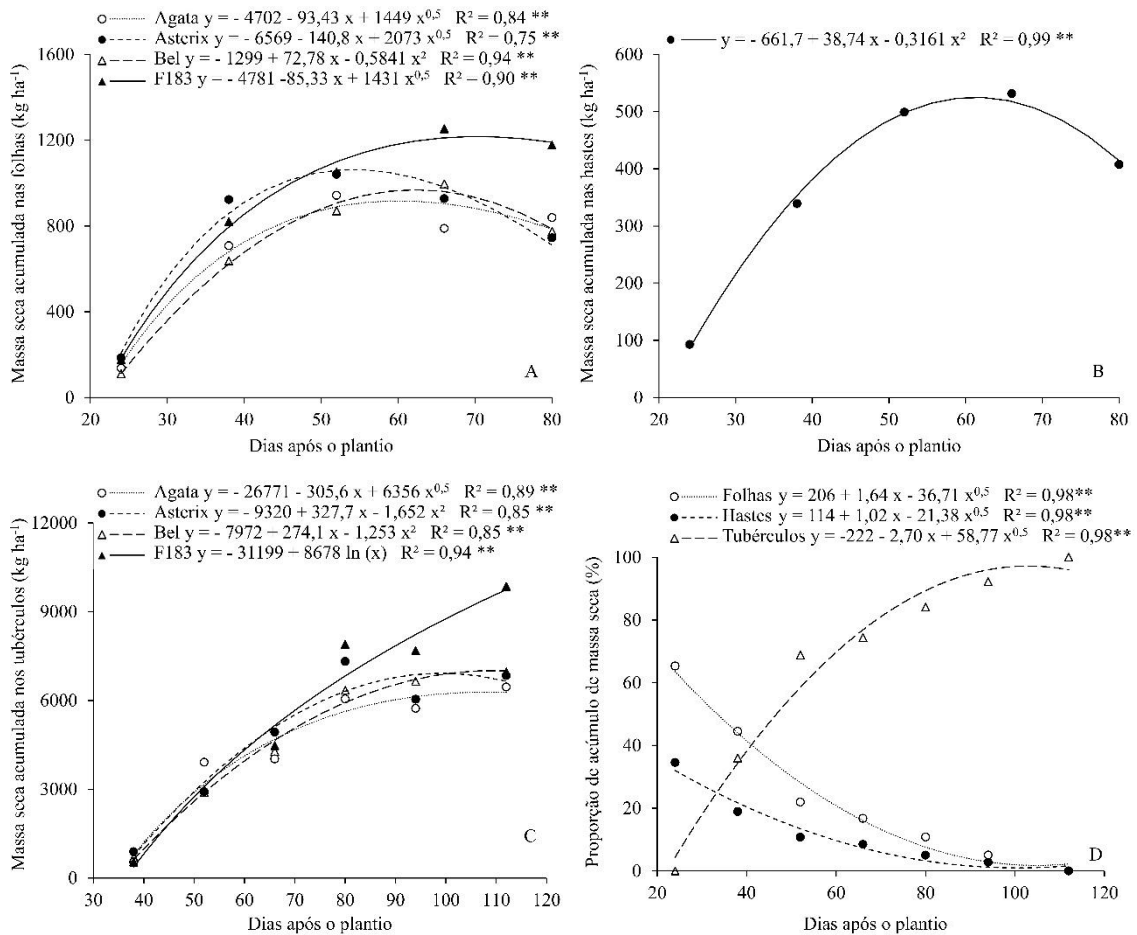


Figura 1. Massa seca acumulada por folhas (A), hastes (B) e tubérculos (C), e proporção da massa seca acumulada (D) ao longo do ciclo de produção da cultura da batata. Brasília, 2018.

De acordo com Blauer et al. (2013), o número de tubérculos produzidos é proporcional ao número de hastes por planta, pois as hastes são independentes, ainda que originadas da mesma semente. Assim, um grande número de hastes por semente provoca uma grande competição por água e nutrientes, levando à produção de tubérculos pequenos e irregulares. No entanto, isso não foi observado em relação ao número de tubérculos, em que não foi observada diferença significativa entre as cultivares, variando de 3,4 a 5,0 tubérculos comerciais por planta para Asterix e F183-08-01, respectivamente (dados não mostrados). F183-08-01 teve a maior massa de tubérculos individuais e um dos menores números de hastes por planta. Agata e Asterix apresentaram o maior número de hastes por planta e estiveram entre as cultivares com menor massa de tubérculos individuais (Tabelas 2 e 4). Esses resultados mostram que a influência do número de hastes por planta das cultivares sobre o número de tubérculos comerciais foi pequena.

As plantas das cultivares F183-08-01 e Asterix apresentaram altura maior que as cultivares BRSIPR Bel e Agata (Tabela 2). Fernandes et al. (2010b) também avaliaram o comprimento da maior haste das cultivares Asterix e Agata no estágio final do desenvolvimento da planta e observaram que essas cultivares produziram caules com comprimento aproximado de 57 e 47 cm, respectivamente. Feltran & Lemos (2005) avaliaram 18 genótipos de batata e observaram altura média de planta de 56,6 cm. Eles perceberam que Asterix e Agata produziram plantas com alturas equivalentes a 58,1 e 52,8 cm, respectivamente.

BRSIPR Bel teve o menor número de folhas por planta entre as cultivares, mas produziu um índice de área foliar igual a Asterix e maior que Agata (Tabela 2). Isso ocorreu devido ao maior tamanho dos folíolos de BRSIPR Bel, quando comparadas às demais cultivares, por apresentarem índice de área foliar acima da média, mesmo com menor número de folhas (PEREIRA et al., 2015). Além disso, essa cultivar produziu um dos menores números de hastes por planta, o que promoveu melhor arquitetura da planta e melhor disposição das folhas na copa. Tais características podem ser utilizadas para definir o espaçamento entre plantas, uma vez que cultivares com menor número de hastes por planta, comprimento da haste mais longa e número de folhas podem estar sujeitos a maior densidade de planta / tubérculo na semeadura.

De acordo com Benincasa (2003), 90% da massa seca acumulada pelas plantas resulta da atividade fotossintética, enquanto os restantes 10% são oriundos da absorção de nutrientes. Assim, uma maior área foliar corresponde a uma maior atividade fotossintética e, conseqüentemente, maior produção de massa seca. Essa relação também foi observada no presente estudo, em que houve alta correlação fenotípica positiva ( $r = 0,73$ ) entre a massa de tubérculos comercializáveis e o índice de área foliar (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre caracteres da cultura da batata.

Característica	PE	MTT	MCT	DCC	MTI	CMH	NF	IAF	TMS
PE	1	0.35 <sup>ns</sup>	0.56 <sup>ns</sup>	<b>0.75 **</b>	<b>0.64 *</b>	0.19 <sup>ns</sup>	-0.43 <sup>ns</sup>	<b>0.78 **</b>	<b>0.93 **</b>
MTT		1	<b>0.94 **</b>	<b>0.83 **</b>	<b>0.82 **</b>	<b>0.61 *</b>	0.26 <sup>ns</sup>	<b>0.60 *</b>	0.40 <sup>ns</sup>
MCT			1	<b>0.93 **</b>	<b>0.87 **</b>	<b>0.58 *</b>	0.14 <sup>ns</sup>	<b>0.73 **</b>	<b>0.58 *</b>
DCC				1	<b>0.92 **</b>	<b>0.60 *</b>	-0.01 <sup>ns</sup>	<b>0.82 **</b>	<b>0.74 **</b>
MTI					1	<b>0.69 *</b>	0.10 <sup>ns</sup>	<b>0.78 **</b>	<b>0.63 *</b>
CMH						1	<b>0.62 *</b>	<b>0.68 *</b>	0.35 <sup>ns</sup>
NF							1	0.13 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>
IAF								1	<b>0.89 **</b>
TMS									1

Os valores em negrito são significativamente correlacionados. \* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade; ns não significativo pelo teste t. PE: peso específico; MTT: massa total dos tubérculos; MCT: massa comercializável de tubérculos; DCC: duração do ciclo da cultura; MTI: massa de tubérculo individual; CMH: comprimento da maior haste; NF: número de folhas; IAF: índice de área foliar; TMS: teor de massa seca nos tubérculos aos 112 dias após o plantio.

Por outro lado, o número de folhas por planta no estágio máximo de desenvolvimento da parte aérea foi fracamente correlacionado com a massa de tubérculos comerciais ( $r = 0,14$ ) (Tabela 3). Portanto, a produção de tubérculos pode ser estimada através do índice de área foliar de forma mais eficiente do que pelo número de folhas no desenvolvimento máximo da parte aérea. O índice de área foliar máximo das cultivares avaliados ocorreu aos 52 DAP para Asterix e Agata e aos 66 DAP para BRSIPR Bel e F183-08-01 (Tabela 2). Pohl et al. (2009) observaram que as cultivares de batata por eles avaliados apresentaram o maior índice de área foliar, em média, aos 60 DAP.

Não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares, no que diz respeito ao acúmulo de massa seca das folhas, até os 52 DAP (Figura 1A). No entanto, o acúmulo de massa seca foliar para F183-08-01 foi maior do que para as demais cultivares de 66 a 80 DAP. Asterix atingiu o máximo acúmulo de massa seca nas folhas antes de todas as outras cultivares aos 54 DAP ( $1.063 \text{ kg ha}^{-1}$ ), seguido por Agata aos 60 DAP ( $917,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ), BRSIPR Bel aos 62 DAP ( $968,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e F183-08-01 a 70 DAP ( $1.217 \text{ kg ha}^{-1}$ ). A massa seca do caule foi igual para todas as cultivares, pois não foi observada diferença significativa entre as cultivares ou para a interação entre as cultivares e a idade da planta, e sua resposta foi representada por uma única curva (Figura 1B). A massa seca máxima estimada nas hastes foi de  $525,1 \text{ kg ha}^{-1}$  aos 61 DAP.

Não foi observada diferença significativa entre as cultivares, quanto ao acúmulo de massa seca do tubérculo, até os 66 DAP (Figura 1C). Entretanto, uma diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) foi observada entre F183-08-01 e Agata, de 80 DAP a 94 DAP (Figura 1C). Aos 112 DAP, F183-08-01 apresentou o maior acúmulo de massa seca de tubérculos entre as cultivares avaliados ( $9.748 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Asterix obteve o maior acúmulo de massa seca de tubérculo aos 99 DAP ( $6.922 \text{ kg ha}^{-1}$ ), enquanto Agata atingiu o maior acúmulo de massa seca de tubérculo aos 108 DAP ( $6.284 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e BRSIPR Bel aos 109 DAP ( $7.011 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

A senescência das folhas mais velhas iniciou após o desenvolvimento máximo do broto (52 DAP para Agata e Asterix, e 66 DAP para BRSIPR Bel e F183-08-01), reduzindo o número de folhas fotossinteticamente ativas até a completa senescência das plantas, como pode ser observado na massa seca das folhas (Figura 1A). O maior acúmulo de massa seca nas folhas de Asterix e Agata ocorreu aos 52 DAP (Figura 1A). Isso porque a taxa de senescência superou a taxa de emissão de folhas novas (POHL et al., 2009).

Além do conhecimento sobre o crescimento e desenvolvimento dos tubérculos, conhecer a dinâmica de formação e manutenção das folhas e hastes também é importante, pois elas são responsáveis pelos processos de produção de fotoassimilados, sendo que aproximadamente 90% da massa vegetal resulta da atividade fotossintética. Os fotoassimilados são primeiro acumulados nas folhas e hastes, e depois translocados para os tubérculos, seguindo o início da tuberização, que ocorre aproximadamente aos 30 DAP (FERNANDES et al., 2011). Esse processo de translocação começa no início da formação do tubérculo e tende a se acelerar com o desenvolvimento da cultura, diminuindo gradativamente ao final do ciclo de crescimento e terminando com a senescência da planta (FERNANDES et al., 2010b).

A massa seca da parte aérea (acúmulo de massa seca das folhas + massa seca das hastes) superou a massa seca acumulada pelos tubérculos desde a emergência até 38 DAP (Figura 1D). Aos 52 DAP, os tubérculos correspondiam a 67% da massa seca total acumulada pelas plantas, período semelhante ao observado por Cantore et al. (2014) e Fernandes et al. (2010b). Embora os tubérculos tenham sido o principal dreno de fotoassimilados dos 52 DAP até o final do ciclo de produção (Figuras 1C e 1D), a massa seca das folhas aumentou até 60 DAP para Agata, 54 DAP para Asterix, 62 DAP para BRSIPR Bel e 70 DAP para F183-08-01. O acúmulo de massa seca nos tubérculos de

F183-08-01 foi maior do que de Agata, Asterix e BRSIPR Bel, cerca de 3.464 kg ha<sup>-1</sup>, 2.826 kg ha<sup>-1</sup> e 2.737 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, aos 112 DAP ( Figura 1C). A massa total dos tubérculos, a massa dos tubérculos comercializáveis, a massa dos tubérculos individuais e a duração do ciclo de produção de F183-08-01 também foram superiores às outras cultivares (Tabela 4).

Tabela 4. Conteúdo de matéria seca dos tubérculos aos 112 dias após o plantio (TMS), densidade específica do tubérculo (PE), massa dos tubérculos individuais (MTI), massa total dos tubérculos (MTT), massa dos tubérculos comercializáveis (MCT) e duração do ciclo.

