

TASSIANE SANCHEZ CALLES

**ADUBAÇÃO FOSFATADA VIA SOLO E FOLIAR NA CULTURA DA BATATA
CULTIVADA EM SOLO COM ELEVADA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO**

Botucatu

2023

TASSIANE SANCHEZ CALLES

**ADUBAÇÃO FOSFATADA VIA SOLO E FOLIAR NA CULTURA DA BATATA
CULTIVADA EM SOLO COM ELEVADA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia/Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Peres Soratto

Botucatu

2023

C157a

Calles, Tassiane Sanchez

Adubação fosfatada via solo e foliar na cultura da batata cultivada em solo com elevada disponibilidade de fósforo / Tassiane Sanchez Calles. -- Botucatu, 2023

87 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Rogério Peres Soratto

1. Solanum tuberosum. 2. Adubação fosfatada. 3. Disponibilidade de fósforo, manejo de nutrientes. 4. Produtividade de tubérculos. 5. Adubação foliar. I. Título.

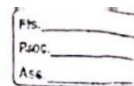
Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ADUBAÇÃO FOSFATADA VIA SOLO E FOLIAR NA CULTURA DA BATATA
CULTIVADA EM SOLO COM ELEVADA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO

AUTORA: TASSIANE SANCHEZ CALLES

ORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Agricultura),
pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO (Participação Presencial)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Pesquisador Dr. THIAGO LEANDRO FACTOR (Participação Virtual)
/ Instituto Agrônomo de Campinas

Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES (Participação Presencial)
Centro de Raízes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista - UNESP

Botucatu, 27 de fevereiro de 2023

Aos meus amados pais, Juliana e Wander,
minha irmã Gabriela, e aos meus avós, pelo apoio,
compreensão, incentivo, amor e por acreditarem nos
meus sonhos,

dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me proporcionado saúde para cumprir mais uma etapa em minha vida. Agradeço à Nossa Senhora por toda a proteção e amor.

Aos meus queridos e amados pais Wander Kilson Brugnholo Calles e Juliana Sanchez Calles, por todo apoio, compreensão e incentivo; por terem fornecido as melhores condições necessárias para que pudesse alcançar meus objetivos; pelo companheirismo nos momentos difíceis e pela disposição em ajudar durante esta etapa da minha vida. À minha amiga e querida irmã Gabriela Sanchez Calles, por sempre me incentivar e acreditar nos meus sonhos. Dedico isto a vocês: o meu eterno amor, carinho, respeito e educação.

À minha família, em especial meus avós e tios, por todo amor, carinho e preocupação.

Ao meu namorado Lucas Gabriel dos Santos, pela paciência, compreensão, amor, carinho e incentivos a mim dedicados.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, pelo exemplo de profissionalismo, pelos ensinamentos, pela orientação, confiança e oportunidade dada, conselhos e também, pela amizade.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), pela oportunidade de realização do mestrado e execução desta pesquisa. E a todo corpo docente por todo ensinamento e contribuição.

Aos proprietários das áreas comerciais José Carlos Fernandes e Lucas Furtado, que cederam áreas para que pudéssemos conduzir parte do projeto de pesquisa.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal, Eliane Gonçalves, Adelina, Talita, Ciro de Oliveira (Cirinho).

Aos técnicos do laboratório Relações Solo-Planta, Iara, Júlia, Vinicius e Darielle por toda colaboração nas análises realizadas.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT), por disponibilizar a infraestrutura necessária. Aos funcionários do CERAT Elder, Luiz, Danilo e Juliana pelo apoio e amizade.

Ao meu antigo orientador e coorientadora de graduação, Carlos Henrique dos Santos e Flávia Alessandra Mignacca, por todos os ensinamentos, incentivo e amizade.

Aos meus queridos parceiros e amigos de pós-graduação, Amanda Gilabel, Anderson Romão, Bárbara Silva, Carlos Felipe, Eduardo Aires, Francisca Garreto, Jaqueline Marcon, Jéssica Pereira, Juan Nicolai, Júlio César, Lucas Rodrigues, Malba, Marcela Pacola, Maria Gabriela, Marina Cuchi, Matheus Milanesi, Westefann dos Santos, que hoje são minha segunda família. Sou grata por ter pessoas tão especiais e importantes na minha vida. Agradeço a todos por contribuírem de alguma forma na realização deste projeto. Obrigado por estarem comigo nos bons e ruins momentos da minha vida.

Aos estagiários, Ana Júlia, Gleison, João, Laura Guaiume, Laura Sciencia, Raul, pelo auxílio nas avaliações, dedicação e amizade.

Aos amigos que construí ao longo dessa etapa, Fabrício Rodrigues, Laudelino Mota, Larissa Marchiori, Gabrielle Pelegrina, Paula Zanin, Silvia Capuani, pela amizade, companheirismo e pelos bons momentos durante esse tempo de convivência.

Aos meus amigos de longa data, Flávia Mignacca, Francielle Biscola, Milena Nicolete, Murilo Ferreira, Franciele Lozano, Nádia Caroline, Nathalia Lopes e Taiane Barradas, pela boa amizade, respeito e amor.

Ao Prof. Dr. Patricio Sandaña, da Universidad Austral de Chile, pela colaboração nos ajustes e interpretação dos modelos platô-linear e platô-quadrático.

Agradeço a todos que estiveram comigo diretamente ou indiretamente para que pudesse realizar meu sonho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

RESUMO

Altas doses de fertilizantes fosfatados têm sido utilizadas no cultivo da batata, mesmo em solos já com elevada disponibilidade de fósforo (P). A adubação foliar com P, especialmente na fase de enchimento de tubérculos, tem surgido como alternativa complementar para nutrição da cultura. Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito de doses de P aplicadas no sulco de plantio e da aplicação de P via foliar na nutrição, produtividade e qualidade de tubérculos da cultura batata, cultivada em solos com elevado teor de P disponível ($P_{\text{resina}} = 74\text{-}123 \text{ mg dm}^{-3}$). Foram conduzidos três experimentos, um com a cultivar Agata no ano de 2021 em Itapeva-SP (exp. I), e os outros dois com a cultivar Orchestra em 2022, sendo um conduzido em Itaipava-SP (exp. II) e outro em Paranapanema-SP (exp. III). Os experimentos tiveram o delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial 5×2 e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de doses de P aplicadas no sulco de plantio (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha^{-1} de P_2O_5) e ausência e presença de adubação foliar de P ($9,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5), sendo que esta aplicação foi parcelada em três aplicações ($3,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5) na fase de enchimento dos tubérculos, ou seja, aproximadamente entre 33 e 63 dias após a emergência (DAE). A fonte de P utilizada no sulco de plantio foi o fosfato monoamônico (MAP) e para a adubação foliar foi utilizado o fosfato monoamônico purificado (MAP purificado). Mesmo na ausência de adubação fosfatada no sulco de plantio, a cultura da batata, cultivada em solos com altos teores de P disponível, apresentou adequada nutrição de P e produtividade média de tubérculos de $48.633 \text{ kg ha}^{-1}$. A adubação fosfatada de plantio aumentou linearmente o teor de P nas folhas, o número de tubérculos por planta e a exportação de P; contudo, a produtividade de tubérculos foi aumentada em apenas 6,5% (3.076 kg ha^{-1}) e somente até a dose de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicada no sulco de plantio. Em solos com altos teores de P disponível, a cultura da batata é pouco responsiva a aplicação de altas doses de P, sendo assim, é possível obter elevada produtividade de tubérculos com o uso de doses de P bem menores que aquelas tradicionalmente utilizadas na cultura da batata. Aplicações foliares de P na fase de enchimento de tubérculos da cultura da batata cultivada em solos com elevado teor de P disponível, apesar de terem aumentado o teor de P nas folhas e parte aérea e a quantidade de P acumulada pela cultura, não interfere na produtividade e qualidade dos tubérculos. Em solos com alto teor de P disponível, a adubação fosfatada via sulco e/ou foliar não interferem na qualidade dos tubérculos.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*; adubação fosfatada; disponibilidade de fósforo, manejo de nutrientes; produtividade de tubérculos; adubação foliar.

ABSTRACT

High rates of phosphate fertilizers have been used in potato cultivation, even in soils with high availability of phosphorus (P). Foliar fertilization with P, especially in the tuber bulking phase, has emerged as a complementary alternative for the nutrition of the crop. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of P rates applied in the planting furrow and foliar application of P on the nutrition and tuber yield and quality of potato crop, cultivated in soils with high P availability ($P_{\text{resina}} = 74\text{-}123 \text{ mg dm}^{-3}$). Three experiments were conducted, one with cultivar Agata in Itapeva-SP 2021 (exp. I), and the other two with cultivar Orchestra in 2022, one conducted in Itaí-SP (exp. II) and the other in Paranapanema-SP (exp. III). The experiments had a randomized block design, with a 5×2 factorial scheme and four replications. The treatments consisted of a combination of P rates applied in the planting furrow (0, 50, 100, 200, and 400 kg ha^{-1} of P_2O_5) and absence and presence of foliar P fertilization ($9.0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$), and this application was divided into three applications ($3.0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) in the tuber bulking phase, i.e., approximately between 33 and 63 days after emergence (DAE). The P source used in the planting furrow was monoammonium phosphate (MAP), whereas for foliar fertilization purified monoammonium phosphate (purified MAP) was used. Even in the absence of P fertilization in the planting furrow, the potato crop grown in soils with high levels of available P showed adequate P nutrition and average tuber yield of $48,633 \text{ kg ha}^{-1}$. Planting P fertilization linearly increased the leaf P concentration, the number of tubers per plant, and P removal; however, the tuber yield was increased by only 6.5% ($3,076 \text{ kg ha}^{-1}$) and only up to the rate of $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ applied in the planting furrow. In soils with high levels of available P, the potato crop is not very responsive to the application of high P rates; therefore, it is possible to obtain high tuber yield with the use of P rates much lower than those traditionally used in the crop potato. Foliar applications of P in the tuber bulking phase of the potato crop grown in soils with a high P availability, despite having increased the P concentrations in the leaves and aboveground part and the amount of P accumulated by the crop, it does not interfere with tuber yield and quality. In soils with a high level of available P, P fertilization via furrow and/or foliar application does not interfere with tuber quality.

Keywords: *Solanum tuberosum*; phosphorus fertilization; phosphorus availability; nutrient management; tuber yield; foliar fertilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Dados diários de precipitação, irrigação e temperaturas mínimas e máximas durante a condução dos experimentos, de julho a outubro de 2021 em Itapeva-SP (A), de abril a julho de 2022 em Itaí-SP (B) e de abril a agosto de 2022 em Paranapanema-SP (C)30
- Figura 2 – Efeito de doses de P no sulco de plantio no teor de P na folha diagnose da cultura da batata, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência. Média de três experimentos45
- Figura 3 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e doses de P no sulco de plantio para o teor de S na folha diagnose, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência. Barra vertical indica a DMS ($P=0,05$). ns é não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente47
- Figura 4 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e doses de P no sulco de plantio para o teor de Zn na folha diagnose, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência. Barra vertical indica a DMS ($P=0,05$). ns é não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F49
- Figura 5 – Efeito de doses de P no sulco de plantio para o teor de P na folha diagnose da cultura da batata aos 45-50 (A) e 52-63 (B) dias após a emergência (DAE). Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar51
- Figura 6 – Desdobramento da interação significativa entre as doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em função da matéria seca (MS) acumulada no resto da planta. Média de três experimentos. Barra vertical indica a DMS ($P=0,05$). ns é não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F54
- Figura 7 – Efeito de doses de P no sulco de plantio no teor de P no resto da planta da cultura da batata, antes da dessecação. Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar56
- Figura 8 – Efeito de doses de P no sulco de plantio para o número de tubérculos por planta da cultura da batata. Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar.....61