FV	---- TMS ----		----- PE -----		---- MTI ----		---- MTT ----		---- MCT ----		---- DCC ----	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Cultivar	3	19.32**	3	0.0005**	3	5,700.6**	3	363.09**	3	409.91**	3	172.22**
Resíduo	5	0.18	6	0.00001	6	135.92	6	16.67	6	16.44	6	6.81
CV (%)	2.35		0.30		5.68		9.59		13.16		2.35	
	Médias											
Agata	14.68 c <sup>1/</sup>		1.06 c		175.45 b		40.90 b		25.14 b		105.00 b	
Asterix	17.62 b		1.07 b		193.08 b		35.44 b		23.46 b		107.30 b	
BRSIPR Bel	20.21 a		1.08 a		183.03 b		35.33 b		26.36 b		109.70 b	
F183-08-01	20.34 a		1.09 a		269.83 a		58.60 a		48.24 a		122.00 a	
Média geral	18.21		1.07		205.35		42.56		30.80		111.00	

<sup>1/</sup> Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%). ns não significativo; \*\* significativo (1%) pelo teste F.

Além do alto rendimento, resistência a estresses bióticos e abióticos, tubérculos de tamanho regular, boa aparência e forma, os tubérculos devem apresentar alto teor de matéria seca para se adequarem ao processamento industrial. A ausência de distúrbios fisiológicos, baixos teores de açúcares redutores e altos teores de amido são alguns dos atributos internos dos tubérculos responsáveis pela variação do teor de matéria seca (MELITO et al., 2017). A determinação direta do teor de matéria seca em tubérculos é um processo demorado (ESTEFAN et al., 2013) que limita o rendimento do processamento. O peso específico dos tubérculos é comumente usado pela indústria de processamento de batata para inferir o teor de matéria seca dos tubérculos. Nesta pesquisa, foi possível validar o peso específico como método de determinação indireta do teor de matéria seca dos tubérculos, visto que essas duas características apresentaram forte correlação direta ( $r = 0,93$ ) (Tabela 3). Kumar et al. (2005), realizando várias avaliações de peso específico e teor de matéria seca nos tubérculos, definiram uma tabela com valores de referência associando peso específico e teor de matéria seca em tubérculos e



constataram que tubérculos com peso específico acima de 1,080 apresentam teores de matéria seca adequados ao processamento industrial.

O peso específico de tubérculos acima de 1,080 foi observado nas cultivares BRSIPR Bel e F183-08-01 (Tabela 4). De acordo com este parâmetro, BRSIPR Bel e F183-08-01 são adequados para o processamento industrial de batata. A determinação dos teores de amido e açúcares redutores dessas cultivares é necessária para confirmar a sua aptidão para este fim (FERNANDES et al., 2010a). Embora a cultivar Asterix seja amplamente utilizada para processamento industrial (ABBA, 2010), seus tubérculos não atingiram o peso específico de 1,080 neste estudo (Tabela 4). Por outro lado, a aptidão da Agata para consumo foi confirmada por valores de peso específico abaixo de 1,080.

O teor de matéria seca dos tubérculos aos 112 DAP diferiu entre as cultivares da mesma forma que o peso específico diferiu (Tabela 4), o que é de acordo com a correlação observada entre esses dois parâmetros ( $r = 0,93$ ) (Tabela 3). Os valores de peso específico obtidos aos 122 DAP convertidos para o teor de matéria seca, conforme proposto por Kumar et al. (2005), correspondeu a 13,63% para Agata, 16,57% para Asterix, 19,90% para BRSIPR Bel e 20,47% para F183-08-01. Fernandes et al. (2010a) observaram valores semelhantes de teor de matéria seca para as cultivares Asterix (16,70%) e Agata (14,10%).

#### **4. CONCLUSÕES**

Nas condições de Cerrado, a cultivar F183-08-01 apresentou maior potencial produtivo do que as demais variedades comerciais avaliadas em razão de maior eficiência no aproveitamento da radiação solar.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

#### **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA (ABBA). Brasil: atuais variedades. **Batata Show**, v. 10, n. 28, p. 1-68, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA (ABBA). Quem define as variedades de batata no Brasil? **Batata Show**, v. 19, n. 55, p. 1-33, 2019.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003.

BLAUER, J. M.; KNOWLES, L. O.; KNOWLES, N. R. Manipulating stem number, tuber set and size distribution in specialty potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, v. 90, n. 5, p. 470-496, 2013.

BORTOLETTO, A. C.; SILVA, G. O. Validação de clones avançados de batata da Embrapa na indústria. **Batata Show**, v. 16, n. 46, p. 52-55, 2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas**. Brasília, DF: INMET, 2019.

BRÉDA, N. J. J. Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 392, p. 2403-2417, 2003.

CANTORE, V.; WASSAR, F.; YAMAÇ, S. S.; SELLAMI, M. H.; ALBRIZIO, R.; STELLACCI, A. M.; TODOROVIC, M. Yield and water use efficiency of early potato grown under different irrigation regimes. **International Journal of Plant Production**, v. 8, n. 3, p. 409-428, 2014.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **Anuário 2019-2020**. Piracicaba: Cepea, 2020.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP). **Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa**. Perú: CIP, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema de produção da batata**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

ESTEFAN, G.; SOMMER, R.; RYAN, J. **Methods of soil, plant, and water analysis: a manual for the west Asia and north Africa region**. 3. ed. Beirut: Icarda, 2013.

FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, v. 33, n. 1, p. 106-113, 2005.

- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2010a.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I. Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2039-2056, 2011.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 826-835, 2010b.
- FITZPATRICK, T. J.; PORTER, W. L.; HOUGHLAND, G. V. C. Continued studies of the relationship of specific gravity to total solids of potatoes. **American Potato Journal**, v. 46, n. 4, p. 120-127, 1969.
- KUMAR, D.; EZEKIEL, R.; SINGH, B.; AHMED, I. Conversion table for specific gravity, dry matter and starch content from under water weight of potatoes grown in north-Indian plains. **Potato Journal**, v. 32, n. 1-2, p. 79-84, 2005.
- MELITO, S.; GARRAMONE, R.; VILLANO, C.; CARPUTO, D. Chipping ability, specific gravity and resistance to *Pectobacterium carotovorum* in advanced potato selections. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 45, n. 2, p. 81-90, 2017.
- PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.
- PEREIRA, A. S.; NAZARENO, N. R. X.; SILVA, G. O.; BERTONCINI, O.; CASTRO, C. M.; HIRANO, E.; BORTOLETTO, A. C.; TREPTOW, R. O.; DUTRA, L. F.; LIMA, M. F.; GOMES, C. B.; KROLOW, A. C. R.; MEDEIROS, C. A. B.; CASTRO, L. A. S.; SUINAGA, F. A.; LOPES, C. A.; MELO, P. E. BRSIPR Bel: cultivar de batata para chips com tubérculos de boa aparência. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 135-139, 2015.
- PEREIRA, A. S.; SILVA, G. O.; CASTRO, C. M.; CARVALHO, A. D. F.; AZEVEDO, F. Q.; HIRANO, H.; BRITTO, G. G.; BORTOLETTO, A.; REISSER JUNIOR, C.; RAGASSI, C. F.; LOPES, C. A.; DUTRA, L. F.; CORADIN, J. H.;

- PINHEIRO, N. L.; GOMES, C. B.; PINHEIRO, J. B.; LOURENÇO JUNIOR, V.; LIMA, M. F.; MALDONADE, I. R.; EMYGDIO, B. M.; JORGE, R. O.; MELO, P. E. 'BRS F183' (Potira), uma nova cultivar de batata para processamento e mercado fresco. **Batata Show**, v. 20, n. 57, p. 16-17, 2020.
- PINTO, C.; TEIXEIRA, A.; NEDER, D. Potencial de clones elite de batata como novas cultivares para Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 399-405, 2010.
- POHL, S.; LOPES, N. F.; JACIRA, E.; BRAGA, B.; PEREIRA, C.; SÉRGIO, F. Características de crescimento de plantas de batata, cv. Baronesa, e seu genótipo transformado geneticamente para resistência ao PVY. **Revista Ceres**, v. 56, n. 6, p. 736-743, 2009.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Brazilian soil classification system**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018.
- SILVA, G. O.; PEREIRA, A. S.; AZEVEDO, F. Q.; CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J. B. Selection of potato clones for tuber yield, vine maturity, and frying quality. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 2, p. 276-281, 2018.
- SILVA, G. O.; PEREIRA, A. S.; BAIL, F. E.; PONIJALEKI, R.; CARVALHO, A. D. F. Resposta de cultivares de batata a níveis crescentes de NPK. **Revista Ceres**, v. 64, n. 5, p. 492-499, 2017.
- SILVA, T. A.; PEREIRA, A. S. Melhoramento genético de batata para processamento na forma de palitos pré-fritos. **Batata Show**, v. 19, n. 55, p. 36-39, 2019.
- TEIXEIRA, A. L.; SILVA, C. A.; PEIXOTO, L. S.; LEPRE, A. L. Eficiência na emergência e produtividade dos diferentes tipos de batata-semente. **Scientia Agraria**, v. 11, n. 3, p. 215-220, 2010.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2. ed. Washington, DC: USDA; 1999.

## **CAPÍTULO II**

---

### **CURVAS DE ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM CULTIVARES DE BATATA NO CERRADO BRASILEIRO**

(Macronutrient accumulation curves in potato genotypes in the Brazilian Savanna)

Artigo publicado na revista *Revista Agropecuária Tropical*, Goiânia, volume 50,  
e64416, p. 1<sup>-1</sup>, nov., 2020. e-ISSN (Online): 1983-4063. B1 CAPES Qualis

## **CURVAS DE ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES EM CULTIVARES DE BATATA NO CERRADO BRASILEIRO**

### **RESUMO**

O conhecimento das demandas nutricionais dos diferentes cultivares de batata é necessário para o desenvolvimento de recomendações de fertilização. Objetivou-se determinar e comparar as curvas de acúmulo de macronutrientes nas cultivares de batata Agata, Asterix, BRSIPR Bel e F183-08-01, visando subsidiar o parcelamento de adubação que atenda as demandas específicas de cada genótipo. O delineamento foi em blocos casualizados, com os tratamentos (cultivares  $\times$  estágios de planta) dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As cultivares foram plantadas em parcelas contendo 75 plantas cada. As subparcelas dentro de uma parcela continham quatro plantas cada e corresponderam ao número de dias após o plantio, quando amostras destrutivas de plantas inteiras foram coletadas. As plantas das subparcelas foram colhidas aos 24, 38, 52, 66 e 80 dias após o plantio, para estimar a massa seca acumulada por diferentes partes da planta (parte aérea + raízes, tubérculos e plantas inteiras) e para determinar as curvas de acúmulo de macronutrientes. F183-08-01 apresentou o maior acúmulo total de N, Ca, Mg e S (141,37; 29,21; 25,16; e 22,36 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). As maiores taxas de acúmulo de macronutrientes para todas as cultivares de batata ocorreram aos 24 dias após o plantio, coincidindo com o início da formação dos tubérculos.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, absorção de nutrientes, adubação parcelada.

## MACRONUTRIENT ACCUMULATION CURVES IN POTATO GENOTYPES IN THE BRAZILIAN SAVANNA

### ABSTRACT

Knowledge on the nutritional demands of different potato genotypes is necessary for the development of fertilizing recommendations. This study aimed to determine and compare the macronutrient accumulation curves in the Agata, Asterix, BRSIPR Bel and F183-08-01 potato genotypes, in order to subsidize the split fertilization that could meet the specific demands of each genotype. A randomized block design was used, with the treatments (genotypes  $\times$  plant stages) arranged in a split-plot scheme, with three replications. The genotypes were grown in plots containing 75 plants each. The subplots within a plot contained four plants each and corresponded to the number of days after planting, when destructive samples of whole plants were collected. The plants from the subplots were harvested at 24, 38, 52, 66 and 80 days after planting, to estimate the dry mass accumulated by different parts of the plant (shoots + roots, tubers and whole plants), as well as to determine the macronutrient accumulation curves. F183-08-01 presented the highest total accumulation of N, Ca, Mg and S (141.37, 29.21, 25.16 and 22.36 kg ha<sup>-1</sup>, respectively). The highest rates of macronutrient accumulation for all the potato genotypes occurred at 24 days after planting, coinciding with the beginning of the tubers formation.

Keywords: *Solanum tuberosum*, nutrient uptake, split fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das hortaliças mais consumidas no mundo e considerada uma cultura essencial para garantir a segurança alimentar de uma população mundial cada vez maior. Porém, em termos de rentabilidade, a produção de batata no Brasil está bastante prejudicada pelos elevados custos de produção que pode chegar a até US \$ 600 t<sup>-1</sup>. Os fertilizantes são um dos insumos mais caros para a produção de batata, respondendo por aproximadamente 20% do custo total de produção, no Brasil (CEPEA, 2019).

O rendimento médio da batata brasileira é de aproximadamente 30 t ha<sup>-1</sup> (IGBE, 2020). Cerca de 76-86% de sua composição é composta por água, sendo o restante massa seca, dependendo do genótipo. Aproximadamente 90% da massa seca da planta resulta da atividade fotossintética e 10% da absorção e acumulação de nutrientes (FERNANDES et al. 2010b). Como a maioria dos vegetais, a batata exige uma grande quantidade de macronutrientes. Em condições tropicais, Silva et al. (2017) mostraram que quanto maiores as doses de NPK, maiores são a resposta e o rendimento da cultura da batata, até certos limites. Os produtores de batata, no Brasil, frequentemente superfertilizam seus solos (já que não costumam testá-los antes do plantio) com doses de macronutrientes comumente superiores a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, 500 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 190 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (FERNANDES et al. 2011). O uso excessivo de fertilizantes aumenta os custos de produção e promove um desequilíbrio nutricional da planta, além de contaminar o meio ambiente circundante (SILVA et al. 2017).