- Figura 9 – Efeito de doses de P no sulco de plantio para a produtividade de tubérculos total da cultura da batata. Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar 63
- Figura 10 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e doses de P no sulco de plantio em função da produtividade da segunda classe de tubérculos. Médias de dois tratamentos de aplicação de P via foliar. Barra vertical indica a DMS ($P=0,05$). ns é não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F..... 64
- Figura 11 – Efeito de doses de P no sulco de plantio para o teor (A) e exportação (B) de P nos tubérculos da cultura da batata. Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar 69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição da cultivar, localização e ano de execução dos experimentos I, II e III.....	29
Tabela 2 – Características químicas e granulométricas dos solos, na profundidade de 0-0,20 m, antes da instalação dos experimentos	31
Tabela 3 – Tratamentos utilizados nos experimentos	32
Tabela 4 – Cronograma das atividades realizadas nos três experimentos	34
Tabela 5 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira no experimento I conduzido em Itapeva-SP, no ano de 2021.....	36
Tabela 6 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira no experimento II conduzido em Itaí-SP, no ano de 2022	37
Tabela 7 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira no experimento III conduzido em Paranapanema-SP, no ano de 2022.....	38
Tabela 8 – Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose da cultura da batata, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência, em função de doses de P no sulco de plantio, em três experimentos	44
Tabela 9 – Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose da cultura da batata, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência, em função de doses de P no sulco de plantio, em três experimentos	48
Tabela 10 – Teor de P na folha da cultura da batata, coletada entre 45 e 81 dias após a emergência, em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos	50
Tabela 11 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e aplicação de P via foliar para o teor de P na folha da cultura da batata entre 52-63 dias após emergência (DAE). Média de cinco doses de P no sulco de plantio	52
Tabela 12 – Matéria seca (MS) acumulada no resto da planta, tubérculos e total e partição de MS nos tubérculos, antes da dessecação, em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos	53

Tabela 13 – Teores de P no resto da planta e tubérculos da cultura da batata, antes da dessecação, em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos.....	56
Tabela 14 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e aplicação de P via foliar para o teor de P no resto da planta. Média de cinco doses de P no sulco de plantio.....	57
Tabela 15 – Quantidades de P acumuladas no resto da planta, nos tubérculos e total e partição de P nos tubérculos da cultura da batata, antes da dessecação, em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos	59
Tabela 16 – População de plantas, números de hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo da cultura da batata em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos	60
Tabela 17 – Produtividade total de tubérculos e das classes especial, primeira, segunda e miúda e proporção de produtividade da classe especial da cultura da batata em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos.....	62
Tabela 18 – Firmeza de polpa e porcentagem de matéria seca (MS) dos tubérculos da cultura da batata em função de doses de P e aplicação de P via foliar, em três experimentos	65
Tabela 19 – Teor e exportação de P nos tubérculos da cultura da batata em função de doses de P e aplicação de P via foliar, em três experimentos.....	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1	Importância da cultura da batata.....	21
2.2	Exigências nutricionais da batata.....	22
2.3	Fósforo no solo e na planta e sua importância na cultura da batata.....	23
2.4	Adubação foliar na cultura da batata.....	26
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1	Localização e caracterização edafoclimática das áreas experimentais.....	29
3.2	Caracterização das cultivares.....	31
3.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	32
3.4	Instalação e condução dos experimentos.....	33
3.5	Avaliações.....	40
3.5.1	Teores de nutrientes nas folhas.....	40
3.5.2	Acúmulo e partição de MS e P na planta.....	40
3.5.3	População de plantas e número de hastes por planta.....	41
3.5.4	Número, produtividade e classificação dos tubérculos produzidos.....	41
3.5.5	Peso médio dos tubérculos.....	41
3.5.6	Firmeza da polpa.....	42
3.5.7	Porcentagem de matéria seca dos tubérculos.....	42
3.5.8	Teor e exportação de P nos tubérculos na colheita.....	42
3.6	Análise estatística.....	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1	Teores de nutrientes nas folhas.....	44
4.2	Acúmulo e partição de matéria seca na planta.....	52
4.3	Teor e acúmulo de P na planta.....	55
4.4	População de plantas, número de hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo.....	59
4.5	Produtividade e classificação dos tubérculos.....	61
4.6	Firmeza da polpa e matéria seca nos tubérculos.....	64
4.7	Teor e exportação de P nos tubérculos na colheita.....	65
5	CONCLUSÕES.....	69
	REFERÊNCIAS.....	69
	APÊNDICES.....	79

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma cultura extremamente importante do ponto de vista alimentar e econômico. Esta cultura tem ciclo curto, mas com alto potencial produtivo, sendo bastante exigente quanto à disponibilidade de nutrientes na solução do solo.

O fósforo (P) é extraído em quantidades relativamente pequenas pela cultura da batata (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; FERNANDES et al., 2017), mas, pelo fato de a batateira ser pouco eficiente em absorver P de solos, devido ao seu sistema radicular raso e delicado, a disponibilidade do nutriente no solo interfere muito na resposta da batateira à adubação fosfatada. A adubação fosfatada na cultura da batata é importante para o desenvolvimento inicial da planta de batata, por favorecer a formação de raízes, tuberização e formação de açúcares e amido (HAWKESFORD et al., 2012). Sob deficiência de P, o crescimento da planta de batata é reduzido, as raízes e estolões são reduzidos em número e em comprimento, consequentemente, há redução na produção de tubérculos (FONTES; ROCHA; MARTINEZ, 1997; FERNANDES; SORATTO, 2016a; 2016b).

Diante disto, grandes quantidades de P solúvel têm sido aplicadas no sulco de plantio da batata a fim de garantir altas concentrações de fosfato na solução do solo (FERNANDES; SORATTO, 2016a; 2016b). Contudo, tem sido cada vez mais comum cultivar batata em solos já cultivados intensivamente, com batata ou outras culturas, e que apresentam teores elevados de P disponível. Nessas condições, supõe-se que seja possível aplicar menores doses de P, levando-se em consideração as reservas acumuladas de P no solo, pois, mesmo em áreas com alta disponibilidade de P e que recebem altas doses de fertilizantes fosfatados ($>400 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5), as quantidades de P extraídas pelas plantas de batata ficam em torno de 14 e 18 kg ha^{-1} de P (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; FERNANDES; SORATTO, 2016b; FERNANDES et al., 2017).

Além da fertilização via solo, nutrientes podem ser aplicados via foliar. A adubação foliar com macronutrientes é recomendada como suplemento nutricional à planta, para a mesma aumentar o rendimento e a qualidade na colheita. Neste sentido, a aplicação de P via adubação foliar tem sido considerada para reduzir estresses a nível bioquímico em diversos tecidos, uma vez que o nutriente é altamente móvel nas plantas e pode ser intensamente redistribuído de folhas velhas para novas e para

estruturas de reserva, como frutos, sementes e tubérculos, na época que estes se tornam drenos principais (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; EICHERT; FERNÁNDEZ, 2012; HAWKESFORD et al., 2012; STIGTER; PLAXTON, 2015; ZAMBROSI, 2019).

O aperfeiçoamento do manejo de nutrientes é necessário para melhorar a eficiência do uso de fertilizantes e aumentar a produtividade da cultura da batata de forma sustentável. Assim, a calibração de doses de P para o cultivo da batata em solos já com elevada disponibilidade do nutriente, bem como a inclusão da adubação foliar de P nos programas de adubação pode proporcionar economia de fertilizantes fosfatados, melhoria na qualidade da batata produzida e diminuição nos custos de produção, além de minimizar os riscos de poluição ambiental.

Diante do exposto, formulou-se como hipóteses para esta pesquisa: (i) é possível reduzir as doses de P tradicionalmente aplicadas no sulco de plantio para o cultivo da batata em solos com altos teores do elemento disponível; (ii) uma vez que o P é bastante exigido nas fases de tuberização e enchimento de tubérculos e o suprimento pelas raízes nessas etapas torna-se limitado e pode não ser capaz de fornecer toda a quantidade demandada pela cultura, pode haver respostas à adubação foliar de P, afim de suprir alguma deficiência que a cultura possa vir a apresentar do meio para o final do ciclo.

Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito de doses de P aplicadas no sulco de plantio e da aplicação de P via foliar na nutrição, produtividade e qualidade de tubérculos da cultura da batata, cultivada em solos com elevado teor de P disponível.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cultura da batata

Solanum tuberosum L., conhecida como batata, é uma planta dicotiledônea, pertencente à família *Solanaceae*, gênero *Solanum* (ALVES; FERREIRA; NICK, 2017; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). Os tubérculos são a principal forma de reprodução e também os órgãos de interesse econômico das plantas de batata. São compostos por cerca de 78-80% de água, 16-20% de carboidratos (principalmente amido) e cerca de 2% de proteína (LISINSKA; LESZCZYNSKI, 1989).

A batata é considerada a cultura alimentar não cerealífera mais importante do mundo (WIJESINHA-BETTONI; MOUILLÉ, 2019; DEVAUX et al., 2020), ocupando a terceira posição entre os alimentos mais consumidos no mundo, atrás apenas do arroz e trigo (ZHOU et al., 2019), com uma produção de 359 milhões de toneladas em 2021 (FAOSTAT, 2022). É um alimento altamente nutritivo, fornecedor de proteína, sais minerais e vitaminas, além de proporcionar energia oriunda dos carboidratos (WIJESINHA-BETTONI; MOUILLÉ, 2019; DEVAUX et al., 2020).

Estima-se que a produção de batata no Brasil, em 2021, tenha sido aproximadamente 4,1 milhões de toneladas em 125 mil hectares. Dentre os estados produtores, São Paulo destaca-se em segundo lugar atrás de Minas Gerais, com produtividade média de 32,8 t ha⁻¹ (IBGE, 2022). O cultivo de batata tem aumentado nos últimos anos, devido a cultura ter um grande potencial de rendimento em um ciclo relativamente curto e elevado valor nutricional (FERNANDES et al., 2010b; DE JONG, 2016).

Num cenário de constante crescimento populacional, as características da cultura da batata fazem dela uma estratégia para melhorar a segurança alimentar (KANTER et al., 2015), além de poder ser cultivada nas mais variadas regiões do mundo devido as condições climáticas favoráveis à cultura (DEVAUX et al., 2020; LIZANA et al., 2021).

Dentre as diversas cultivares de batata produzida no Brasil, destaca-se a cultivar Agata que é indicada para o preparo doméstico, na forma cozida ou assada, a cultivar Asterix é indicada para o processamento industrial na forma de palitos, já a cultivar Markies possui dupla aptidão de uso, ou seja, serve tanto para o preparo na forma cozida ou frita (SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2014; ABBA, 2022). Nos últimos anos tem aumentado também o cultivo da cultivar Orchestra, indicada para consumo

na forma cozida, apresentando quantidade de matéria seca (MS) mediana entre as duas cultivares citadas acima (FERREIRA; POPP, 2015). Essas definições quanto à aptidão da cultivar se dão em função da percentagem de MS, teor de açúcares e amido nos tubérculos (GARCIA et al., 2015).

2.2 Exigências nutricionais da batata

A batata tem um ciclo de desenvolvimento, entre 90 a 120 dias, alta taxa de crescimento e elevada produção por unidade de área (LIZANA et al., 2021). Possui um sistema radicular superficial e acumula grandes quantidades MS em um período curto de tempo (FERNANDES et al., 2010b), o que torna a batateira uma planta exigente em nutrientes disponíveis na solução do solo, especialmente N (nitrogênio), P e K (potássio) (MAGALHÃES, 1985; CARDOSO et al., 2007; FERNANDES; SORATTO, 2012b).

A extração de nutrientes está diretamente ligada a fatores externos, que estão relacionados com o ambiente de cultivo (temperatura, umidade, luminosidade e época de plantio), e a fatores internos (potencial genético e a idade da planta), segundo Sancho (1999) e Bertsch (2003). Portanto, é necessário estudos sobre a absorção e exportação de nutrientes de cada cultivar de batata, com a finalidade de otimizar a produção de tubérculos e reduzir o uso excessivo de fertilizantes (CABALCETA et al., 2005; ZOBIOLE et al., 2010; SORATTO et al., 2015).