As recomendações de fertilização disponíveis para a cultura da batata, no Brasil, são aplicáveis às cultivares de batata mais importantes (antigos e atuais) (Agata, Achat, Monalisa, Bintje e Macaca) plantados nas regiões tradicionais de produção de batata (sudeste e sul do Brasil) (RIBEIRO et al. 1999). No entanto, pesquisas anteriores já mostraram que as demandas nutricionais da batata diferem entre as cultivares e as condições de cultivo (FERNANDES et al. 2010a, FERNANDES et al. 2011). Cultivares como Mondial e Asterix extraem em média 116 kg ha<sup>-1</sup> de N, 18 kg ha<sup>-1</sup> de P, 243 kg ha<sup>-1</sup> de K, 50 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 13 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 8 kg ha<sup>-1</sup> de S, enquanto a Agata extrai 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, 14 kg ha<sup>-1</sup> de P, 166 kg ha<sup>-1</sup> de K, 34 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 8 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 7 kg ha<sup>-1</sup> de S, e sua suplementação é recomendada mesmo para cultivo em solos altamente férteis (FERNANDES et al. 2011). Isso enfatiza a necessidade de manejo da fertilização



especificamente para cada cultivar e região produtora. Portanto, o conhecimento das demandas nutricionais de cultivares novas e tradicionais cultivados em regiões não tradicionais é necessário para o desenvolvimento de recomendações de fertilização para cada condição especificamente.

A curva de progresso do acúmulo de macronutrientes indica períodos de alta demanda por determinados nutrientes, durante os quais sua suplementação deve ser realizada por meio de fertilização. A fertilização dividida é a aplicação de uma quantidade total de nutrientes subdividida em diferentes aplicações durante o desenvolvimento da cultura. Aumenta a eficiência de uso de fertilizantes, pois evita lixiviação e volatilização de doses excessivas aplicadas de forma desigual, em relação à demanda da cultura (RENS et al. 2016, AHMED et al. 2017, SILVA et al. 2018). Portanto, o estabelecimento da curva de progresso do acúmulo de nutrientes para cada genótipo ao longo do ciclo da cultura pode auxiliar na definição de estratégias de divisão da aplicação da fertilização para atender às demandas da cultura (FERNANDES et al. 2011).

Assim, este estudo teve como objetivo determinar e comparar as curvas de acumulação de macronutrientes para as cultivares Agata, Asterix, BRSIPR Bel e F183-08-01, nas condições edafoclimáticas do Distrito Federal, Brasil, visando subsidiar a fertilização parcelada que poderia atender às demandas de nutrientes específicos de cada genótipo de batata.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em um campo experimental (15°55'44 "S, 48°08'35" W e 1.000 m acima do nível do mar), em Brasília, Distrito Federal, Brasil. O clima neste local é classificado como Aw (tropical úmido com inverno seco), segundo a classificação Köppen. Em média, as temperaturas variaram de 16,2 a 27,6 °C e a precipitação foi de 53 mm durante o período experimental (BRASIL, 2019). O solo é classificado como Hapludox típico de textura argilosa (USDA, 1999). Amostras de solo foram coletadas na camada de 0-0,20 m de profundidade para determinação das propriedades químicas do solo (Tabela 1). A calagem foi realizada 30 dias antes do plantio, com 1,22 t ha<sup>-1</sup> de calcário, para aumentar a saturação por bases para 60%. A fertilização foi realizada com 120 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado como uréia, 420 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como superfosfato simples, 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O como cloreto de potássio e 15 kg ha<sup>-1</sup> de Zn como sulfato de zinco,

no sulco de plantio, seguindo recomendações para o Centro-Oeste brasileiro (EMBRAPA, 2016).

Tabela 1. Propriedades químicas do solo (camada de 0-0,20 m de profundidade) antes da instalação do experimento.

pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	CTC	V	MO
H <sub>2</sub> O	----mg dm <sup>-3</sup> ----		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					--%--	g dm <sup>-3</sup>
5,2	1,0	46,2	4,6	0,7	0,0	6,2	11,7	47	33,7

P-K: Extrator Mehlich<sup>-1</sup>

O plantio foi realizado manualmente em sulcos no dia 15 de maio de 2018, utilizando tubérculos-semente padronizados de acordo com peso (70 g) e comprimento de brotação (0,5 -1,0 cm), e espaçados 0,35 m entre plantas e 0,80 m entre linhas (35.714 plantas ha<sup>-1</sup>) Uma aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia, como cobertura, foi realizada integralmente no amontoamento (22 dias após o plantio - DAP).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com os tratamentos (cultivares × estágios de cultivo) dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas, incluindo as bordaduras, continham 75 plantas cada, para as cultivares de batata Agata, Asterix, BRSIPR Bel e F183-08-01. As subparcelas dentro de uma parcela continham quatro plantas cada e correspondiam aos estágios da cultura da batata (24, 38, 52, 66 e 80 DAP) a partir dos quais as amostras destrutivas de plantas inteiras foram coletadas (ESTEFAN et al. 2013). Os estágios de colheita da batata amostrados foram escolhidos a cada duas semanas, desde o tempo de amontoamento até 80 DAP, quando as folhas da batata iniciaram seu processo de senescência.

A irrigação por aspersão foi usada para manter o solo na capacidade de campo. O manejo de ervas daninhas, pragas e doenças foi realizado quando necessário. Metribuzim (0,75 L ha<sup>-1</sup>) foi usado para controle de ervas daninhas, clorfenapir (0,25 L ha<sup>-1</sup>) e lambda-cialotrina (0,18 L ha<sup>-1</sup>) para controle de *Diabrotica speciosa* e *Lyriomiza* spp., Imidaclopride (0,90 L ha<sup>-1</sup>) e tiametoxam (0,18 kg ha<sup>-1</sup>) para controle de *Mysus persicae* D. *speciosa* e clorotalonil (0,90 L ha<sup>-1</sup>) para controle de *Phytophthora infestans* e *Alternaria solani*. A senescência das plantas foi monitorada semanalmente, começando aos 84 DAP, e o ciclo de produção foi considerado encerrado quando 80% das plantas em cada parcela senesceram.

Quatro plantas de cada subparcela foram colhidas aos 24, 38, 52, 66 e 80 DAP, para estimar a massa seca acumulada pelos diferentes órgãos da planta e posterior elaboração da curva de acumulação de macronutrientes. As plantas foram lavadas e separadas em caules + raízes, folhas e tubérculos. As massas frescas e secas foram determinadas usando uma balança analítica (ESTEFAN et al. 2013). Órgãos de plantas secos em forno foram moídos em um moinho Wiley até um tamanho de 1 mm (18 mesh), para posterior solubilização de ácido por microondas assistida (Marxpress, CEM Corporation) (HNO<sub>3</sub>: HCl; 4: 1 v / v) e determinação de Conteúdo de P, K, Ca, Mg e S por espectroscopia de emissão óptica de plasma acoplado indutivamente (ICP / OES, Shimadzu ICPE9000, Japão). O teor de N foi medido por digestão úmida pelo método Kjeldahl (SINGH et al. 2020). As quantidades de macronutrientes acumulados (kg ha<sup>-1</sup>) foram estimadas a partir do teor de macronutrientes (g kg<sup>-1</sup>) obtido em cada amostra multiplicado por sua massa seca (kg planta<sup>-1</sup>) e densidade populacional de plantas (plantas ha<sup>-1</sup>) e dividido por 1.000.

A homogeneidade dos dados foi analisada pelo teste de Levene e a normalidade dos resíduos pelo teste de Jarque-Bera. A análise de variância foi realizada pelo teste F (5%). Os dados obtidos ao longo do ciclo da cultura (plantas coletadas na mesma parcela principal em diferentes estágios) foram submetidos ao teste de esfericidade do modelo para verificar o efeito da não randomização das amostras. Análises de regressão com modelos linear, quadrático, raiz quadrada, logarítmico e mitscherlich foram realizadas com essas amostras, sendo escolhido o modelo com o maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R (R Core Team 2014).

As taxas diárias de acúmulo de macronutrientes pelas plantas foram obtidas pela primeira derivada da equação de regressão ajustada feita com o acúmulo de macronutrientes pelas plantas (FERNANDES et al. 2011).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Diferenças no padrão de acúmulo de nutrientes em toda a planta foram observadas entre as cultivares. O mesmo padrão não foi observado ao comparar o acúmulo de nutrientes pelos tubérculos.

A maior taxa de acúmulo de macronutrientes nas plantas ocorreu no início da fase de formação do tubérculo, aos 31 DAP, de acordo com Fernandes et al. (2011), que observaram que a maior demanda de macronutrientes na batata coincide com o início da fase de formação do tubérculo. Com base nessas informações, a fertilização em cobertura para a cultura da batata pode ser planejada para liberar nutrientes no mesmo ritmo que a absorção de nutrientes após o início do estágio de formação do tubérculo. O acúmulo de macronutrientes por toda a planta ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) seguiu em ordem decrescente:  $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} = \text{S} > \text{P}$  (Figuras 1C, 2C, 3C, 4C, 5C e 6C), semelhante à ordem de acúmulo observado por Fernandes et al. (2011).

A curva de acúmulo de N broto + raízes seguiu um padrão semelhante para todas as cultivares, mas diferenças significativas foram observadas para os valores no pico de acúmulo de N, que ocorreu entre 52 e 66 DAP (Figura 1A). A cultivar F183-08-01 acumulou mais N na parte aérea + raízes do que BRSIPR Bel e Asterix aos 52 DAP, e mais N do que todas as outras cultivares aos 66 DAP.

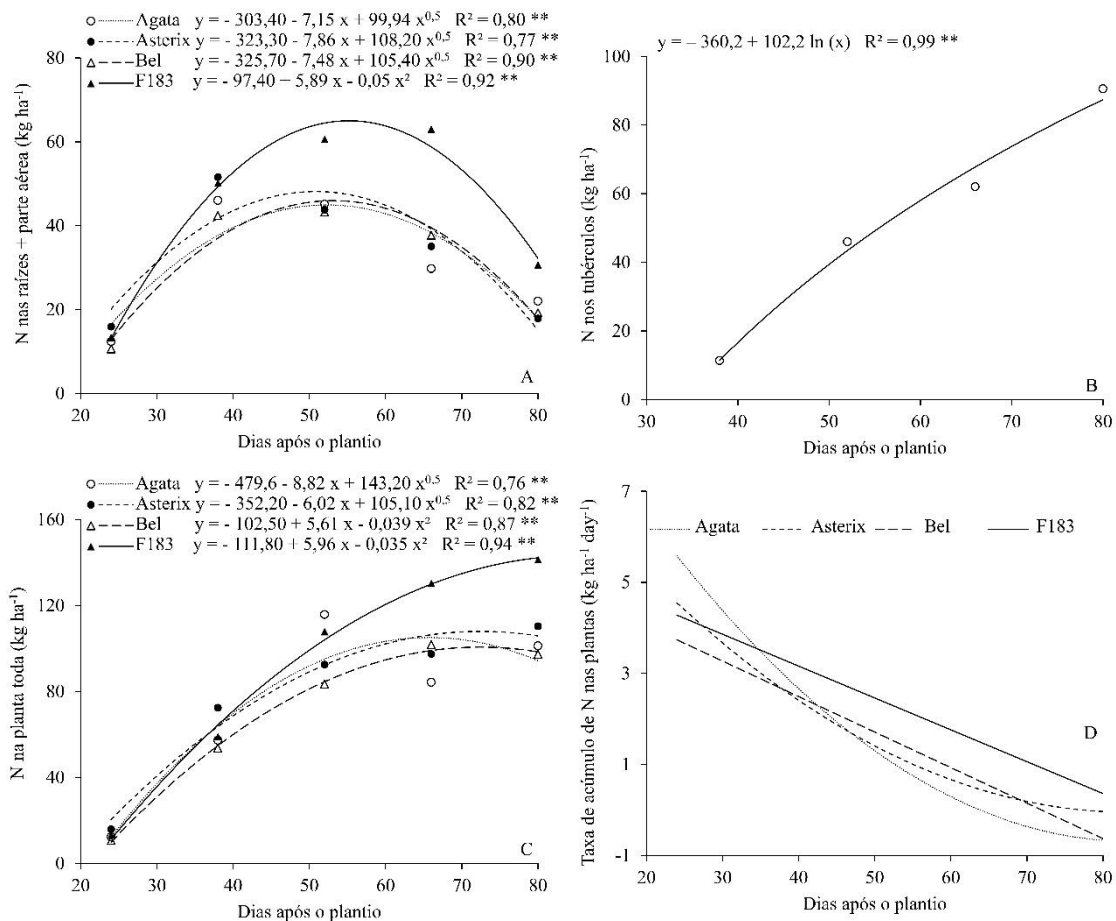


Figura 1. Acúmulo de nitrogênio (N) pelas hastes + raízes (A), tubérculos (B) e plantas inteiras (C), e taxa de acúmulo de N de plantas (D) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção.

As quantidades totais de N acumuladas pelas plantas de Agata e F183-08-01 foram 101 e 142 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1C). Agata, Asterix e BRSIPR Bel acumularam, em média, 102,94 kg ha<sup>-1</sup>, semelhante aos valores médios observados por Fernandes et al. (2011 e 2017) e Soratto & Fernandes (2016). Entre todas as cultivares, o F183-08-01 acumulou uma quantidade consideravelmente maior de N, o que demonstra que há diferenças consideráveis na absorção e acúmulo de nutrientes entre genótipos de batata. Alva et al. (2011) relataram um acúmulo de N de mais de 300 kg ha<sup>-1</sup> para a batata.

Agata, Asterix e BRSIPR Bel extraíram um pouco menos de N do que a quantidade de N aplicada (120 kg ha<sup>-1</sup>), enquanto F183-08-01 acumulou um adicional de 22 kg ha<sup>-1</sup> de N. Isso pode ser atribuído à melhor eficiência de aquisição de N de F183-08-01; no entanto, avaliações adicionais são necessárias para explicar esse comportamento.

De acordo com Alva et al. (2011), 40-50% do N total é absorvido pelas plantas durante os primeiros 40 DAP, de forma semelhante ao observado no presente estudo, em que o N acumulado até os 40 DAP variou 41,70-65,62% do N total absorvido (Figura 1C). Por outro lado, Fernandes et al. (2011) relataram que apenas 26% do N total foi absorvido pelas plantas até 40 DAP. Essas diferenças refletem o uso de diferentes cultivares com diferentes ciclos produtivos e locais de avaliação, reforçando a necessidade de avaliar as demandas nutricionais de cada genótipo sob diferentes condições de produção.

A fase de formação do tubérculo, bem como o acúmulo de N nos tubérculos, teve início aos 38 DAP (Figura 1). Ao mesmo tempo, a taxa de acúmulo de N na parte aérea + raízes diminuiu até atingir o ponto máximo de acúmulo aos 52 DAP, seguido por uma redução no N acumulado de 52 DAP até o final do ciclo de produção. Isso ocorreu devido à translocação de N das folhas para os tubérculos, além da senescência das folhas observada após esse período, conforme descrito por Alva et al. (2002) e Fernandes et al. (2011).

As plantas são incapazes de absorver grandes quantidades de N durante os estágios iniciais (ou seja, durante o DAP inicial), o que torna esse nutriente suscetível a perdas naturais que podem chegar a 49% (WEBER; MIELNICZUK, 2009). De acordo com Alva et al. (2011), a aplicação do N parcelado em pequenas partes aplicadas via água de irrigação promove uma maior disponibilidade de N para as plantas e aumenta a eficiência de absorção desse nutriente. Dessa forma, conhecer a quantidade total de N absorvida, bem como seu padrão de absorção, pelos diferentes cultivares, permite melhorias no manejo nutricional da cultura da batata.

Diante dos resultados aqui obtidos, foi possível observar que as quantidades de N e P absorvido pelas cultivares de batata estudadas (Figuras 1C e 2C) não foram diferentes até 38 DAP. A diferenciação entre as cultivares foi observada após 52 DAP.

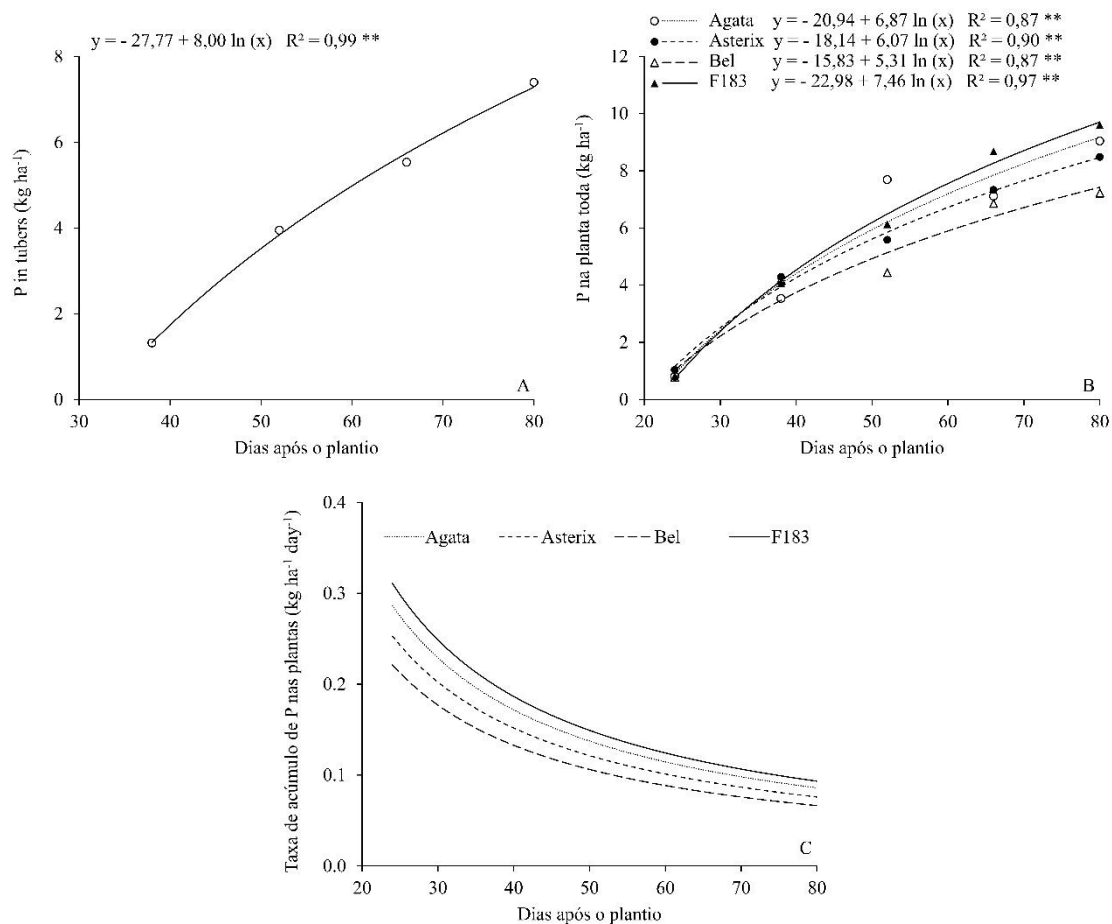


Figura 2. Acúmulo de fósforo (P) pelos tubérculos (A) e plantas inteiras (B) e taxa de acúmulo de P pelas plantas (C) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção.

As quantidades totais de N absorvidas pelas plantas de Agata e Asterix foram de 100,1 e 106,6 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Em um estudo de Fernandes et al. (2011), a absorção de N por essas duas cultivares foi de 90 e 117 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A diferença entre essas observações pode ser atribuída às diferentes condições edafoclimáticas sob as quais os ensaios foram realizados (SANCHO, 1999), principalmente às diferentes características de fotoperíodo e temperaturas que influenciam a duração do ciclo de produção.

As quantidades máximas de P acumuladas nas plantas variaram de 7,14 a 9,70 kg ha<sup>-1</sup> para BRSIPR Bel e F183-08-01, respectivamente, a 80 DAP (Figura 2B). As quantidades máximas de P extraídas pelas plantas de Agata e Asterix foram 9,17 e 8,47 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Soratto & Fernandes (2016) e Fernandes et al. (2011)

observaram uma absorção de P de 13 e 14 kg ha<sup>-1</sup> em plantas de Agata, respectivamente, e 18 kg ha<sup>-1</sup> em plantas de Asterix.

A quantidade de P acumulada por toda a planta (Figura 2B) foi semelhante entre as cultivares ao longo do ciclo de produção, exceto em 52 DAP e 80 DAP. Agata apresentou o maior acúmulo de P (valor observado) entre as quatro cultivares aos 52 DAP, e a cultivar F183-08-01 acumulou mais P do que BRSIPR Bel aos 80 DAP.

O padrão de acúmulo de K foi o mesmo para todas as cultivares avaliados ( $p < 0,01$ ), para a parte aérea + raízes, tubérculos e plantas inteiras (Figuras 3A, 3B e 3C). O mesmo padrão foi observado para a taxa diária de acúmulo de K de todas as cultivares (Figura 3D).

A quantidade de K acumulada pelas plantas, independente do genótipo estudado, atingiu no máximo 182,8 kg ha<sup>-1</sup> no presente estudo, correspondendo a 91,76% do K aplicado via fertilização (199,22 kg ha<sup>-1</sup>) (Figura 3).



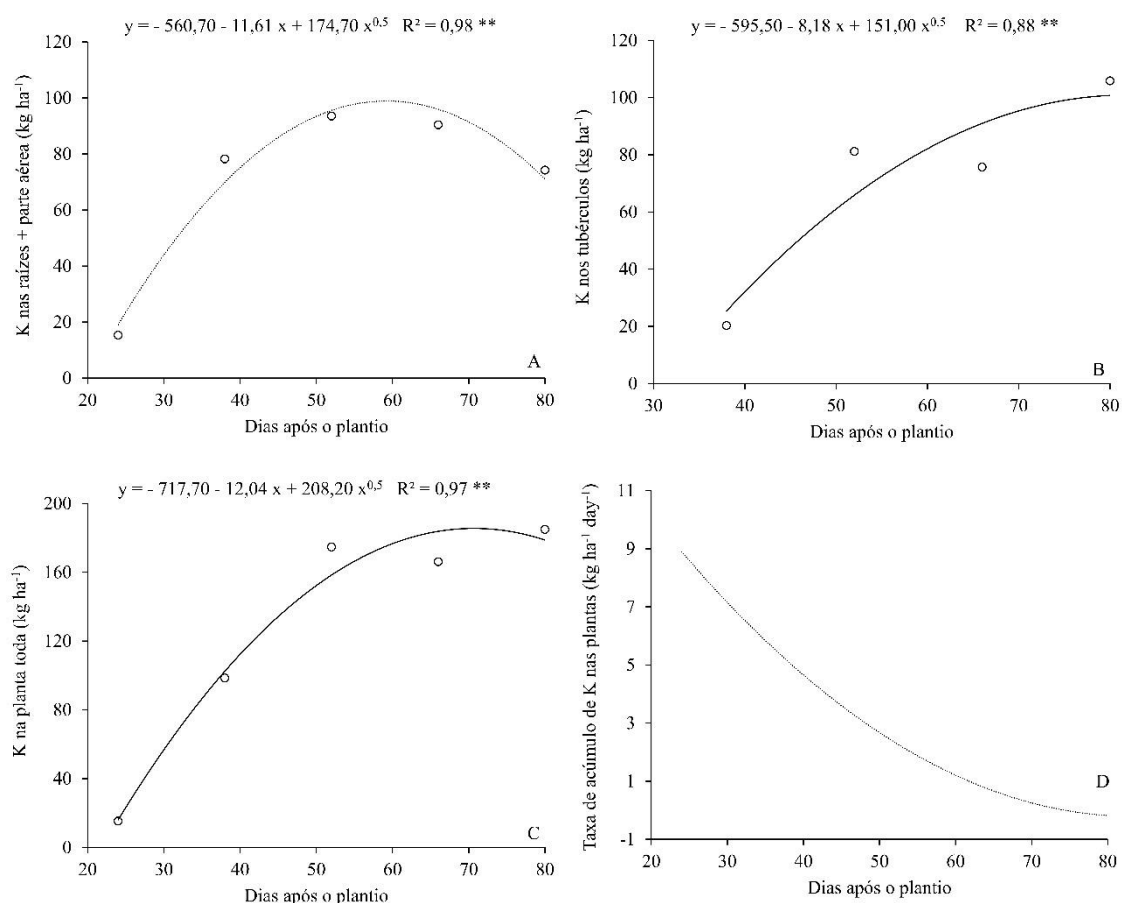


Figura 3. Acumulação de potássio (K) pelas hastes + raízes (A), tubérculos (B) e plantas inteiras (C) e taxa de acúmulo de K das plantas (D) de três cultivares de batata e um clone de elite ao longo do ciclo de produção.

Embora a quantidade de K acumulada pelas plantas não tenha variado entre as cultivares avaliadas, Soratto e Fernandes (2016) também não observaram diferenças na quantidade de K absorvida pelas cultivares Agata e Mondial ( $154,51 \text{ kg ha}^{-1}$ ) sob os mesmos tratamentos de fertilização. No entanto, essa variação pode existir, principalmente quando são utilizadas cultivares com diferentes durações de ciclo (Sancho 1999), conforme observado por Fernandes et al. (2017), que encontraram valores de acúmulo de K na faixa de 85 a  $253 \text{ kg ha}^{-1}$ , e Fernandes et al. (2011), que observaram variações de 166 a  $256 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente para as plantas Agata e Mondial.

Além disso, a disponibilidade de P no solo interfere na absorção de K pelas plantas, conforme observado no estudo realizado por Fernandes et al. (2017), no qual foi observado um acúmulo de K em plantas variando de 97 a  $253 \text{ kg ha}^{-1}$  no mesmo genótipo de batata submetido a baixa e alta disponibilidade de P, respectivamente. Isso explica as

possíveis diferenças no acúmulo de K em plantas do mesmo genótipo, quando avaliadas em diferentes condições de cultivo, como o Asterix, que acumulou 182,8 kg ha<sup>-1</sup> de K no presente estudo e aproximadamente 230 kg ha<sup>-1</sup> de K quando cultivado na cidade de Itaí, estado de São Paulo, Brasil (FERNANDES et al. 2011), em condições de alta disponibilidade de P (71 mg dm<sup>-3</sup>). Isso se deve à relação direta entre a disponibilidade de P e o crescimento da raiz. Condições de alta disponibilidade de P proporcionam maior crescimento radicular e, conseqüentemente, maior absorção de água e nutrientes (SANDAÑA, 2016).

O padrão de acúmulo de Ca na parte aérea + raízes foi semelhante entre as cultivares (Figura 4A), e diferenças significativas foram observadas ao final do ciclo de produção (entre 66 e 80 DAP). F183-08-01 e BRSIPR Bel acumularam mais Ca do que Agata aos 66 DAP (valores observados); e F183-08-01 acumulou mais Ca do que BRSIPR Bel e Asterix em 80 DAP (Figura 4A). A quantidade de Ca acumulada por plantas inteiras (Figura 4C) foi a mesma entre as cultivares de 24 a 52 DAP. F183-08-01 acumulou mais Ca do que Agata aos 66 DAP e teve o maior acúmulo de Ca de todas as cultivares aos 80 DAP.