A planta de batata absorve do solo, em média 4,3, 0,6, 7,2, 1,4, 0,5 e 0,6 kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, para cada tonelada de tubérculo produzido e exportam pelos tubérculos 2,7, 0,5, 4,8, 0,1, 0,2 e 0,4 kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, para cada tonelada de tubérculo colhido (FERNANDES; SORATTO, 2012a), ou seja, como a produtividade de tubérculos normalmente é elevada e a cultura exporta a maior parte da maioria dos nutrientes absorvidos, há a necessidade de disponibilização adequada, para evitar deficiências nutricionais. A absorção de macronutrientes pelas plantas de batata segue a seguinte ordem: $K > N > Ca > P > Mg > S$ (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; FERNANDES et al., 2017). Dessa forma, para alcançar um alto rendimento e a qualidade dos tubérculos de batata produzidos, é necessário um fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes à cultura, em quantidade e época de melhor aproveitamento pela cultura (ZENGIN et

al., 2009; FERNANDES; SORATTO, 2012a; KOCH et al., 2020a; NAUMANN et al., 2020).

2.3 Fósforo no solo e na planta e sua importância na cultura da batata

Atualmente, as adubações para a cultura da batata no Brasil são realizadas, muitas vezes, sem critérios técnicos pelos produtores, independente da análise de solo, portanto sendo uma recomendação adotada de forma genérica para os mais variados tipos de solo, cultivares e finalidades da produção, baseado apenas em aspectos práticos.

E, especialmente no caso do P, utilizando adubações muito maiores que a preconizada pela pesquisa (FERNANDES; SORATTO, 2012a; 2012b; 2016b; QUEIROZ et al., 2013), além de elevar o custo de produção (RIBEIRO, 1999; FERNANDES; SORATTO, 2016a, 2016b), podendo os fertilizantes representar em mais de 20% do custo de produção da batata, os quais atualmente são bastante elevados (SORATTO; FERNANDES, 2017; DELEO, 2022). Isso pode implicar na redução da qualidade dos tubérculos e da lucratividade, além do fato de que os nutrientes não absorvidos pelas plantas podem representar risco de poluição ambiental (ANDRIOLO et al., 2006; ROSEN et al., 2014).

O conhecimento do momento para o fornecimento de cada nutriente também é essencial para o equilíbrio nutricional da planta. Nos primeiros dias após o plantio (DAP), a batata absorve pouco P e, a partir do início da formação de tubérculos (~40 DAP), as quantidades absorvidas aumentam e o período de maior demanda por P ocorre entre 47 a 67 DAP; nesse período a absorção varia de 0,26-0,50 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de P, dependendo da cultivar (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; FERNANDES, 2021). Após esse período, o P continua sendo absorvido até o final do ciclo em menores taxas. Em torno de 80% do P absorvido pela batata é exportado pelos tubérculos (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; SORATTO; FERNANDES, 2016; FERNANDES et al., 2017). Dessa forma, parte do P aplicado no sulco de plantio, pode já não estar mais disponível para a planta no momento de maior demanda, fato este que está relacionado com a fixação do P no solo.

O P tem importante efeito no crescimento e desenvolvimento radicular (MESQUITA et al., 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012a; SORATTO et al., 2019), no processo de divisão celular, metabolismo de carboidratos, síntese e alocação de

amido para os tubérculos (HAWKESFORD et al., 2012). Na cultura da batata, a deficiência de P leva a crescimento reduzido da planta, menor número de tubérculos, tubérculos menores, menores teores de P e amido nos tubérculos (FERNANDES et al., 2015; FERNANDES; SORATTO, 2016a, 2016b). Segundo Eichert e Fernández (2012), como resultado da competição dos drenos por carboidratos, a atividade das raízes e, portanto, a absorção de nutrientes por elas, diminui com o início da fase reprodutiva. Nos tubérculos de batata, até 40% do P pode estar incorporado ao amido (HAWKESFORD et al., 2012), o que também evidencia a importância do nutriente para a formação dos tubérculos e a força de dreno de P que os tubérculos exercem durante a fase de enchimento (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; LEONEL et al., 2017).

Quando o P é absorvido pela planta, o P encontra-se nas formas orgânica (P_o) e inorgânica (P_i), sendo que na célula o P_i tende a ocorrer em maiores concentrações no vacúolo e em concentrações geralmente constantes no citoplasma (NOVAIS; SMYTH, 1999; ARAÚJO; MACHADO, 2006). Para manter a concentração de P_i estável no citoplasma, o P_i do vacúolo é liberado para o citoplasma, para suprir as necessidades metabólicas da célula (BIELESKI; FERGUSON, 1983; RAUSCH; BUCHER, 2002) em casos de restrição na absorção de P. Assim, dependendo da disponibilidade de P para a planta, as concentrações de P_i na planta variam bastante, enquanto as concentrações de P_o apresentam pequena variação (FABRES et al., 1987; MA; TAKAHASHI, 1990). O P_i é envolvido em processos metabólicos da planta (HAWKESFORD et al., 2012) e pode ser facilmente remobilizado das folhas, especialmente as mais velhas, para tecidos drenos, particularmente folhas novas e estruturas de reserva (STIGTER; PLAXTON, 2015), como os tubérculos na planta de batata. Por outro lado, altas concentrações de P_i na planta podem inibir a reação de certas enzimas e criar pressão osmótica anormal nas células, entre outros fatores (MA; TAKAHASHI, 1990). Sendo assim, quando o P é fornecido em altas doses pode haver aumento excessivo nas concentrações de P_i na planta (MA; TAKAHASHI, 1989; MA; TAKAHASHI, 1990; SORATTO et al., 2019), podendo, inclusive, afetar o crescimento (MA; TAKAHASHI, 1990).

Na solução do solo o P possui diferentes formas aniônicas, sendo elas $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} e PO_4^{3-} , variando a forma química em relação ao pH. Normalmente, em regiões tropicais a maioria dos solos é ácida, e o P da solução ocorre principalmente na forma $H_2PO_4^-$ (HAYLIN et al., 2005), sendo esta a principal forma de absorção das plantas.

Quanto ao P_i , ele representa o íon fosfato na solução do solo (P-solução), todas as formas precipitadas com Al^{3+} , Fe^{2+} e Ca^{2+} e adsorvidas aos oxi-hidróxidos de Fe e de Al da fração argila e, ainda, as formas estruturais dos minerais fosfatados (GATIBONI et al., 2013), e para que este P_i seja liberado na solução do solo ele precisa da ação dos microrganismos.

Alguns microrganismos do solo são responsáveis pela solubilização das rochas fosfatadas, pela mineralização e também imobilização do P (TATE, 1995). A solubilização ocorre através da síntese de ácidos orgânicos, os quais têm ação quelante em relação a íons ou através da produção de dióxido de carbono, o qual contribui para a acidificação da solução do solo devido a formação de ácido (TATE, 1995). A mineralização, ocorre através da ação de fitatos e esteres de fosfato (EPSTEIN; BLOOM, 2004). Já a imobilização, ocorre por um curto período de tempo e, de certo modo, contribui positivamente com a disponibilidade de fósforo para as plantas, pois impede a fixação desse nutriente (PAUL; CLARK, 1996).

Já o P_o é proveniente dos resíduos vegetais, e se trata do P ligado aos compostos orgânicos, onde a decomposição desses resíduos é realizada pelos microrganismos e até mesmo da degradação celular microbiana (RAIJ, 1991; RHEINHEIMER et al., 2002)

Alguns trabalhos concluíram que a cultura da batata é pouco eficiente em absorver P de solos com baixos teores de P disponível (SORATTO; FERNANDES, 2016; FERNANDES et al., 2017). Assim, apesar do P ser extraído em quantidades relativamente pequenas pela cultura da batata (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; FERNANDES et al., 2017), a disponibilidade de P no solo interfere fortemente na resposta da batateira à adubação fosfatada (FERNANDES; SORATTO, 2016a, 2016b). Este fato ocorre porque, quando adicionado ao solo, boa parte do P torna-se não disponível, em razão de reações de adsorção em colóides minerais, precipitação com minerais pouco solúveis como Ca, Fe e Al, ou conversão em formas orgânicas (HOLFORD, 1997), contribuindo para a baixa eficiência de recuperação do P dos adubos fosfatados pela cultura da batata (SHARMA et al., 1984). Para minimizar esse problema, normalmente aplicam-se grandes quantidades de P solúvel, no sulco de plantio da batata, visando garantir altas concentrações de fosfato na solução do solo (ALI; ANJUM; RANDHAWA, 2004b; HOPKINS; HORNECK; MACGUIDWIN, 2014) e, conseqüentemente, altas produtividades (LUZ et al., 2013, FERNANDES; SORATTO, 2016a, 2016b).

Como já mencionado, a aplicação de fertilizante fosfatado na batateira é elevada. Entretanto, altas doses de fertilizantes fosfatados em solo com alto teor disponível desse nutriente, não remete a ganhos na produtividade da cultura. Enquanto, em solos com baixa disponibilidade de P, há resposta da cultura a doses de 500 a 700 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (LUZ et al.; 2013, FERNANDES; SORATTO, 2016a, 2016b), Fernandes e Soratto (2016b) observaram que em solos com alta disponibilidade de P (70 mg dm⁻³ de P_{resina}), a aplicação de doses superiores a 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não aumentou o número, tamanho e produtividade dos tubérculos. As recomendações de adubação fosfatada para a cultura da batata no Brasil variam de 50 a 350 kg ha⁻¹ de P₂O₅, para solos com teores altos ou muito altos de P disponível (NEPAR-SBCS, 2017; FELTRAN et al., 2022a). Em solos com alto ou muito alto teor de P disponível do norte do Maine-EUA, Jasim et al. (2020) verificaram ausência na resposta da cultura da batata à aplicação de fertilizante fosfatado no sulco de plantio. Em Minnesota-EUA, Rosen e Bierman (2008) observaram que a aplicação de fertilizante fosfatado em solos de média a alta disponibilidade de P aumentou o número de tubérculos de tamanho inferior e promoveu menor produtividade de tubérculos de tamanho maior, conseqüentemente, a produtividade de tubérculos comercializáveis não foi reduzida.

Munoz, Mylavarapu e Hutchinson (2005) reforçaram que a cultura deve receber doses adequadas do fertilizante fosfatado, pois doses elevadas podem acarretar em alto custo de produção, além de provocar desbalanço nutricional, como a deficiência de zinco (Zn) (MCCOLLUM, 1978). Altas doses de P pode insolubilizar o Zn pelo fosfato na superfície das raízes (diminuindo a absorção), inibição não competitiva da absorção de Zn pelo P (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997), antagonismo entre o P e Zn, particularmente quando o teor de um dos elementos excede o nível crítico, podendo ainda o P diminuir o transporte de Zn da raiz para a parte aérea (ARAÚJO; MACHADO, 2006), afetando o desenvolvimento das plantas e a produção de tubérculos.

2.4 Adubação foliar na cultura da batata

A pulverização foliar de fertilizantes tem sido utilizada nas culturas como uma nutrição suplementar com macro e micronutrientes, possibilitando aumentar o crescimento, produtividade e a qualidade do produto colhido (HAYTOVA, 2013). O

fornecimento de parte do P por meio de pulverizações foliares, suplementando as quantidades aplicadas no solo, pode ser uma alternativa também na cultura da batata. Nutrientes aplicados nas folhas podem penetrar na superfície foliar via cutícula e estômatos (EICHERT; FERNÁNDEZ, 2012).