As quantidades de Ca acumuladas nas plantas variaram de 21,54 a 29,59 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para Agata e F183 -08-01. Fernandes et al. (2017) encontraram uma variação maior nos valores de acúmulo de Ca, sendo 12 e 30 kg ha<sup>-1</sup> para Atlantic e Mondial, respectivamente. Os autores verificaram que, em condições ideais de cultivo, Agata e Asterix acumularam 22 e 25 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, respectivamente, estando muito próximos aos valores encontrados no presente estudo (22,76 kg ha<sup>-1</sup> de Ca para Asterix). Segundo Soratto e Fernandes (2016), Agata acumulou 20,06 kg ha<sup>-1</sup> de Ca.

Em plantas inteiras, a maior parte do Ca foi acumulada na parte aérea (85-97% do Ca total acumulado) (Figura 4). Fernandes et al. (2011) observaram que grande parte do Ca absorvido pelas plantas se acumula na parte aérea e não é mais translocado para os tubérculos. O Ca acumulado nos tubérculos é absorvido pelas raízes do estolão, reforçando a importância da calagem para aumentar a disponibilidade de Ca para as plantas (FERNANDES et al. 2011). Fernandes et al. (2011) observaram que as quantidades de Ca acumuladas nas plantas da Atlantic e Mondial foram 33 e 51 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto as acumuladas nas folhas representaram 68% e 74% do Ca total extraído, respectivamente.

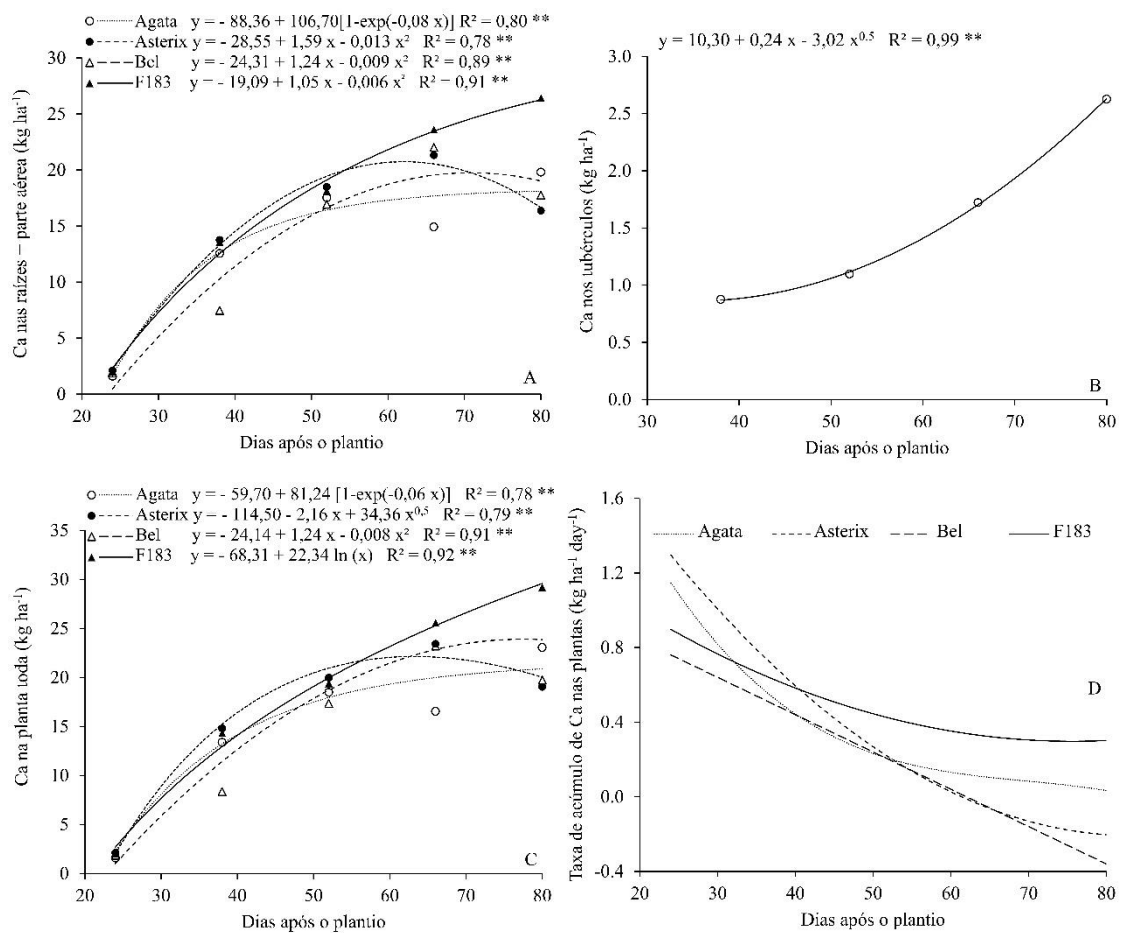


Figura 4. Cálcio (Ca) acumulado pelas hastas + raízes (A), tubérculos (B) e plantas inteiras (C) e taxa de acúmulo de Ca em plantas (D) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção.

A quantidade de S acumulado pela parte aérea + raízes foi diferente entre as cultivares aos 66 DAP, quando F183-08-01 apresentou o maior acúmulo de S, seguido por BRSIPR Bel, que acumulou mais S que Agata (Figura 5A). A quantidade de S acumulada por toda a planta (Figura 5C) foi semelhante entre as cultivares de 24 a 66 DAP. F183-08-01 acumulou mais S do que todas as outras cultivares aos 80 DAP.

As quantidades de S acumuladas nas plantas BRSIPR Bel e F183-08-01 foram 16,78 e 23,19 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e as quantidades extraídas pelas plantas Agata e Asterix também foram bastante semelhantes, sendo 19,65 e 19,69 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. (Figura 5C). Esses valores são consideravelmente superiores aos observados por Fernandes et al. (2017) e Soratto & Fernandes (2016), nos quais as plantas de Agata acumularam 7 kg ha<sup>-1</sup> de S. Segundo Marschner (2012), S é um elemento altamente móvel, que pode ser facilmente translocado da parte aérea para os tubérculos.

Isso explica os resultados observados neste experimento, em que a quantidade total de S acumulada nos tubérculos foi a mesma em todos as quatro cultivares avaliados e representou uma média de 76,89% do S total acumulado nas plantas (Figura 5B).

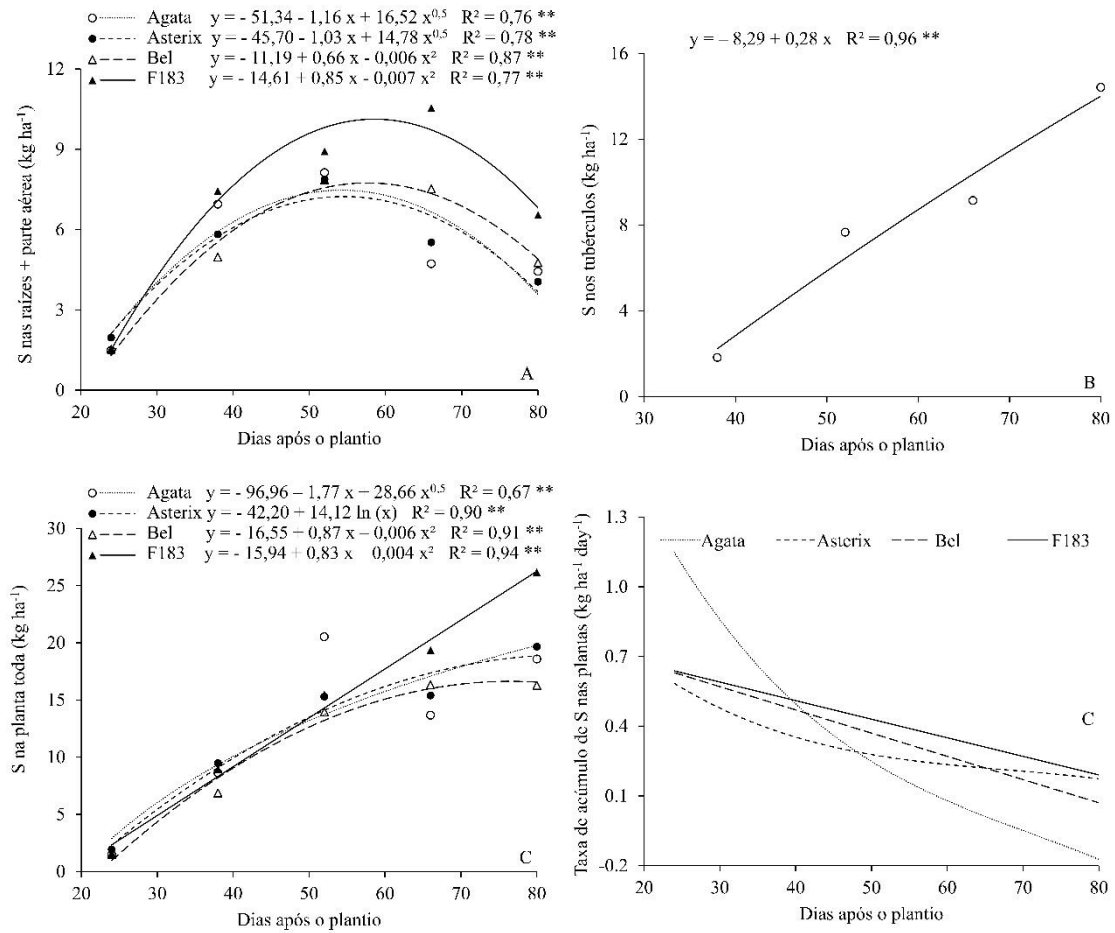


Figura 5. Acúmulo de enxofre (S) pelas hastes + raízes (A), tubérculos (B) e plantas inteiras (C) e taxa de acúmulo de S nas plantas (D) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção.

A quantidade de Mg acumulada pelos tubérculos foi semelhante entre as cultivares de 38 a 66 DAP, apresentando diferenças entre todas as cultivares apenas aos 80 DAP, quando F183-08-01 apresentou o maior acúmulo (Figura 6A). A quantidade de Mg acumulado por plantas inteiras (Figura 6B) foi semelhante entre as cultivares apenas aos 24 DAP. F183-08-01 acumulou mais Mg do que BRSIPR Bel aos 38 DAP (valores observados). F183-08-01 e Agata acumularam mais Mg do que Asterix e BRSIPR Bel aos 52 DAP (valores observados). De 66 a 80 DAP, F183-08-01 acumulou mais Mg do que todas as outras cultivares, e Asterix acumulou mais Mg que Agata e BRSIPR Bel.

As quantidades de Mg acumuladas nas plantas BRSIPR Bel e F183-08-01 foram 12,54 e 26,18 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 6). Fernandes et al. (2011) observaram acúmulo de 8 e 14 kg ha<sup>-1</sup> nas plantas de Agata e Mondial, respectivamente, enquanto, no presente estudo, as plantas de Agata acumularam 14,01 kg ha<sup>-1</sup> de Mg. Em estudo realizado com diferentes condições de disponibilidade de P, Fernandes et al. (2017) descobriram que as quantidades de Mg acumuladas nas plantas de batata foram de 6 e 17 kg ha<sup>-1</sup> para condições de baixa e alta disponibilidade de P, respectivamente.

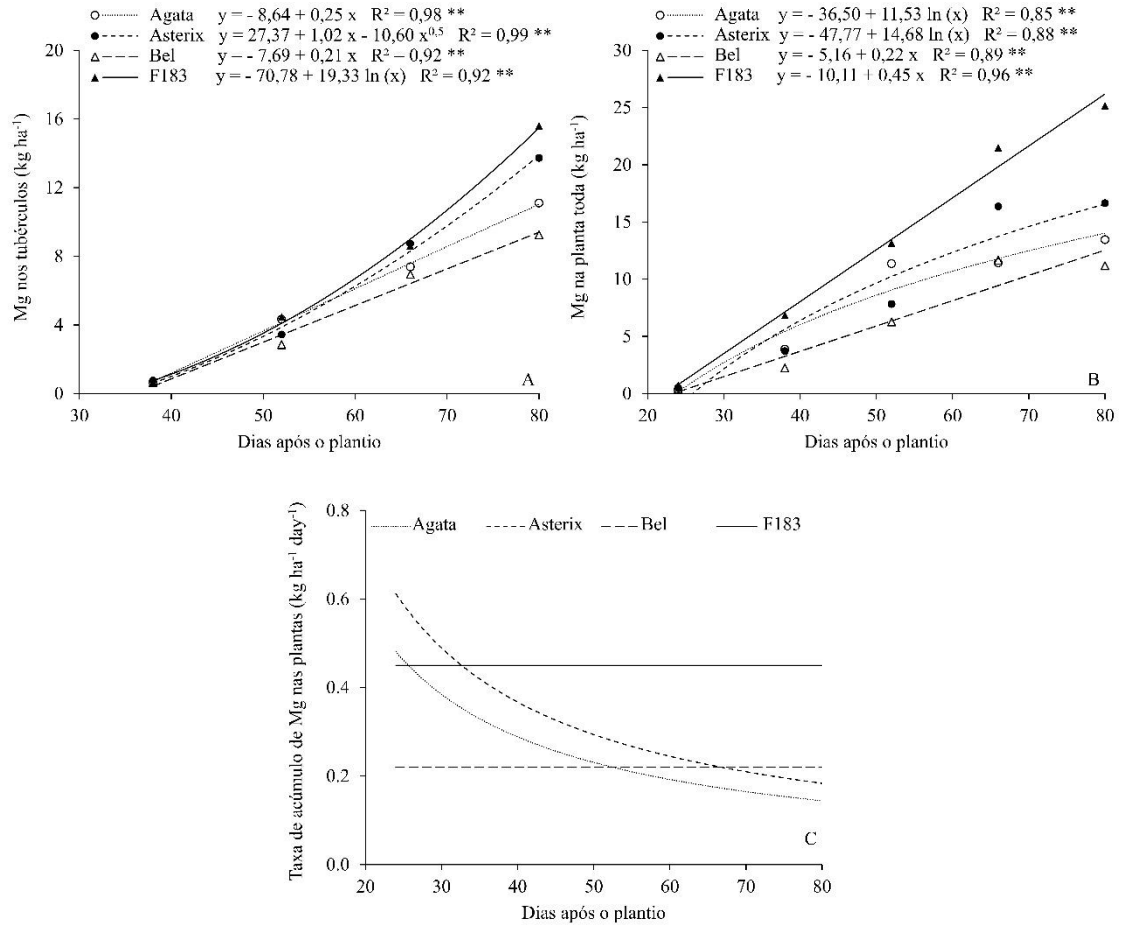


Figura 6. Acúmulo de magnésio (Mg) nos tubérculos (A) e plantas inteiras (B) e taxa de acúmulo de Mg nas plantas (C) de quatro cultivares de batata ao longo do ciclo de produção.