Mudkherjee, De e Saxena (1966) demonstraram que aplicação foliar de P, em combinação com sua aplicação no solo, resultou em aumentos de 18% na produção e 37% na sua absorção pela planta de batata, em relação aos valores obtidos com a aplicação apenas no solo. Prasad e Brereton (1970) confirmaram a viabilidade da adubação foliar de P, especialmente considerando que a concentração de P na batateira é pequena, quando comparada com N e K, por poder ser aplicado em conjugação com defensivos, por ter alta mobilidade na planta e por ser prontamente absorvido quando aplicado na folha. Smith (1978) relatou que, em algumas regiões da Rússia, a aplicação foliar de P era usada para aumentar a produção e o teor de amido nos tubérculos da batata. Ekelöf (2007) verificou que, sob adequada disponibilidade hídrica no solo, a aplicação foliar de P no início na tuberização, foi eficiente em aumentar a produtividade de tubérculos da cultura da batata. Dixon (2003) propôs que a aplicação foliar de P pode ser a maneira mais eficaz de um produtor fornecer o nutriente nos estágios finais de uma cultura e aumentar a eficiência do uso de fertilizantes. Zambrosi (2019) demonstrou que a aplicação foliar de P (na forma de fosfato) durante a fase reprodutiva do trigo pode ser uma opção adequada para aumentar a produtividade de grãos. Para Ekelof (2007) e Jasim, Hussein e Reuter (2013), a aplicação foliar de fertilizantes a base de P aumentou o crescimento da planta de batata, número de tubérculos por planta e a produtividade, além de melhorar a qualidade dos tubérculos.

Wright, Reich e Westoby (2001) observaram altas correlações positivas entre N e P em folhas de diversas espécies sob condições naturais; e esses resultados reforçam a coparticipação do P e N em processos bioquímicos e a importância de fontes que contenham ambos os nutrientes. O uso do fosfato monoamônio (MAP) via foliar, libera NH_4^+ e H_2PO_4^- para a solução, íons prontamente disponíveis e assimiláveis pelas folhas. A leve acidez deste fertilizante tanto reduz os riscos de perdas de amônia por volatilização, quanto favorece a absorção do N e do P pelas folhas (ABSOLLO, 2020). Na planta, o P é um elemento móvel, facilmente redistribuído entre os órgãos, das folhas velhas para as novas, para os frutos e sementes, característica importante para a adubação foliar (SILVA, 2006).

Os resultados supracitados sugerem que a aplicação de P via foliar, durante a fase de enchimento dos tubérculos, pode trazer benefícios à produtividade e qualidade da batata. Contudo, estudos nas condições brasileiras são inexistentes. Além disso, percebe-se que é necessário desenvolver estratégias para otimizar a eficiência do uso de fertilizantes, além de reduzir custos de produção da cultura da batata (JOERN; VITOSHI, 1995; FERNANDES; SORATTO, 2012a) e com isso, evitar a aplicação de adubos, principalmente fosfatado, em doses acima da necessária. Esta otimização pode ser obtida mediante o conhecimento da resposta da cultura à adubação fosfatada via solo e via foliar em solos com altos teores de P.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos em condições de campo, sendo um em 2021 e os outros dois em 2022, em áreas de produção de batata na região Sudoeste do Estado de São Paulo, com solos com alto teores de P disponível. No experimento I, foi utilizada a cultivar Agata, enquanto nos experimentos II e III, a cultivar Orchestra.

3.1 Localização e caracterização edafoclimática das áreas experimentais

O experimento I (exp. I - Itapeva) foi conduzido no ano de 2021, em área comercial na Fazenda Primavera, localizada no município de Itapeva-SP, com as seguintes coordenadas geográficas 23°41'19" S e 49°01'56" W, e altitude média de 645 metros.

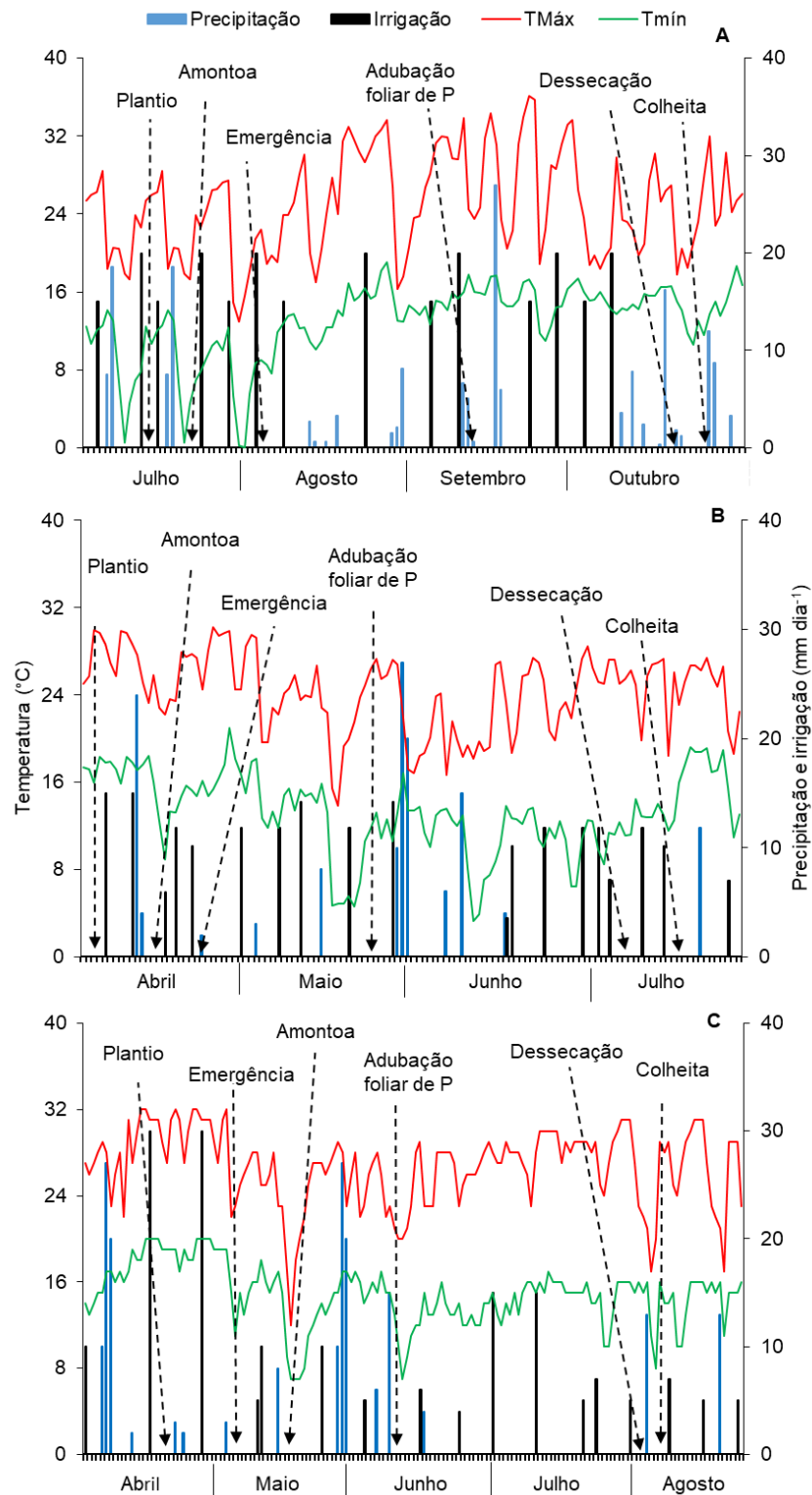
Os experimentos implantados no ano de 2022, definidos como experimento II (exp. II - Itaí) e experimento III (exp. III - Paranapanema), foram conduzidos em duas áreas distintas. O exp. II foi conduzido na Fazenda Santa Marina, no município de Itaí-SP, com as seguintes coordenadas geográficas 23°27'34.2" S e 48°56'48.1" W, e altitude média de 619 metros. O exp. III foi conduzido na Fazenda Paracatuba, no município de Paranapanema-SP, com as seguintes coordenadas geográficas 23°31'49.6" S; 48°42'16.7" W e altitude média de 639 metros (Tabela 1). Os experimentos foram conduzidos em áreas anteriormente ocupadas pela cultura do milho.

Tabela 1 – Descrição da cultivar, localização e ano de execução dos experimentos I, II e III

Experimentos	Cultivar	Local	Ano
I	Agata	Itapeva	2021
II	Orchestra	Itaí	2022
III	Orchestra	Paranapanema	2022

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante da região é Cfa, que se caracteriza pelo clima subtropical úmido. A precipitação pluvial, irrigação, temperaturas máxima e mínima foram registrados durante a condução dos experimentos (Figura 1).

Figura 1 – Dados diários de precipitação, irrigação e temperaturas mínimas e máximas durante a condução dos experimentos, de julho a outubro de 2021 em Itapeva-SP (A), de abril a julho de 2022 em Itaipu-SP (B) e de abril a agosto de 2022 em Paranapanema-SP (C)



Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-0,20 m, para determinação das características químicas (RAIJ et al., 2001) e granulométricas do solo (EMBRAPA, 1997), cujo resultados encontram-se na Tabela 2. Em todas as áreas, o solo apresentava teor de P considerado alto.

Tabela 2 – Características químicas e granulométricas dos solos, na profundidade de 0-0,20 m, antes da instalação dos experimentos

Características	Exp. I (Itapeva)	Exp. II (Itaí)	Exp. III (Paranapanema)
pH(CaCl ₂)	5,6	5,3	4,9
MO (g dm ⁻³)	31	23	29
P_{resina} (mg dm⁻³)	123	74	105
S-SO ₄ ²⁻ (g dm ⁻³)	34	103	27
K _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	5,3	5,0	8,3
Ca _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	61	77	62
Mg _{ex} (mmol _c dm ⁻³)	18	24	17
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	35	36	48
CTC (mmol _c dm ⁻³)	119	141	135
V (%)	71	75	65
B (mg dm ⁻³)	0,70	0,63	0,48
Cu (mg dm ⁻³)	3,2	1,8	3,9
Fe (mg dm ⁻³)	36	28	52
Mn (mg dm ⁻³)	2,3	4,5	16,5
Zn (mg dm ⁻³)	5,8	2,6	4,2
Areia (g kg ⁻¹)	466	231	92
Silte (g kg ⁻¹)	166	133	169
Argila (g kg ⁻¹)	368	636	738

3.2 Caracterização das cultivares

A cultivar Agata destaca-se por apresentar maturação precoce, dormência curta, por ser altamente produtiva, além de ser a mais plantada no Brasil para o mercado de tubérculos frescos. Porém, seus tubérculos apresentam baixo teor de matéria seca (MS), não servindo para fritura. É uma cultivar moderadamente resistente ao fungo *Phytophthora* nos tubérculos, bastante resistente ao vírus Yn, porém é susceptível a sarna comum. Possui tubérculo oval de pele amarela e polpa de cor amarelo claro (PEETEN et al., 2011; ABBA, 2022).

A cultivar Orchestra, tem ciclo curto-mediano, apresenta hastes que se mantêm mais firmes e com coloração verde até as últimas semanas de cultivo, apresenta dormência mediana e pouca dominância apical, permitindo o armazenamento da semente por longo período. Não é adequada a fritura, porém apresenta uma textura

de polpa firme, com MS mediana em torno de 16,2% sendo adequada ao consumo culinário de várias formas. É um material medianamente susceptível à requeima e apresenta boa resistência à Canela, Pinta Preta, Rizoctoniose e Sarna Comum. Apresenta boa resistência a degeneração por vírus X, Y e enrolamento, porém é ligeiramente susceptível à Fusariose. Os tubérculos são de formato ovalado, com película amarela e polpa amarelo-clara, sendo indicados para o uso doméstico e preparados cozidos e assados (ABBA, 2022).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

Em todos os experimentos (I, II e III), o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 5×2, com quatro repetições. Assim, os experimentos foram constituídos por dez tratamentos, compostos pela combinação de quatro doses de P via solo (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e com e sem aplicação de P via foliar, na dose de 9,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 3), totalizando 40 unidades experimentais. Nos tratamentos com aplicação de P via foliar, esta foi realizada em três ocasiões, onde cada aplicação recebeu 3,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ durante a fase de enchimento dos tubérculos.

Em todos os experimentos, a fonte de P utilizada via solo foi o fosfato monoamônico (MAP), que apresentava teores de 11% de N e 52% de P₂O₅. A fonte de P utilizada via foliar foi o fosfato monoamônico purificado (MAP purificado), que apresentava teores de 12% de N e 61% de P₂O₅. Para todos os tratamentos foi realizado o balanceamento do N com ureia (46% de N).

Tabela 3 – Tratamentos utilizados nos experimentos

Tratamentos	Doses de P ₂ O ₅ no sulco de plantio (kg ha ⁻¹)	Aplicação de P via foliar na fase de tuberização
1	0	Sem
2	50	Sem
3	100	Sem
4	200	Sem
5	400	Sem
6	0	Com
7	50	Com
8	100	Com
9	200	Com
10	400	Com

Cada parcela experimental foi composta de cinco fileiras de plantas com seis metros de comprimento, espaçadas em 0,8 m, totalizando 24 m², para os experimentos I e II. Para o experimento III, o espaçamento foi de 0,9 m, totalizando 27 m². Para as avaliações, foram consideradas de cada parcela as três linhas centrais com quatro metros de comprimento (9,6 m²), desprezando-se 1,0 m na extremidade de cada fileira.

3.4 Instalação e condução dos experimentos

O preparo do solo em todas as áreas e anos de execução foram realizados de forma convencional, mediante subsolagem e gradagens. Para o plantio, a abertura dos sulcos foi realizada mecanicamente pelo produtor, utilizando a plantadora com o sistema de recobrimento desativado.

As adubações foram semelhantes às utilizadas pelos produtores nas respectivas áreas, exceto para a aplicação de P. Assim, nos experimentos I e II, a adubação constou de aplicação de 255 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl, 60% de K₂O) e no experimento III, 170 kg ha⁻¹ de K₂O, todos aplicados a lanço após o plantio. Em seguida, para os experimentos I, II e III, os tratamentos foram aplicados manualmente em cada uma das parcelas, sendo que o P foi aplicado no sulco de plantio de acordo com a dose estabelecida para cada tratamento (Tabela 3). Quanto ao manejo de N, doses de N na forma de ureia (46% de N) foram aplicadas a fim de alcançar os níveis definidos para cada tratamento em relação às doses de MAP aplicadas. O balanceamento do N levou em consideração a quantidade de N presente no MAP, sendo aplicado nas parcelas dos tratamentos 1 e 6, 2 e 7, 3 e 8, 4 e 9, respectivamente, 184, 161, 138, 92 kg ha⁻¹ de ureia. Nos tratamentos 5 e 10 não foi necessária aplicação de ureia para balancear a quantidade de N no sulco de plantio. Assim, todas as parcelas receberam 84,6 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio. Os fertilizantes foram levemente misturados ao solo do sulco, com o uso de enxada, para evitar o contato com os tubérculos-sementes. Após a distribuição e incorporação dos fertilizantes no sulco de plantio, os tubérculos-sementes foram distribuídos manualmente, nas datas apresentadas na Tabela 4. No exp. I, foram utilizados tubérculos tipo III (diâmetro entre 30 e 40 mm) da cultivar Agata e espaçamento de 0,30 m entre eles no sulco. Nos experimentos II e III, foram utilizados tubérculos-

sementes tipo IV (diâmetro <23 mm) da cultivar Orchestra e espaçamento de 0,18 m entre eles no sulco.

Tabela 4 – Cronograma das atividades realizadas nos três experimentos

Atividades	Exp. I (Itap.) - 2021			Exp. II (Itaí) - 2022			Exp. III (Paran.) - 2022		
	Data	DAP ¹	DAE ²	Data	DAP ¹	DAE ²	Data	DAP ¹	DAE ²
Plantio	14/07	-	-	06/04	-	-	22/04	-	-
Emergência	09/08	27	-	21/04	16	-	06/05	15	-
Amontoa	20/07	06	-	15/04	09	-	13/05	22	8
1ª Col. de folha	14/09	63	37	23/05	48	33	07/06	47	33
1ª Aplic. P foliar	14/09	63	37	23/05	48	33	07/06	47	33
2ª Col. de folha	22/09	71	45	04/06	60	45	24/06	64	50
2ª Aplic. P foliar	22/09	71	45	04/06	60	45	24/06	64	50
3ª Col. de folha	29/09	78	52	17/06	73	58	07/07	77	63
3ª Aplic. P foliar	29/09	78	52	17/06	73	58	07/07	77	63
4ª Col. de folha	07/10	86	60	05/07	91	76	25/07	95	81
Coleta de planta	07/10	86	60	05/07	91	76	25/07	95	81
Dessecação	22/10	101	75	06/07	92	77	05/08	106	92
Colheita	29/10	108	82	19/07	105	90	11/08	112	98

¹DAP: dias após o plantio; ²DAE: dias após a emergência.

Os tratamentos de sulco foram iguais nos experimentos I e II, sendo realizada aplicação dos fungicidas penciclurom (1062 g ha⁻¹ do ingrediente ativo (i.a.)), e fluazinam (905 g ha⁻¹ do i.a.), do inseticida fipronil (4,8 g ha⁻¹ do i.a.) e o regulador de crescimento (cinetina – 0,036 g ha⁻¹ do i.a., ácido giberélico – 0,02 g ha⁻¹ do i.a., ácido indol – 0,02 g ha⁻¹ do i.a.), de acordo com o critério do produtor. No experimento III, foi realizado a aplicação dos fungicidas fludioxonil (50 g ha⁻¹ do i.a.), metalaxil-M (75 g ha⁻¹ do i.a.) e fluazinam (500 g ha⁻¹ do i.a.) e dos inseticidas carbossulfano (800 g ha⁻¹ do i.a.), fipronil (160 g ha⁻¹ do i.a.) e clorpirifós (108,9 g ha⁻¹ do i.a.). O fechamento do sulco também foi realizado mecanicamente pelo produtor, utilizando a plantadora com o sistema de sulcamento desativado.

Quanto à adubação de cobertura, via solo ou fertirrigação, no experimento I foram aplicados 122 kg ha⁻¹ de ureia (45% de N) e 9,15 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio (9% de Mg e 12% de S) no dia 22/08/2021; 15 kg ha⁻¹ de nitrato de cálcio (15,5% de N e 19% de Ca) e 5 kg ha⁻¹ de nitrato de magnésio (11% de N e 9,6% de Mg) no dia 03/09/2021, e 9,8 kg ha⁻¹ de nitrato de magnésio no dia 18/09/2021. No experimento II, os seguintes fertilizantes foram aplicados: 1,5 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco (20% de Zn e 9% de S) no dia 16/04/2022; 43,73 kg ha⁻¹ de nitrato de magnésio e 0,0905 kg

ha⁻¹ molibdato de sódio (39% de Mo) no dia 29/04/2022; 120 kg ha⁻¹ de ureia no dia 07/05/2022; 113 kg ha⁻¹ de ureia e 37,376 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio em 20/05/2022; 15,10 kg ha⁻¹ de nitrato de potássio (45% de K₂O e 12% de N) no dia 08/06/2022, e 8 kg ha⁻¹ de sulfato de potássio (50% de K₂O e 17% de S) em 06/07/2022. Para o experimento III, foram aplicados: 100 kg ha⁻¹ de nitrabor (15,4% de N; 18,3% de Ca e 0,3% de B) nos dias 13/05/2022 e 27/05/2022; 250 kg ha⁻¹ de yarabela (27% de N; 4% de Ca e 2% de Mg) no dia 22/07/2022, e 20 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio e 20 kg ha⁻¹ de nitrato de potássio no dia 26/07/2022.

De acordo com a dose estabelecida para cada tratamento, foi realizado a aplicação foliar de P na forma de MAP purificado. As aplicações de P via foliar foram realizadas em três ocasiões, na fase de enchimento dos tubérculos, ou seja, aos 33-37, 45-50 e 52-63 dias após a emergência (DAE) (Tabela 4). Os tratamentos que não receberam a adubação foliar de P foram balanceados com a aplicação de 0,59 kg ha⁻¹ de N (ureia). Para as aplicações, utilizou-se um pulverizador manual pressurizado com CO₂, com volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Em todos os experimentos, a irrigação foi realizada por sistema de aspersão do tipo pivô central. A aplicação de água via irrigação foi definida de acordo com as recomendações técnicas para a cultura na região e critérios adotados por cada produtor, visando atender as necessidades hídricas do sistema solo-planta, durante todo o ciclo da cultura. As quantidades de água aplicadas ao longo do ciclo da cultura via irrigação são apresentadas na Figura 1.

Em todos os experimentos, o controle fitossanitário foi realizado de acordo com os critérios adotados pelo produtor (Tabela 5, 6 e 7).

As plantas de batata de todos os experimentos foram dessecadas com aplicação herbicida diquat (400 g ha⁻¹ do i.a.), nas datas indicada na Tabela 4. As colheitas de tubérculos foram realizadas 7, 13 e 6 dias após a dessecação, respectivamente, em Itapeva-SP 2021, Itaí-SP 2022 e Paranapanema-SP 2022.

Tabela 5 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira no experimento I conduzido em Itapeva-SP, no ano de 2021

Data da aplicação	Classe	Ingrediente ativo	Dose (g i.a ha ⁻¹)
26/07/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
26/07/21	Herbicida	Pendimetalina	800,0
26/07/21	Herbicida	Metribuzim	288,0
26/07/21	Herbicida	Diquate	200,0
05/08/21	Inseticida	Clorpirifós + Xileno	785,6 + 818,3
09/08/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
09/08/21	Fungicida	Clorotalonil	1224,0
09/08/21	Inseticida	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	42,3 + 31,8
13/08/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
13/08/21	Inseticida	Imidacloprido	175,0
13/08/21	Inseticida	Zeta-cipermetrina	52,5
17/08/21	Herbicida	Alaclor + Atrazina	300,0 + 180,0
17/08/21	Fungicida	Mandipropamida + Clorotalonil	100,0 + 1000,0
17/08/21	Fungicida	Trifloxistrobina	75,0
17/08/21	Inseticida	Fenitrotiona + Esfenvalerato + Xileno	256,0 + 12,8 + 74,5
22/08/21	Inseticida	Clorpirifós	540,0
24/08/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
24/08/21	Fungicida	Mancozebe	2480,0
24/08/21	Fungicida	Hidróxido de cobre	538,0
24/08/21	Inseticida	Clorfenapir	144,0
24/08/21	Inseticida	Lambda-Cialotrina	3,0
31/08/21	Inseticida	Clorpirifós + Xileno	960,0 + 1000,0
31/08/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
31/08/21	Fungicida	Clorotalonil	1260,0
31/08/21	Inseticida	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	56,4 + 42,4
31/08/21	Fungicida	Trifloxistrobina	75,0
03/09/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
03/09/21	Inseticida	Clorfenapir	144,0
06/09/21	Inseticida	Clorpirifós	931,3
08/09/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
08/09/21	Fungicida	Clorotalonil	1260,0
08/09/21	Fungicida	Dimetomorfe	225,0
08/09/21	Inseticida	Acefato	750,0
08/09/21	Acaricida	Abamectina	14,4
13/09/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
13/09/21	Fungicida	Clorotalonil	1260,0
13/09/21	Fungicida	Hidróxido de cobre	538,0
13/09/21	Inseticida	Clorfenapir	144,0
13/09/21	Inseticida	Lambda-Cialotrina	3,1
18/09/21	Inseticida	Clorpirifós	783,0
24/09/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
24/09/21	Herbicida	Atrazina	1250,0

24/09/21	Fungicida	Clorotalonil	1260,0
24/09/21	Fungicida	Azoxistrobina + Difenconazol	70,0 + 43,7
24/09/21	Inseticida	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	52,1 + 39,2
24/09/21	Inseticida	Benzoato de Emamectina	1,0
30/09/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
30/09/21	Fungicida	Clorotalonil	1260,0
30/09/21	Fungicida	Hidróxido de cobre	672,5
30/09/21	Inseticida	Acefato	937,5
30/09/21	Inseticida	Lambda-Cialotrina	2,5
09/10/21	Inseticida	Clorpirifós + Xileno	960,0 + 1000,0
22/10/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
22/10/21	Herbicida	Dibrometo de diquate + Diquate	748,0 + 400,0
22/10/21	Inseticida	Lambda-Cialotrina	3,0
22/10/21	Herbicida	Alacloro + Atrazina	300,0 + 180,0
22/10/21	Herbicida	Carfentrazona-étilica + Petroleum	40,0 + 55,6
22/10/21	Inseticida	Lambda-Cialotrina	3,0

g i.a. ha⁻¹: gramas do ingrediente ativo por hectare.