O acúmulo de N, P, K, Ca e S nos tubérculos aumentou de 24 para 80 DAP, sem diferença entre as cultivares (Figuras 1B, 2B, 3B, 4B e 5B). As taxas de acúmulo diário de N, P, K, Ca e S nas plantas apresentaram maior valor aos 24 DAP e menor aos 80 DAP, para todas as cultivares (Figuras 1D, 2D, 3D, 4D e 5D). A quantidade de N acumulada pelas plantas inteiras (Figura 1C) foi semelhante entre todas as quatro

cultivares de 24 a 38 DAP. O maior acúmulo de N pelas plantas inteiras de Agata (valor observado) ocorreu aos 52 DAP, apresentando maior taxa de acúmulo de N que BRSIPR Bel, mas com valor semelhante às demais cultivares aos 52 DAP. A cultivar F183-08-01 apresentou a maior taxa de acúmulo de N de 66 a 80 DAP.

A taxa de acúmulo de nutrientes das plantas indica a quantidade diária de nutrientes exigida por cada genótipo (Figuras 1D, 2C, 3D, 4D, 5D e 6C). A aplicação de fertilizantes para atender a essa demanda de nutrientes deve levar em consideração a taxa de liberação de cada fonte de fertilizante; ou seja, se uma determinada fonte de nutriente leva duas semanas para estar disponível para absorção, a quantidade de nutriente que é exigida pela planta em um determinado estágio do ciclo deve ser aplicada duas semanas antes dessa fase do ciclo (SANCHO, 1999). Além disso, devem ser consideradas as perdas de nutrientes por volatilização, lixiviação e / ou imobilização, e as quantidades de fertilizantes devem ser ajustadas de acordo com essas perdas. As perdas de nutrientes também podem ser minimizadas se a fertilização for realizada mais frequentemente de forma fracionada. Assim, aplicando a quantidade de nutrientes exigida por um genótipo no momento adequado, com base nas respectivas curvas de taxa de acúmulo de nutrientes, é possível melhorar o manejo da fertilização.

Nitrogênio e potássio tendem a liberar mais rápido que P e S (MCCASKILL; BLAIR, 1989, NI et al. 2011, PLOTEGHER; RIBEIRO 2016). Devido à sua liberação mais rápida, chegando a 100% em alguns dias, torna-se viável a aplicação de fertilizantes para minimizar as perdas. Com base nas curvas obtidas no presente estudo, a adubação de plantio pode ser realizada com a quantidade de N acumulada desde o plantio até 24 DAP, equivalente a 10,30, 18,17, 9,87 e 11,24 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para Agata, Asterix, BRSIPR Bel e F183-08-01. A fertilização em cobertura pode ser iniciada a partir da data da amontoa (24 DAP), na frequência desejada, a partir da taxa de acumulação de nutrientes (Figuras 1D, 2C, 3D, 4D, 5D e 6C) obtida a partir da primeira derivada das equações de acumulação de N ajustadas de plantas inteiras (Figuras 1C, 2B, 3C, 4C, 5C e 6B). Essa ideia também pode ser utilizada para outros nutrientes, considerando a taxa de liberação de cada nutriente, e associada a outras tecnologias, como fertilizantes revestidos (NI et al. 2011).

A alocação de nutrientes aos tubérculos não foi diferente entre as cultivares estudados para qualquer um dos macronutrientes. A porcentagem média de alocação de

nutrientes nos tubérculos entre as cultivares apresentou a seguinte ordem decrescente: P (88%)> N (80%)> S (77%)> Mg (72%)> K (59%)> Ca (12%). Soratto e Fernandes (2016) observaram um percentual de alocação de nutrientes em tubérculos de Agata na ordem: P (84%)> N (82%)> K (79%)> S (67%)> Mg (45%)> Ca (19%), em que os dois nutrientes mais eficientes e os menos eficientes alocados foram semelhantes aos do presente estudo.

F183-08-01 acumulou as maiores quantidades de N, P, Ca, S e Mg em plantas inteiras (Figuras 1C, 2B, 4C, 5C e 6B) e de massa seca em plantas inteiras aos 80 DAP (Tabela 2). As quantidades de massa seca acumuladas por todas as cultivares estudadas em plantas inteiras aos 80 DAP seguiram em ordem decrescente: F183-08-01> Asterix> BRSIPR Bel> Agata. As quantidades de nutrientes acumuladas em plantas inteiras nesta fase seguiram a mesma ordem apenas para os nutrientes N e Mg. Os demais nutrientes não seguiram a mesma ordem, enfatizando as diferenças entre as cultivares, quanto à absorção de nutrientes.

#### **4. CONCLUSÕES**

O acúmulo de macronutrientes pelas plantas inteiras ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) seguiu em ordem decrescente:  $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} = \text{S} > \text{P}$ ;

O genótipo F183-08-01 apresentou o maior acúmulo total de N, Ca, Mg e S nas plantas, sendo 141,37, 29,21, 25,16 e 22,36  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente;

As maiores taxas de acúmulo de macronutrientes para todas as cultivares de batata avaliadas ocorreram aos 24 dias após o plantio;

A fertilização com cobertura deve ser realizada com base na taxa de liberação dos fertilizantes e na taxa de acúmulo de nutrientes para cada genótipo de batata;

A adubação do plantio com nitrogênio deve ser realizada com 10,30, 18,17, 9,87 e 11,24  $\text{kg ha}^{-1}$  para Agata, Asterix, Bel e F183, respectivamente, e a fertilização parcelada com base nas respectivas taxas de acúmulo de N.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, N. U.; FERDOUS, Z.; MAHMUD, N. U.; HOSSAIN, A.; ZAMAN, M. A. U. Effect of split application of nitrogen fertilizer on the yield and quality of potato (*Solanum tuberosum*). **International Journal of Natural and Social Sciences**, v. 4, n. 2, p. 60-66, 2017.

ALVA, A. K.; HODGES, T.; BOYDSTON, R. A.; COLLINS, H. P. Dry matter and nitrogen accumulations and partitioning in two potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 8, p. 1621-1630, 2002.

ALVA, A.; FAN, M.; QING, C.; ROSEN, C.; REN, H. Improving nutrient-use efficiency in Chinese potato production: experiences from the United States. **Journal of Crop Improvement**, v. 25, n. 1, p. 46-85, 2011.

BRASIL. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Estações Automáticas. Brasília, DF: INMET, 2019.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). Especial batata: gestão sustentável. **Hortifruti Brasil**, v. 18, n. 194, p. 1-46, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema de produção da batata**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

ESTEFAN, G.; SOMMER, R.; RYAN, J. **Methods of soil, plant, and water analysis: a manual for the west Asia and north Africa region**. 3. ed. Beirut: ICARDA, 2013.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2010a.

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



FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L.; SOUZA-SCHLICK, G. D. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 826-835, 2010b.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SOUZA, E. F. C.; JOB, A. L. G. 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**, v. 41, n. 1, p. 1-23, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).

**Levantamento sistemático da produção agrícola**. 2020. Available at:

<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>. Access on: Oct. 12, 2020.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2012. MCCASKILL, M. R.; BLAIR, G. J. A model for the release of sulfur from elemental S and superphosphate. **Fertilizer Research**, v. 19, n. 2, p. 77-84, 1989.

NI, B.; LIU, M.; LÜ, S.; XIE, L.; WANG, Y. Environmentally friendly slow-release nitrogen fertilizer. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 18, p. 10169-10175, 2011.

PLOTEGHER, F.; RIBEIRO, C. Characterization of single superphosphate powders: a study of milling effects on solubilization kinetics. **Materials Research**, v. 19, n. 1, p. 98-105, 2016.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for statistical computing, 2014.

RENS, L.; ZOTARELLI, L.; ALVA, A.; ROWLAND, D.; LIU, G.; MORGAN, K. Fertilizer nitrogen uptake efficiencies for potato as influenced by application timing. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 104, n. 2, p. 175-185, 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 1999.

SANCHO, H. Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. **Informaciones Agronomicas**, n. 36, p. 11-13, 1999.

SANDAÑA, P. Phosphorus uptake and utilization efficiency in response to potato genotype and phosphorus availability. **European Journal of Agronomy**, v. 76, n. 1, p. 95-106, 2016.

SILVA, A. L. B. R.; ZOTARELLI, L.; DUKES, M. D.; AGEHARA, S.; ASSENG, S.; SANTEN, E. V. Irrigation method and application timing effect on potato nitrogen fertilizer uptake efficiency. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 112, n. 2, p. 253-264, 2018.

SILVA, G. O. da; PEREIRA, A. D. S.; BAIL, F. E.; PONIJALEKI, R.; CARVALHO, A. D. F. Resposta de cultivares de batata a níveis crescentes de NPK. **Revista Ceres**, v. 64, n. 5, p. 492-499, 2017.

SINGH, P.; SINGH, R. K.; SONG, Q. Q.; LI, H. B.; YANG, L. T.; LI, Y. R. **Methods for estimation of nitrogen components in plants and microorganisms**. In: GUPTA, K. Nitrogen metabolism in plants. New York: Humana, 2020. p. 103-112.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Phosphorus effects on biomass accumulation and nutrient uptake and removal in two potato cultivars. **Soil Fertility & Crop Nutrition**, v. 108, n. 3, p. 1225-1236, 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2. ed. Washington, DC: USDA, 1999.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 429-438, 2009.

### **CAPÍTULO III**

---

## **MÁXIMA EFICIÊNCIA ECONÔMICA DE ADUBAÇÃO NITROGENADA DA BATATA CV. ASTERIX NO BIOMA CERRADO**

## MÁXIMA EFICIÊNCIA ECONÔMICA DE ADUBAÇÃO NITROGENADA DA BATATA CV. ASTERIX NO BIOMA CERRADO

### RESUMO

O objetivo do estudo foi determinar a dose ótima de N associada à máxima produtividade de tubérculos da cultivar Asterix e à máxima eficiência econômica, com base na demanda nitrogenada da cultivar nas condições de cultivo do cerrado do planalto central. Para isso um experimento foi realizado em Brasília, em delineamento blocos ao acaso com quatro repetições onde os tratamentos foram constituídos pelas doses de N: 0, 53, 106, 138, 213 e 425 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados na forma de ureia (46% de N) de forma parcelada variando de 3 a 5 parcelamentos. A batata foi plantada em espaçamento 35 cm entre plantas e 80 cm entre linhas, sendo cada parcela útil representada por 18 plantas. Foram avaliados estado nutricional das folhas pelo teor de N, índice spad, condutividade elétrica do solo, produtividade total e comercial de tubérculos, número total e comercial de tubérculos, peso específico de tubérculos, máxima eficiência econômica da adubação nitrogenada com base na produtividade comercial, produção relativa e incidência de doenças. A dose de 260,35 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou a maior produtividade comercial de tubérculos equivalente a 48509,76 kg ha<sup>-1</sup>. A dose de N que proporcionou a máxima eficiência econômica (MEE) foi de 256,97 kg ha<sup>-1</sup> com produtividade estimada de 48505,82 kg ha<sup>-1</sup> de tubérculos comerciais. A condutividade elétrica correspondente à máxima produtividade de tubérculos foi de 1.92 mS cm<sup>-1</sup>. O índice SPAD referente à dose de N que proporcionou a máxima eficiência econômica (256,97 kg ha<sup>-1</sup> N) foi de 46.39. Portanto, recomenda-se a adubação nitrogenada da batateira com a dose de 256,97 kg ha<sup>-1</sup> N quando a relação entre o preço da batata e o preço do N na forma de ureia for de 0,43, o que é possível devido à fixação de preços por meio de contratos de produção e comercialização da batata indústria.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, nitrogênio, adubação, parcelamento.