Tabela 6 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira no experimento II conduzido em Itaí-SP, no ano de 2022

Data da aplicação	Classe	Ingrediente ativo	Dose (g i.a ha ⁻¹)
17/04/2022	Herbicida	Pendimetalina	800,0
17/04/2022	Herbicida	Metribuzim	302,4
17/04/2022	Herbicida	Dibrometo de diquate + Diquate	508,6 + 272,0
24/04/2022	Fungicida	Clorotalonil	877,5
24/04/2022	Inseticida	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	40,8 + 30,7
24/04/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	73,5
25/04/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	15,0
28/04/2022	Fungicida	Cimoxanil + Clorotalonil	97,7 + 733,1
28/04/2022	Inseticida	Acefato + Sílica	669,3 + 18,63
28/04/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	14,3
29/04/2022	Inseticida	Clorpirifós	643,5
30/04/2022	Inseticida	Malationa	750,0
03/05/2022	Inseticida	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	48,6 + 36,5
04/05/2022	Fungicida	Clorotalonil	1290,0
04/05/2022	Fungicida	Trifloxistrobina	75,0
09/05/2022	Fungicida	Hidróxido de cobre	538,0
09/05/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	13,0
12/05/2022	Fungicida	Cloridrato de Propamocarbe + Fluopicolida	768,7 + 76,8
12/05/2022	Inseticida	Abamectina	14,0
12/05/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina + Clorantraniliprole	9,7 + 19,5
16/05/2022	Fungicida	Oxicloreto de cobre	907,2
16/05/2022	Fungicida	Mancozebe	1160,0
16/05/2022	Inseticida	Carbosulfano	97,5

19/05/2022	Fungicida	Mandipropamida + Clorotalonil	98,4 + 984,0
19/05/2022	Inseticida	Clorfenapir	156,0
19/05/2022	Inseticida	Teflubenzurom	37,5
23/05/2022	Fungicida	Hidróxido de cobre	546,0
23/05/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	2,9
23/05/2022	Inseticida	Imidacloprido	177,1
26/05/2022	Fungicida	Clorotalonil	1305,0
26/05/2022	Fungicida	Trifloxistrobina	72,5
26/05/2022	Inseticida	Acefato + Sílica	703,2 + 19,5
26/05/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	2,9
03/06/2022	Fungicida	Cloridrato de Propamocarbe + Fluopicolida	906,2 + 90,6
03/06/2022	Fungicida	Hidróxido de cobre	538,0
03/06/2022	Inseticida	Carbosulfano	90,0
10/06/2022	Fungicida	Azoxistrobina + Difenconazol	69,6 + 43,5
10/06/2022	Fungicida	Clorotalonil	1305,0
10/06/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	2,9
10/06/2022	Fungicida	Trifloxistrobina	362,5
16/06/2022	Fungicida	Mancozebe	1897,5
16/06/2022	Fungicida	Difenconazol	90,5
16/06/2022	Inseticida	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	49,0 + 36,8
22/06/2022	Fungicida	Clorotalonil	1144,8
22/06/2022	Fungicida	Hidróxido de cobre	468,0
22/06/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	14,5
28/06/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	4,0
11/07/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	2,55

g i.a. ha⁻¹: gramas do ingrediente ativo por hectare.

Tabela 7 – Tratamento fitossanitário realizado na cultura da batateira no experimento III conduzido em Paranapanema-SP, no ano de 2022

Data da aplicação	Classe	Ingrediente ativo	Dose (g i.a ha ⁻¹)
09/05/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	26,0
09/05/2022	Herbicida	Metribuzim	298,0
09/05/2022	Inseticida	Carbaril	238,0
09/05/2022	Inseticida	Clorpirifós	992,0
09/05/2022	Inseticida	Fipronil	160,0
16/05/2022	Fungicida	Oxicloreto de cobre	940,8
16/05/2022	Fungicida	Mancozebe	2400,0
16/05/2022	Inseticida	Gama-Cialotrina	9,3
21/05/2022	Fungicida	Clorotalonil	1550,0
21/05/2022	Fungicida	Picoxistrobina	50,0
21/05/2022	Fungicida	Dimetomorfe	400,0
21/05/2022	Fungicida	Casugamicina	58,0

21/05/2022	Inseticida	Carbossulfano	331,0
26/05/2022	Inseticida	Acetamiprido + Etofenproxi	66,8 + 120,0
26/05/2022	Inseticida	Acefato	1002,0
29/05/2022	Fungicida	Oxicloreto de cobre	940,8
29/05/2022	Inseticida	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	35,0 + 26,0
29/05/2022	Fungicida	Mancozebe	2400,0
29/05/2022	Fungicida	Casugamicina	58,0
29/05/2022	Inseticida	Cloridrato de Propamocarbe	1083,0
29/05/2022	Fungicida	Procimidona	723,0
04/06/2022	Fungicida	Oxicloreto de cobre	940,8
04/06/2022	Fungicida	Carbendazim	1033,0
04/06/2022	Inseticida	Lambda-Cialotrina	26,0
04/06/2022	Fungicida	Casugamicina	58,0
04/06/2022	Fungicida	Metalaxil-m + Clorotalonil	100,0 + 542,0
04/06/2022	Fungicida	Mancozebe	1600,0
04/06/2022	Fungicida	Tiofanato Metílico	400,0
07/06/2022	Inseticida	Acefato	1002,0
07/06/2022	Inseticida	Tiametoxam	180,0
13/06/2022	Fungicida	Oxicloreto de cobre	940,8
13/06/2022	Fungicida	Casugamicina	58,0
13/06/2022	Fungicida	Mancozebe	1600,0
13/06/2022	Inseticida	Fenitrotona + Esfenvalerato	400,0 + 20,0
13/06/2022	Inseticida	Cloridrato de Propamocarbe	1083,0
17/06/2022	Inseticida	Imidacloprido + Beta-Ciflutrina	75,0 + 9,4
17/06/2022	Fungicida	Carbendazim	1033,0
17/06/2022	Fungicida	Cloridrato de propamocarbe + Fluopicolida	904,0 + 90,0
17/06/2022	Fungicida	Casugamicina	58,0
17/06/2022	Fungicida	Ciprodinil	187,5
25/06/2022	Fungicida	Picoxistrobina	50,0
25/06/2022	Fungicida	Mancozebe + Cimoxanil	1058,0 + 132,0
25/06/2022	Fungicida	Oxicloreto de cobre	940,8
25/06/2022	Inseticida	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	35,0 + 26,0
25/06/2022	Fungicida	Casugamicina	58,0
25/06/2022	Inseticida	Carbossulfano	331,0
02/07/2022	Fungicida	Picoxistrobina	50,0
02/07/2022	Fungicida	Mancozebe	2400,0
02/07/2022	Fungicida	Oxicloreto de cobre	1078,0
02/07/2022	Inseticida	Fenitrotona + Esfenvalerato	400,0 + 20,0
02/07/2022	Fungicida	Bentiavalicarbe Isopropílico + Clorotalonil	54,0 + 542,0
14/07/2022	Inseticida	Acetamiprido + Etofenproxi	66,8 + 120,0
14/07/2022	Fungicida	Mancozebe	2400,0
21/07/2022	Fungicida	Clorotalonil	1550,0

21/07/2022	Fungicida	Picoxistrobina	50,0
21/07/2022	Fungicida	Hidróxido de Cobre	807,0
21/07/2022	Inseticida	Metomil	222,0
21/07/2022	Fungicida	Oxicloreto de cobre	1078,0
21/07/2022	Inseticida	Fenitrotiona + Esfenvalerato	400,0 + 20,0
03/08/2022	Inseticida	Acetamiprido	60,0
03/08/2022	Fungicida	Monoetilenoglicol	34,7

g i.a. ha⁻¹: gramas do ingrediente ativo por hectare.

3.5 Avaliações

3.5.1 Teores de nutrientes nas folhas

Entre 33 e 81 DAE, foram realizadas coletas de folhas para avaliação da diagnose foliar (Tabela 4). As realizações das coletas foram manejadas de acordo com as condições climáticas e desenvolvimento da cultura. Entre 33 e 63 DAE, as folhas foram coletadas imediatamente antes da aplicação dos tratamentos via foliar, dependendo do experimento. Em cada data, foram coletadas 10 folhas por parcela (3^a-4^a folha totalmente expandida a partir do ápice). Todas as folhas foram submetidas à lavagem com água destilada, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar para secagem a 65 °C, por aproximadamente 72 h e, posteriormente, moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Nas folhas coletadas aos 35 DAE foram determinados os teores dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo os métodos descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Nas folhas coletadas nas datas posteriores, foi determinado somente o teor de P.

3.5.2 Acúmulo e partição de MS e P na planta

Para determinação do acúmulo de MS e de P pela cultura, foram coletadas quatro plantas na área útil de cada parcela experimental, nas mesmas datas da contagem de plantas e hastes, antes da dessecação, período no qual a cultura atinge o acúmulo máximo de MS e de nutrientes (FERNANDES et al., 2010b; FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011).

Depois de colhidas, as plantas foram lavadas, separada em tubérculos e resto da planta (raízes mais grossas, estolões, caules e folhas) e submetidas à secagem

em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 96 h. Após a secagem, as amostras foram pesadas para obtenção da MS e moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Esta porção triturada foi utilizada para a determinação do teor de P, segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Posteriormente, os teores de P foram multiplicados pela quantidade de MS acumulada em cada parte da planta e realizada o somatório para o cálculo da quantidade de P absorvido. As partições de MS e P entre os tubérculos e resto da planta foram calculadas.

3.5.3 População de plantas e número de hastes por planta

O número de plantas por área e o número médio de hastes por planta foram determinadas em duas fileiras de plantas por parcela. Sendo realizadas aos 86 DAP (07/10/2021) no experimento I, aos 91 DAP (05/07/2022) no experimento II e aos 95 DAP (25/07/2022) no experimento III (Tabela 4). Os resultados do número de plantas por área foram convertidos em plantas ha⁻¹ e hastes planta⁻¹.

3.5.4 Número, produtividade e classificação dos tubérculos produzidos

Na colheita (Tabela 4), foram coletados tubérculos de duas fileiras de 2 m da área útil de cada unidade experimental. Estes foram lavados, contados e classificados segundo o diâmetro em quatro classes: especial (tubérculos com diâmetro maior que 45 mm), primeira (tubérculos com diâmetro entre 33 e 45 mm), segunda (tubérculos com diâmetro entre 23 e 33 mm) e miúda (tubérculos com diâmetro inferior a 23 mm). Após classificados, os tubérculos foram pesados para determinação da produtividade de tubérculos por classe. A partir do somatório de todas as classes foi determinada a produtividade total de tubérculos. Também foi calculada a proporção de produtividade de tubérculos da classe especial.

3.5.5 Peso médio dos tubérculos

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

3.5.6 Firmeza da polpa

A firmeza da polpa foi determinada em seis tubérculos (com casca) da classe especial de cada parcela, utilizando-se texturômetro com profundidade de penetração de 20 mm e velocidade de 2,0 mm s⁻¹ e ponteiro TA 9/1000.

3.5.7 Porcentagem de matéria seca dos tubérculos

Para determinação da MS, uma amostra de tubérculos de cada tratamento foi coletada aleatoriamente e pesada (peso fresco), fatiada e seca em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 96, para a obtenção da MS. Com os dados de peso fresco e peso seco da amostra foram calculadas as porcentagens de MS dos tubérculos.

3.5.8 Teor e exportação de P nos tubérculos na colheita

As amostras utilizadas para determinação da porcentagem de MS dos tubérculos, foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 1 mm. Posteriormente foram submetidas à análise do teor de P (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). A exportação de P foi calculada mediante a multiplicação do teor pela MS dos tubérculos colhidos, sendo os dados expressos em quantidade de nutriente exportada por área.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos nos três experimentos foram submetidos a uma análise de variância conjunta. No entanto, como os experimentos diferiram também quanto à cultivar, época de plantio, condições climáticas, manejo fitossanitário e de nutrientes, etc., e o objetivo principal foi estudar a resposta da cultura da batata às doses de P via solo e à aplicação de P via foliar, não foi dada ênfase ao fator experimento ou à interação do experimento com os demais fatores. As médias dos fatores experimento e aplicação de P via foliar foram comparadas pelo teste LSD a 5% de probabilidade. Os efeitos das doses de P₂O₅ no sulco de plantio foram avaliados por meio de análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão significativos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

e aquelas que melhor explicavam a relação entre as doses de P_2O_5 a variável dependente. As doses de adubação P_2O_5 no sulco de plantio que resultaram nos valores máximos de cada variável foram obtidas a partir do ponto de inflexão ou estabilização das curvas plotadas. Para a variável produtividade total de tubérculos, foram ajustados os modelos platô-linear e platô-quadrático, bem como foi considerada a média deles para definir a dose ótima de P_2O_5 com maior precisão e acurácia (MIGUEZ; POFFENBARGER, 2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teores de nutrientes nas folhas

O teor de N na folha foi afetado apenas pelo fator experimento, sendo os maiores valores de N ocorreram no exp. III e os menores no exp. II (Tabela 8). Não houve efeitos significativos das doses de P no sulco de plantio no teor foliar de N. Em todos os experimentos, os teores de N apresentava-se dentro das faixas consideradas adequadas por Feltran et al. (2022b) (40-60 g kg⁻¹ de N) e Jones Junior (1991) (45-60 g kg⁻¹ de N), e semelhante aos valores obtidos por Fernandes (2013) (55,3 g kg⁻¹ de N) e Martins (2017) (57,7 g kg⁻¹ de N).

Tabela 8 – Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose da cultura da batata, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência, em função de doses de P no sulco de plantio, em três experimentos

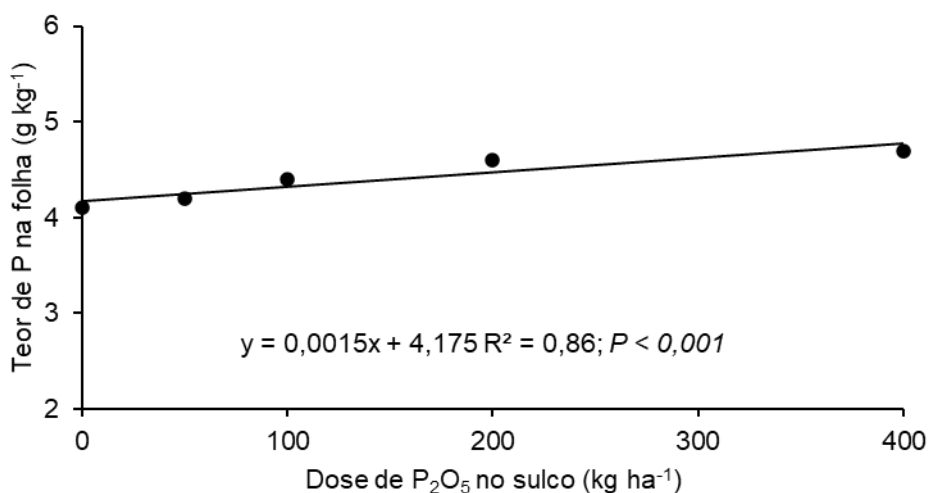
Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Experimento						
Exp. I (Itapeva)	52,2b ⁽¹⁾	4,0b	35,0b	21,3a	7,4a	2,2c
Exp. II (Itaí)	43,8c	3,7c	37,2a	13,5b	5,5b	2,8b
Exp. III (Paranap.)	57,4a	5,6a	38,1a	13,1b	4,6c	3,9a
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)						
0	50,1	4,1	37,5	15,0	5,9	3,0
50	51,4	4,2	37,1	15,7	5,7	3,0
100	52,6	4,4	36,8	16,4	5,7	3,2
200	51,5	4,6	36,2	16,5	5,9	2,8
400	50,1	4,7	36,2	16,3	5,8	2,7
Fonte de variação	P > F					
Experimento (E)	<0,001	<0,001	0,011	<0,001	<0,001	<0,001
Doses (D)	0,493	<0,001	0,839	0,242	0,633	0,031
E × D	0,161	0,246	0,166	0,984	0,346	0,006
CV(%)	7,7	6,5	8,5	11,6	8,6	13,5

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do fator experimento, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Houve efeito dos fatores isolados, experimento e dose de P no sulco de plantio, nos teores de P na folha diagnose (Tabela 8). O maior teor foliar de P ocorreu no exp. III (5,6 g kg⁻¹), enquanto o menor foi observado no experimento II (3,7 g kg⁻¹). A adubação fosfatada no sulco de plantio aumentou os teores de P na folha diagnose da batateira, de forma linear, até a dose de 400 kg ha⁻¹, independente do experimento (Figura 2). Apesar disso, todos os valores estavam dentro da faixa tida como adequada para a cultura da batata, que é de 3,0 a 5,0 g kg⁻¹ de P (FELTRAN et al.,

2022B), mesmo nos tratamentos que não receberam adubação fosfatada, o que demonstra que o P já disponível, os quais se encontravam em teores elevados (Tabela 2), no solo foi suficiente para nutrir adequadamente a cultura. Fernandes e Soratto (2016b) também verificaram que, apesar da adubação fosfatada no sulco de plantio ter aumentando os teores de P na folha diagnose da batateira, quando o teor de P disponível no solo já era considerado alto, os teores foliares encontravam-se acima de $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ mesmo na ausência de adubação fosfatada.

Figura 2 – Efeito de doses de P no sulco de plantio no teor de P na folha diagnose da cultura da batata, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência. Média de três experimentos

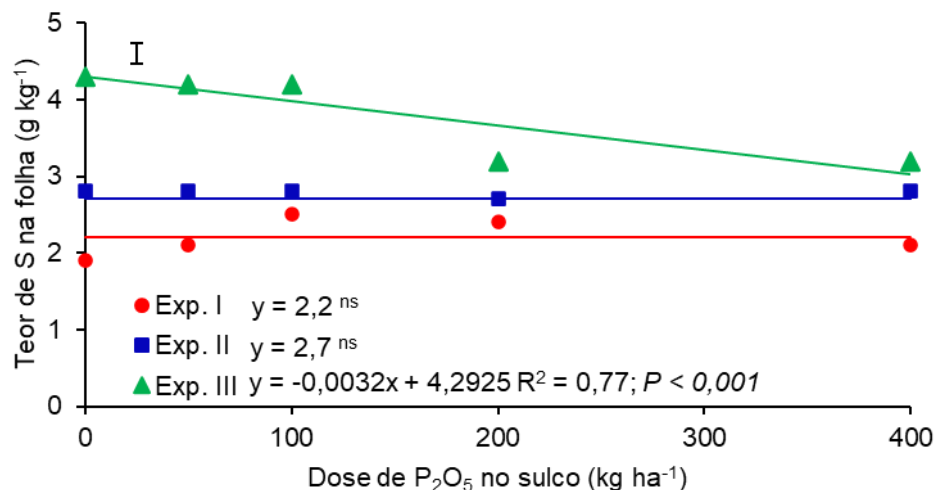


Os teores foliares de K, Ca e Mg foram influenciados apenas pelo experimento (Tabela 8). Os teores de K foram maiores nos experimentos II e III, enquanto os maiores teores de Ca e Mg foram obtidos no exp. I. Todos os experimentos possuíam teores elevados de K trocável no solo (Tabela 2) e, mesmo assim, os teores de K obtidos ficaram um pouco abaixo da faixa (40 a 80 g kg^{-1} de K) considerada adequada para a cultura da batata por Feltran et al. (2022b). A aplicação da adubação potássica a lanço, após o plantio pode não ter sido suficiente para que os teores de K na folha diagnose da batata atingissem a faixa considerada adequada para a cultura na fase de coleta de folha para a diagnose foliar. Pauletti e Menarin (2004) também obtiveram aumento nos teores de K na folha da batateira com o aumento das doses de K em solo com $3,7 \text{ mmol c dm}^{-3}$, independentemente da fonte de K e da época de aplicação, porém obtiveram, valores abaixo da faixa citada como adequada.

Quanto ao Ca (Tabela 8), os valores eram superiores ao limite máximo considerado adequado por Jones Junior (1991) (10 g kg^{-1} de Ca), mas dentro da faixa estabelecida por Feltran et al. (2022b) (10 a 20 g kg^{-1} de Ca) e próximo aos valores encontrados por Fernandes, Soratto e Silva (2011). Os teores de Mg obtidos nos experimentos I e II estavam acima da faixa considerada adequada ($3,0$ a $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg) por Feltran et al. (2022b), enquanto no exp. III, o teor de Mg está dentro da faixa adequada.

Os teores de S na folha diagnose foram influenciados pelo experimento, dose P no sulco de plantio e pela interação entre esses fatores (Tabela 8). O maior teor de S na folha diagnose ocorreu no exp. III, na ausência da aplicação de P no sulco de plantio (Figura 3). No exp. III, o teor de S na folha diminuiu com o aumento da dose de P aplicada. Nos demais experimentos não houve efeito das doses de P sobre o teor foliar de S. Esta redução no teor de S no exp. III, associado ao aumento da dose de P, pode estar relacionada ao efeito de diluição sendo causada por um possível crescimento da planta, e também, pode estar associado à alta disponibilidade de fosfato no solo, que, por também ser um ânion, pode ter interferido na absorção do sulfato (RAIJ,1991). No exp. I, os teores de P estavam abaixo da faixa ($2,5$ a $5,0 \text{ g kg}^{-1}$ de S) considerada adequada para a cultura da batata (FELTRAN et al., 2022b); contudo, os demais experimentos apresentaram teores de S dentro do intervalo adequado, independentemente da dose de P no sulco de plantio.

Figura 3 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e doses de P no sulco de plantio para o teor de S na folha diagnose, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência. Barra vertical indica a DMS ($P=0,05$). ns é não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente



Os teores foliares de B, Cu e Mn variaram apenas em função do experimento (Tabela 9). Os exp. I e II não diferiram entre si e apresentaram os maiores teores de B (26,5 e 25,0 $mg\ kg^{-1}$, respectivamente). O teor foliar de B observado no exp. III (15,5 $mg\ kg^{-1}$) foi inferior ao relatado como adequado (25 a 50 $mg\ kg^{-1}$ de B) por Feltran et al. (2022b), provavelmente devido à menor disponibilidade de B no solo (Tabela 2) e mesmo com a aplicação de 600 $g\ ha^{-1}$ de B (nitabor) antes da coleta de folhas. O exp. III apresentou maior teor de Cu (161,6 $mg\ kg^{-1}$ de Cu), diferindo dos demais experimentos (Tabela 9). Todos os teores foliares de Cu foram muito superiores ao intervalo proposto como adequado por Jones Junior (1991) e Feltran et al. (2022b), que é de 7 a 20 $mg\ kg^{-1}$ de Cu. Isto pode ser explicado devido as aplicações recorrentes, durante o tratamento fitossanitário, de produtos que contem este nutriente na sua composição (Tabelas 5-7). No caso do Mn, o exp. II apresentou o maior teor foliar (200,2 $mg\ kg^{-1}$ de Mn), mas os teores eram elevados e dentro da faixa considerada adequada (30 a 250 $mg\ kg^{-1}$) por Feltran et al. (2022b) em todos os experimentos, provavelmente também devido a aplicações frequentes de produtos fitossanitários que contém o micronutriente.

No que se refere aos teores foliares de Fe, não houve efeito de nenhum dos fatores estudados sobre esta variável (Tabela 9). Os teores de Fe de todos os tratamentos estavam dentro da faixa descrita como adequada por Feltran et al.

(2022b), a qual é de 50 a 400 mg kg⁻¹ de Fe, provavelmente devido à alta disponibilidade de Fe no solo (Tabela 2).