# MAXIMUM ECONOMIC EFFICIENCY OF POTATO CV. ASTERIX NITROGEN FERTILIZATION IN THE BRAZILIAN CERRADO BIOME

## ABSTRACT

The objective of the study was to determine the optimal N dose associated with maximum tuber productivity of the Asterix cultivar and maximum economic efficiency, based on the nitrogen demand of the cultivar in the cultivation conditions of the Cerrado of the central plateau. For this, an experiment was carried out in Brasília, in a randomized block experimental design with four replications where the treatments consisted of the doses of N: 0, 53, 106, 138, 213 and 425 kg ha<sup>-1</sup> of N applied in the form of urea (46% of N) in installments ranging from 3 to 5 installments. The potato was planted at 35 cm spacing between plants and 80 cm between rows, with each useful plot represented by 18 plants. Nutritional status of the leaves by the N content, SPAD index, electrical conductivity of the soil, total and commercial tuber productivity, total and commercial number of tubers, specific tuber weight, maximum economic efficiency of nitrogen fertilization based on commercial productivity and relative production and disease incidence were evaluated. The dose of 260.35 kg ha<sup>-1</sup> of N provided the highest commercial tuber productivity equivalent to 48509.76 kg ha<sup>-1</sup>. The N dose that provided the maximum economic efficiency (MEE) was 256.97 kg ha<sup>-1</sup> with an estimated yield of 48505.82 kg ha<sup>-1</sup> of commercial tubers. The electrical conductivity corresponding to the maximum tuber productivity was 1.92 mS cm<sup>-1</sup>. The SPAD index for the N dose that provided the maximum economic efficiency (256.97 kg ha<sup>-1</sup> N) was 46.39. Therefore, nitrogen fertilization of the potato is recommended with a dose of 256.97 kg ha<sup>-1</sup> N when the relationship between the price of potatoes and the price of N in the form of urea is 0.43, which is possible due to the fixing of prices through production and commercialization contracts for industrial potatoes.

Key-words: *Solanum tuberosum*, nitrogen, fertilization, splitting fertilization.

## 1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o segundo nutriente mais exigido pela batateira (FERNANDES et al., 2011; 2017), porém é um dos nutrientes com menor disponibilidade devido seus baixos teores no solo. A maioria do N do solo (98%) está associado à matéria orgânica que em pedoambientes tropicais apresenta baixos teores, não sendo, portanto, uma fonte eficiente para fornecer o N necessário para suprir a demanda de culturas anuais (ALFAIA, 2006). Portanto, a adição de adubos nitrogenados é imprescindível para assegurar uma boa produtividade (BRAUN et al., 2013). Coelho et al. (2010) observaram incrementos significativos na produtividade da batata com a adição de dose de nitrogênio superiores a 290 kg ha<sup>-1</sup>.

Apesar da batateira ser capaz de aproveitar grande parte do nitrogênio aplicado ao solo (até 77%), uma parte considerável desse nutriente é perdida por volatilização, lixiviação e/ou imobilização (LUZ et al., 2014). Essas perdas, em alguns casos, podem chegar a 49% do N aplicado dependendo do teor de argila no solo, temperatura e quantidade de água disponível (LUZ et al., 2014) e podem ser reduzidas por meio de técnicas de adubação que visem sincronizar o fornecimento do nutriente à demanda das plantas, tais como o parcelamento da adubação (MOREIRA et al., 2011).

A demanda de nutrientes ao longo do ciclo produtivo da batata pode ser determinada por meio do estudo da marcha de absorção de nutrientes, que fornece informações quanto à proporção e a quantidade de cada nutriente demandada pela cultura (FERNANDES et al., 2011). Contudo, existem variações nessa demanda de acordo com a cultivar e com o local de cultivo, principalmente em relação ao nitrogênio (ALVA et al., 2011), o que torna necessária a adoção de planos de adubação específicos para cultivares e locais de produção.

A produção de batata no Brasil é destinada a dois nichos principais, sendo o de tubérculos destinados ao comércio in natura o maior deles, seguido pelo de tubérculos para o processamento industrial. Dentre as variedades destinadas ao processamento industrial, Asterix se destaca como a cultivar mais plantada com a finalidade de produção de batata na forma de palitos pré-fritos, ocupando cerca de 12% da área plantada no Brasil (ABBA, 2010; LEONEL et al., 2016). O baixo teor de açúcares redutores e o alto teor de matéria seca são as principais características determinantes da qualidade da batata pré-

frita, o que tornam a cultivar Asterix adequada ao processamento industrial (FERNANDES et al., 2010).

Fernandes et al. (2011; 2013) estudaram a marcha de absorção de N da cultivar Asterix em Itaí, SP, a qual absorveu, em ambos os trabalhos, 117 kg ha<sup>-1</sup> de N. Fernandes et al. (2017) observaram diferenças na quantidade de N absorvida por esta cultivar (62 a 125 kg ha<sup>-1</sup> de N) dependendo da disponibilidade de fósforo no solo. Os resultados obtidos nesses trabalhos ressaltam a necessidade de se avaliar a demanda de N específica de cada cultivar de batata nos diferentes locais de cultivo devido à interação que essa característica possui com o ambiente.

O objetivo do estudo foi determinar a dose ótima de N associada à máxima produtividade de tubérculos da cultivar Asterix e à máxima eficiência econômica, com base na demanda nitrogenada da cultivar nas condições de cultivo do cerrado do planalto central.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Brasília, Distrito Federal (15°55'44" S; 48°08'35" W; 1000 m de altitude) na safra de outono-inverno em 2019. O clima dessa região é classificado como Aw (verão úmido com inverno seco), de acordo com a classificação de Köppen. As temperaturas mínima, média e máxima no período de avaliação foram de 5.7° C, 21° C e 34.6° C, respectivamente. A precipitação acumulada foi de 0 mm (INMET, 2019). O solo é classificado como Latossolo vermelho distrófico (SANTOS et al., 2018) com as seguintes propriedades químicas (0 – 20 cm): 6.1 pH (H<sub>2</sub>O), 16.9 mg dm<sup>-3</sup> P (Mehlich), 478 mg dm<sup>-3</sup> K, 46 mg dm<sup>-3</sup> Na, 0.07 mg dm<sup>-3</sup> B, 2.3 mg dm<sup>-3</sup> Cu, 25 mg dm<sup>-3</sup> Fe, 66.1 mg dm<sup>-3</sup> Mn, 9.1 mg dm<sup>-3</sup> Zn, 12.6 mg dm<sup>-3</sup> S, 4.4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> Ca<sup>2+</sup>, 2.3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> Mg<sup>2+</sup>, 0.0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> Al<sup>3+</sup>, 4.3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> H + Al e teor de matéria orgânica equivalente a 30,8 g dm<sup>-3</sup>.

O experimento foi realizado com a cultivar de batata Asterix em delineamento experimental blocos ao acaso com quatro repetições tendo por tratamentos cinco doses de nitrogênio aplicadas na forma de ureia e um tratamento controle sem aplicação de nitrogênio. A curva de acúmulo de nitrogênio pelas plantas dessa cultivar nas condições do Distrito Federal foi determinada Pereira et al. (2020), e é representada pela equação: N (kg ha<sup>-1</sup>) = 105,10 DAP<sup>0,5</sup> – 6,02 DAP – 352,20, em que DAP corresponde ao número

de dias decorridos após o plantio. De acordo com essa equação, as plantas da cultivar Asterix acumulam um total aproximado de 107 kg ha<sup>-1</sup> de N até os 80 dias após o plantio (DAP). Dessa forma, adubações equivalentes a 0, 53, 107, 213 e 425 kg ha<sup>-1</sup> de N corresponderam aos tratamentos (0%, 50%, 100%, 200% e 400% da quantidade acumulada). O parcelamento da adubação foi realizado também com base na curva de acúmulo de N (PEREIRA et al., 2020), sendo 17% do N aplicado no sulco de plantio, 46% aos 24 dias após o plantio (DAP), 24% aos 38 DAP, 11% aos 52 DAP e o restante (2%) aos 66 DAP. Um tratamento adicional com adubação equivalente a 138 kg ha<sup>-1</sup> de N, referente à adubação recomendada pela literatura (RAIJ et al., 1997; RIBEIRO et al., 1999), foi parcelada da seguinte forma: 38 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura aos 24 DAP.

O espaçamento de plantio utilizado foi de 35 cm de entre plantas e 80 cm de entre fileiras, totalizando 35.714 plantas ha<sup>-1</sup>. As parcelas foram compostas por 40 plantas dispostas em quatro fileiras de 10 plantas e as parcelas úteis compostas pelas duas fileiras centrais, excluindo-se uma planta de cada extremidade das linhas, num total de 16 plantas úteis por parcela. A adubação de base contendo os demais nutrientes foi realizada no sulco de plantio nas doses de 420 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples, 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio e 1,1 kg ha<sup>-1</sup> de B na forma de bórax para todos os tratamentos, segundo recomendação para a cultura (RIBEIRO et al., 1999). A adubação de cobertura foi feita com 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio aos 21 DAP para todos os tratamentos. A irrigação foi feita via aspersão convencional e o preparo de solo e o manejo fitossanitário realizados segundo recomendações para a cultura (EMBRAPA, 2016).

Dez folhas de cada parcela foram coletadas para avaliação do estado nutricional das plantas selecionando-se a terceira folha a partir do ápice de cada planta aos 30 DAP, segundo Ribeiro et al. (1999). Amostras de solo foram coletadas em cada parcela na profundidade de 0 a 20 cm, colocadas para secar à sombra e, em seguida, separadas em peneira de malha de 2 mm. Uma fração dessa amostra foi utilizada para a extração da solução do solo, a partir da pasta de saturação, para determinar a sua condutividade elétrica, conforme proposto por Claessen et al. (1997). Foram feitas avaliações indiretas de clorofila nas folhas por meio do índice SPAD aos 40 DAP de acordo com Víg et al. (2012). O número de hastes (NH) por batata semente foi contado aos 50 DAP.



A senescência das plantas foi avaliada semanalmente a partir dos 84 DAP e o fim do ciclo produtivo foi considerado quando 80% das plantas de cada parcela senesceram (CIP, 2009). Os tubérculos foram colhidos na parcela útil aos 112 DAP e avaliados quanto à produção total e comercializável, número total e comercializável, aproveitamento comercial de tubérculos (peso comercial/ peso total) e peso específico de tubérculos pelo método do peso na água e peso no ar (FITZPATRICK et al., 1969).

A dose de N que proporcionou a máxima eficiência econômica (MEE) foi obtida igualando-se a primeira derivada da equação de resposta da produção comercial de tubérculos às doses de N à relação entre o preço médio do N contido na ureia e o preço da batata (R\$/kg:R\$/kg) no período correspondente a janeiro de 2019 e agosto de 2020 obtidos junto ao Instituto de Economia Agrícola de São Paulo. A relação média de preços foi igual a 2,34, referente ao preço da batata de R\$ 1,80 kg<sup>-1</sup> e ao preço do N na forma de ureia de R\$ 4,20 kg<sup>-1</sup>.

A produção relativa foi obtida por meio da equação  $PR = ((PMEE - PTC) / (PDP - PTC)) * 100$ , em que PR = produção relativa, PMEE = produtividade referente à dose de máxima eficiência econômica, PTC = produtividade referente à dose do tratamento controle, PDP = produtividade referente à dose padrão.

A homogeneidade dos dados foi avaliada pelo teste de Levene e a normalidade dos resíduos pelo teste de Jarque-Bera. A análise de variância foi realizada pelo teste F ( $P \leq 0,05$ ). Análises de regressão foram feitas e os resultados separados em grupos de médias pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Todas as análises foram realizadas utilizando o software R.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve incidência de defeitos de origem fisiológica tais como coração oco ou mancha chocolate nem mesmo sintomas de murcha bacteriana (*Rasltonia solanacearum*) nos tubérculos. O número de hastes por planta (NH), o aproveitamento comercial de tubérculos (m/m) (AC) e o peso específico de tubérculos (PE) não foram influenciados pelas crescentes doses de N avaliadas. O NH variou de 7,09 a 7,56 hastes por planta, o AC variou de 69 a 82 % e o PE variou de 1,077 a 1,084. O PE é uma característica que tem relação direta com o teor de matéria seca dos tubérculos que, por sua vez, é uma característica determinante na qualidade de fritura dos tubérculos, em especial a

crocância. Além disso, a qualidade de fritura dos tubérculos assim como os teores de amido e de açúcares redutores não foram alteradas pelas doses de N. Braun et al. (2010) também não observaram variação nos teores de amido e açúcares redutores nos tubérculos de Asterix variando doses de 0 a 300 kg ha<sup>-1</sup> de N. Cardoso et al. (2007) testaram doses de N até 175 kg ha<sup>-1</sup> e variações no fracionamento dessa adubação partindo de uma única aplicação de N no plantio até cinco aplicações ao longo do ciclo da cultivar Vivaldi e observaram que os teores de matéria seca, açúcares redutores e sólidos solúveis não foram alterados.

A produtividade total e comercial de tubérculos aumentou com o incremento de doses de nitrogênio até 213,0 kg ha<sup>-1</sup> de N e 260,35 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente (Figura 1A). A produtividade total e comercial máxima, proporcionada por essas doses de N, foram de 56210,00 e 48509,76 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Braun et al. (2010) observaram que, nas condições edafoclimáticas de Viçosa, MG, a máxima produtividade comercial de tubérculos da cultivar Asterix foi obtida com a dose de 212,22 kg ha<sup>-1</sup> de N, reforçando a necessidade de se conhecer a demanda nutricional específica de cada cultivar em cada local de cultivo.

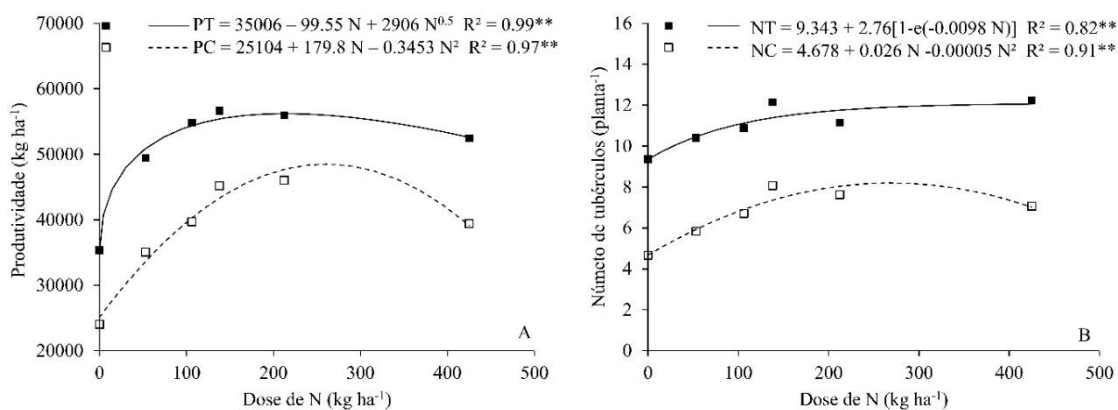


Figura 1. Produtividade de tubérculos total (PT) e comercializável (PC) (A) e número total (NT) e comercializável (B) de tubérculos de batata cv. Asterix cultivadas com doses crescentes de nitrogênio.

A dose de N que proporcionou a máxima eficiência econômica (MEE) foi de 256,97 kg ha<sup>-1</sup> com produtividade estimada de 48505,82 kg ha<sup>-1</sup> de tubérculos comerciais. Isso representa uma redução de 3.95 kg ha<sup>-1</sup> de tubérculos em relação à produtividade comercial máxima estimada. Contudo, ao se considerar o preço médio recebido pelos produtores por quilograma de tubérculos (R\$ 1,80) e o preço pago pelo N na forma de

ureia (R\$ 4,20 kg<sup>-1</sup> N), há uma economia de R\$ 7,11 ha<sup>-1</sup> quando utilizada adubação nitrogenada na dose de 256,97 kg ha<sup>-1</sup>. Coelho et al. (2010) observaram que a maior produtividade comercial estimada de batata da cultivar Asterix (46500 kg ha<sup>-1</sup>) pode ser obtida com 250 kg ha<sup>-1</sup> de N em avaliações feitas em Viçosa, MG. Já a dose de N associada à MEE observada por eles foi de 245 kg ha<sup>-1</sup> de N, que resultou em uma produtividade de 46495 kg ha<sup>-1</sup> de tubérculos comerciais. No Brasil, é comum encontrar recomendações de adubação nitrogenada da batata variando de 60 a 250 kg ha<sup>-1</sup> de N (FONTES, 1999; RAIJ et al., 1997; RIBEIRO et al., 1999).

A produção relativa obtida por meio da produtividade referente às doses de N: 256,97 kg ha<sup>-1</sup> e a dose padrão recomendada de 138,00 kg ha<sup>-1</sup>, foi de 128%, ou seja, utilizando-se a dose de adubação nitrogenada referente à MEE foi obtido um ganho de produção de 28% em relação à dose padrão.

Quanto maior a dose de N aplicada maior foi o número total de tubérculos produzidos por planta (Figura 1B). Por outro lado, doses de N acima de 269,20 kg ha<sup>-1</sup> produziram um maior número de tubérculos miúdos e, conseqüentemente, menor número de tubérculos comerciais. A ausência de adubação nitrogenada assim como a aplicação de doses muito altas de N (425 kg ha<sup>-1</sup>) resultaram em tubérculos com baixo peso médio em relação às demais doses avaliadas (105,52 e 119,02 g tubérculo<sup>-1</sup>, respectivamente) (Figura 2A).

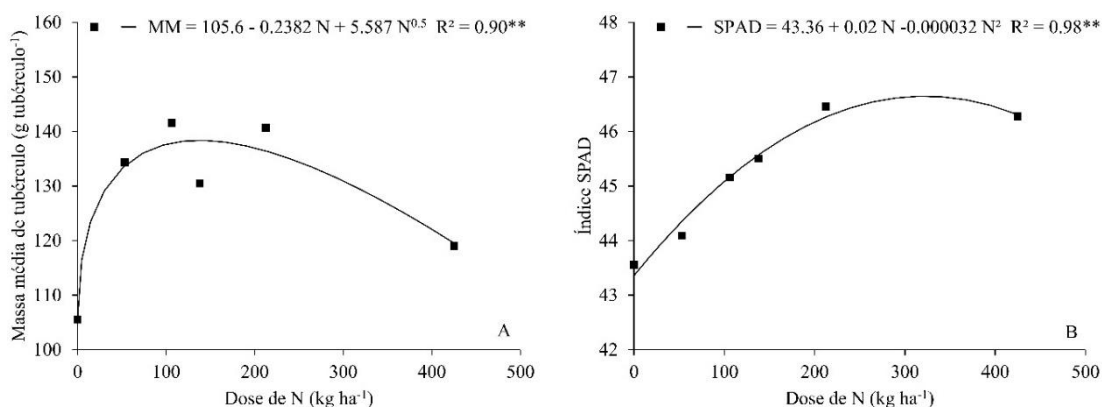


Figura 2. Massa média de tubérculos (A) e índice SPAD avaliado nas folhas da batateira (B) referente a cv. Asterix submetida doses crescentes de adubação nitrogenada.

O índice SPAD referente à dose de N que proporcionou a máxima eficiência econômica (256,97 kg ha<sup>-1</sup> N) foi de 46,39 (Figura 2B). Coelho et al (2010) e Busato (2007) observaram que o nível crítico do índice SPAD para essa cultivar foi de 43,7 e

50,0, respectivamente, aos 21 DAP. Essas pequenas variações podem ocorrer devido à influência da radiação solar. Além disso, existe uma influência da idade das plantas em que se realizou a medição, uma vez que o índice SPAD tende a reduzir conforme o decorrer do ciclo produtivo (SILVA et al., 2011). Essa pode ser a explicação para a diferença observada entre os valores obtidos no presente experimento (avaliações realizadas aos 40 DAP) em comparação ao que foi observado por Busato (2007). Malavolta et al. (1997) consideram valores do índice SPAD na faixa de 49 a 56 como adequados para a batata e sugerem que as avaliações sejam feitas aos 30 DAP.

Os valores do índice SPAD foram crescentes até a dose 322 kg ha<sup>-1</sup> de N (SPAD = 46,65) (Figura 2B). Contudo, houve pouca variação (0,57) no índice entre as doses de 213 e 425 kg ha<sup>-1</sup> de N. Isso acontece porque o clorofilômetro não detecta o N na sua forma livre (não incorporada nas moléculas de clorofila) o que acontece com o N que é absorvido e não incorporado na forma de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (COELHO et al., 2010).

A condutividade elétrica da solução do solo (CE) variou de 0,7 a 2,36 mS cm<sup>-1</sup> para a menor e maior dose de N testadas, respectivamente, com aumento mais expressivo nas doses acima de 138 kg ha<sup>-1</sup> N (Figura 3). A CE correspondente à máxima produtividade de tubérculos foi de 1,92 mS cm<sup>-1</sup>. A CE correspondente à maior dose de N avaliada foi de 2,36 mS cm<sup>-1</sup>, valor no qual a produtividade de tubérculos foi 21% inferior à CE equivalente a 1,92 mS cm<sup>-1</sup>. Reis Júnior et al. (1999), por outro lado, observaram que a CE associada à máxima produtividade de tubérculos é de 1,6 mS cm<sup>-1</sup> e quando a CE mensurada situa-se entre 1,6 e 2,0 mS cm<sup>-1</sup> ocorre uma redução de 10% na produtividade de tubérculos da cultivar Baraka.

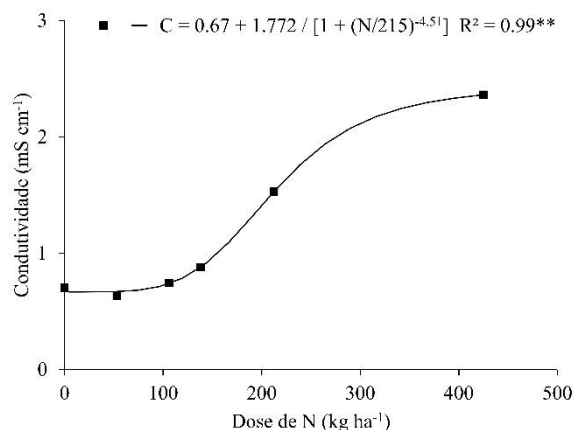


Figura 3. Conduividade do solo adubado com doses crescentes de nitrogênio para o cultivo de batata cv. Asterix.

#### 4. CONCLUSÕES

A máxima produtividade de tubérculos de batata cv. Asterix ocorre com adubação nitrogenada na dose de 260,3 kg ha<sup>-1</sup> N aplicados em doses parceladas seguindo os padrões de absorção de N dessa cultivar.

A dose de N correspondente à máxima eficiência econômica é de 256,97 kg ha<sup>-1</sup>, dose em que o índice SPAD é de 46,39 e a CE é de 1,92 mS cm<sup>-1</sup>.

Portanto, recomenda-se a adubação nitrogenada da batateira com a dose de 256,97 kg ha<sup>-1</sup> N quando a relação entre o preço da batata e o preço do N na forma de ureia for de 0,43, o que é possível devido à fixação de preços por meio contratos de produção e comercialização da batata indústria.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBA. Brasil - Atuais variedades. **Batata Show - Associação Brasileira da Batata**, Itapetininga, v. 10, n. 28, p. 1–68, 2010.

ALFAIA, S. S. Caracterização e distribuição das formas do nitrogênio orgânico em três

solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 2, p. 135-140, 2006.

ALVA, A.; FAN, M.; QING, C.; ROSEN, C.; REN, H. Improving nutrient-use efficiency in Chinese potato production: experiences from the United States. **Journal of Crop Improvement**, v. 25, n. 1, p. 46-85, 2011.

BRAUN, H.; COELHO, F. S.; SILVA, M. C. C.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; BUSATO, C. Absorção, metabolismo e diagnóstico do estado de nitrogênio em plantas de batata. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 56, n. 3, p. 1185-195, 2013.

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, n. 2, p. 285-293, mar./abr., 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**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2007. 129p. (Tese de Mestrado)

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

CIP. **Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa**. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP), 2009. 152 p.

CLAESSEN, M. E. C.; BARRETO, W. de O.; PAULA, J. L. de; DUARTE, M. N. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

COELHO, F. S.; FONTES, P. C. R.; PUIATTI, M.; NEVES, J. C. L.; SILVA, M. C. C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, v. 34, n. 4, p. 1175-1184, jul./ago., 2010.

EBÚRNEO, J. M.; GARCIA, E. L.; SANTOS, T. P. R. dos; SOUZA, E. de F. C. de;

- SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; LEONEL, M. Influence of nitrogen fertilization on the characteristics of potato starch. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 365-373, 2018.
- EMBRAPA. Sistema de produção da batata. **Sistemas de produção Embrapa**, Brasília, v. 2, 2016. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 18 jan. 2020.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 299–304, 2010.
- 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**, Campinas, v. 35, p. 2039–2056, 2011.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 91-100, Jan./Fev., 2013.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SOUZA, E. F. C.; JOB, A. L. G. 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**, Campinas, v. 41, p. 1-23, 2017.
- FITZPATRICK, T. J.; PORTER, W. L.; HOUGHLAND, G. V. C. Continued studies of the relationship of specific gravity to total solids of potatoes. **American Potato Journal**, v. 46, n. 4, p. 120–127, 1969.
- FONTES, P. C. R. **Calagem e adubação da cultura da batata**. Inf. Agropec., Viçosa, MG, v. 20, p. 42-52, 1999.
- GIL, P. T.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; FERREIRA, F. A. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.
- IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. **SIDRA**, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>. Acesso em: 7 jan. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações Automáticas**. Brasília: INMET, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 14 jan. 2020.

LEONEL, M.; CARMO, E. L.; FERNANDES, A. M.; FRANCO, C. M. L.; SORATTO, R. P. Physico-chemical properties of starches isolated from potato cultivars grown in soils with different phosphorus availability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 6, p. 1900–1905, 2016.

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, n. 2, p. 225–229, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CECOM, P. R.; ARAÚJO, R. F. Índices para avaliar o estado de nitrogênio da batata multiplicada por distintos materiais propagativos. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 384- 392, 2011.

PEREIRA, G. E.; MELO, J. W. P.; RAGASSI, C. F.; CARVALHO, A. D. F.; SILVA, J.; SILVA, G. O.; VILELA, M. S. Macronutrient accumulation curves in potato geotypes in the Brazilian Savanna. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 50, p. 1 -11, 2020.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, Â. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, Campinas, 1997.

REIS JÚNIOR, R. A.; FONTES, P. C. R.; NEVES, J. C. L.; SANTOS, N. T. Total soil electrical conductivity and critical  $K^+$  to  $Ca^{2+}$  and  $Mg^{2+}$  ratio for potato crops. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 993-997, out./dez., 1999.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 1. ed. Viçosa: SBCS, 1999. 359 p.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.;



OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Brazilian soil classification system**. 5. ed. Brasília: Embrapa Soils, 2018. 356 p.

USDA. **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2. ed. Washington, DC: United States Department of Agriculture (USDA), 1999. 886 p.

VÍG, R.; HUZSVAI, L.; DOBOS, A.; NAGY, J. Systematic measurement methods for the determination of the spad values of maize (*Zea mays* L.) canopy and potato (*Solanum tuberosum* L.). **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 43, n. 1, p. 1684-1693, 2012.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Campinas, v. 33, n. 2, p. 429–437, 2009.

WESTERMANN, D. T.; JAMES, D. W., TINDALL, T. A.; HURST, R. L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugar and starch. **American Potato Journal**, v. 71, n. 3, p. 433-453, 1994.