Tabela 9 – Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose da cultura da batata, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência, em função de doses de P no sulco de plantio, em três experimentos

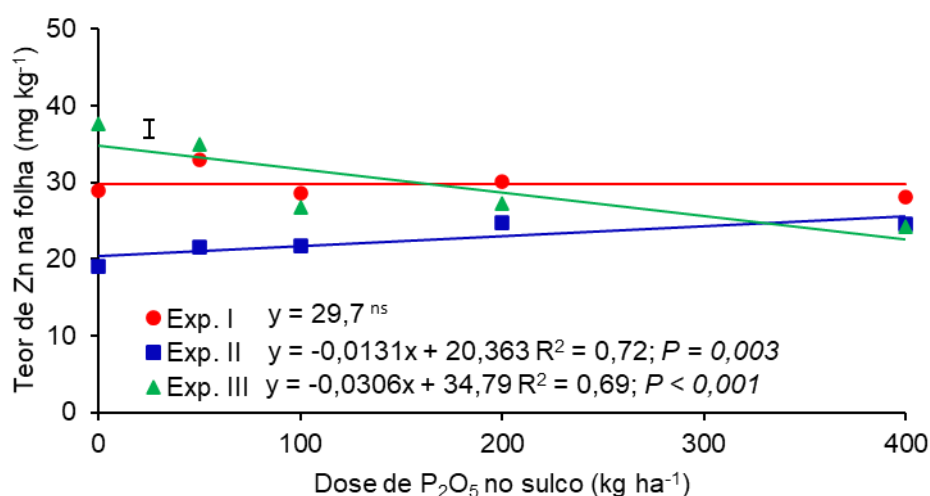
Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
Experimento					
Exp. I (Itapeva)	26,5a ⁽¹⁾	55,4c	271,6a	83,4c	29,7a
Exp. II (Itaí)	25,0a	91,8b	280,0a	200,2a	22,3b
Exp. III (Paranap.)	15,5b	161,6a	293,4a	115,0b	30,2a
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					
0	20,8	103,7	294,2	126,8	28,6
50	21,3	99,7	280,8	129,7	29,8
100	23,8	104,1	279,7	129,4	25,7
200	23,3	107,7	268,6	138,7	27,4
400	22,4	99,5	285,3	139,8	25,7
Fonte de variação	P > F				
Experimento (E)	<0,001	<0,001	0,409	<0,001	<0,001
Doses (D)	0,087	0,887	0,813	0,604	0,043
E × D	0,704	0,946	0,920	0,980	<0,001
CV(%)	13,0	21,7	18,2	18,7	13,8

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro do fator experimento, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

O teor de Zn na folha diagnose foi afetado pelos fatores e pela interação entre eles (Tabela 9). A resposta do teor de Zn às doses de P no sulco variou entre os experimentos (Figura 4). No exp. I, não houve influência das doses de P sobre o teor foliar de Zn. No exp. II, houve um aumento linear no teor de Zn com o aumento das doses de P, sendo este efeito contrário ao observado no experimento exp. III, no qual houve um decréscimo linear nos teores de Zn com o aumento das doses de P. Na presença das menores doses de P, os teores de Zn na folha da batateira foram muito maiores nos experimentos I e III, do que no exp. II. Contudo, com exceção para o tratamento sem aplicação de P no exp. II, os teores foliares de Zn de todos os demais tratamentos ficaram dentro do intervalo considerado adequado por Feltran et al. (2022b), que é de 20 a 60 mg kg⁻¹. Segundo Soratto e Fernandes (2017), em condições de maior disponibilidade de P no solo, o uso de doses elevadas de P pode proporcionar desequilíbrio nutricional na cultura, especialmente deficiência induzida de Zn. Moreira et al. (2000) acrescenta que há indícios de que sintomas de deficiência

induzida de Zn não são observados com grande frequência nas áreas de cultivo de batata devido às várias pulverizações da cultura com fungicidas que contêm Zn na sua constituição.

Figura 4 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e doses de P no sulco de plantio para o teor de Zn na folha diagnose, coletada entre 33 e 37 dias após a emergência. Barra vertical indica a DMS ($P=0,05$). ns é não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F



Quanto à avaliação do teor de P na folha ao longo do ciclo, nota-se que houve efeito significativo do fator experimento em todas as épocas de coleta, do fator dose de P no sulco na 2ª e 3ª coletas (45-50 e 52-63 DAE, respectivamente), e da adubação foliar de P, bem como da sua interação com o fator experimento apenas na 3ª coleta. E para a 4ª coleta (60-81 DAE), não houve efeito da aplicação de P no sulco de plantio ou via foliar no teor de P na folha da cultura da batata (Tabela 10).

Como já havia sido verificado para a 1ª coleta (33-37 DAE), a adubação fosfatada no sulco de plantio aumentou linearmente os teores de P na folha diagnose da batateira nas coletas realizadas aos 45-50 e 52-63 DAE (Figuras 5A e 5B). Fernandes e Soratto (2016b) também observaram aumento do teor de P nas folhas com a elevação das doses de P aplicadas no sulco, até a dose estimada de 850 $kg\ P_2O_5\ ha^{-1}$, em solo com uma alta disponibilidade de P (70 $mg\ dm^{-3}$ de P resina).

Embora o P seja absorvido durante praticamente todo o ciclo, os maiores aumentos nas quantidades absorvidas ocorrem após o início do crescimento dos tubérculos, sendo esta maior demanda ocorrendo entre 47 e 67 DAP e após esse

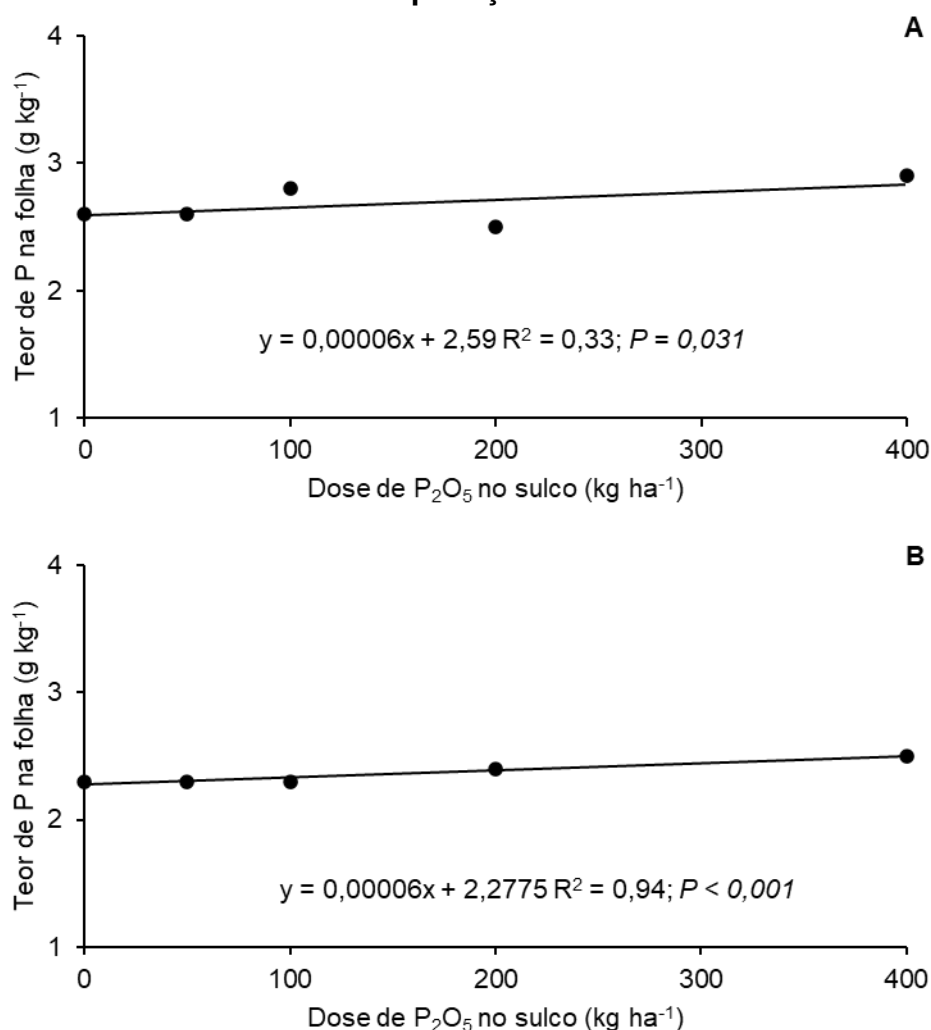
período, ocorre uma redução na absorção de P e há translocação de P para os tubérculos (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012a). Tal efeito fisiológico da planta é demonstrado nas concentrações de P observadas nas folhas das diferentes coletas realizadas, apresentando efeitos significativos quanto à adubação via sulco na 1ª, 2ª e 3ª coletas (Figuras 2 e 5). Já na 4ª coleta não houve respostas a aplicação de P, provavelmente decorrência do fim do ciclo estar se aproximando (Tabela 10).

Tabela 10 – Teor de P na folha da cultura da batata, coletada entre 45 e 81 dias após a emergência, em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos

Tratamento	Época de coleta de folha		
	2ª col. (45-50 DAE)	3ª col. (52-63 DAE)	4ª col. (60-81 DAE)
	g kg ⁻¹		
Experimento			
Exp. I (Itapeva)	1,8b ⁽¹⁾	1,7b	1,6c
Exp. II (Itaí)	3,1a	2,7a	2,4a
Exp. III (Paranap.)	3,1a	2,6a	1,9b
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			
0	2,6	2,3	1,9
50	2,6	2,3	2,1
100	2,8	2,3	2,1
200	2,5	2,4	1,9
400	2,9	2,5	1,9
Adubação foliar de P			
Sem P	2,7a	2,2b	2,0a
Com P	2,7a	2,5a	1,9a
Fonte de variação	P > F		
Experimento (E)	<0,001	<0,001	<0,001
Doses (D)	0,014	0,002	0,679
Foliar (F)	0,774	<0,001	0,422
E × D	0,063	0,743	0,615
E × F	0,754	0,002	0,163
D × F	0,633	0,297	0,279
E × D × F	0,693	0,882	0,811
CV(%)	17,5	10,2	34,3

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro dos fatores experimento e adubação foliar de P, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Figura 5 – Efeito de doses de P no sulco de plantio para o teor de P na folha diagnose da cultura da batata aos 45-50 (A) e 52-63 (B) dias após a emergência (DAE). Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar



Na 3ª coleta (52-63 DAE), o desdobramento da interação experimento $\times$ adubação foliar de P indicou não ter havido efeito da adubação foliar no teor de P na folha no exp. I; contudo, nos exp. II e III, a aplicação de P via foliar incrementou os teores de P na folha em 12 e 21%, respectivamente, em comparação ao controle (Tabela 11). Fontes e Fontes (1991) também observaram incremento no teor de P nas folhas de batata com a adubação foliar P na forma de fosfato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ em comparação a testemunha.

Hopkins et al. (2010), estudando doses de P aplicadas via sulco (0, 112, 224, ou 336 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) na forma de MAP e via foliar (0 e 56 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) na forma de

polifosfato de amônio durante a tuberização, observaram pequenas mudanças na concentração de P no pecíolo e poucas respostas na produtividade.

Em todas as épocas de coleta (2^a a 4^a), os menores teores foliares de P ocorreram no experimento I (Tabelas 11). Esta resposta pode estar relacionada à textura do solo, pois, o solo do exp. I apresenta um menor teor de argila que os solos dos exp. II e III (Tabela 2). Martins et al. (2018), estudando a adubação com P (10, 50, 100 e 200 mg dm⁻³ P), em dois tipos de solo (arenoso e argiloso), observaram que a adubação fosfatada aumentou o crescimento da planta, a quantidade de P acumulada na parte aérea e a produção de tubérculos em ambos os solos, porém, de forma mais expressiva e até maiores doses de P na batata cultivada em solo argiloso. Diferenças nas concentrações foliares de P também podem ser devidas às diferentes cultivares utilizadas (FERNANDES; SORATTO; PILON, 2015; FERNANDES; SORATTO, 2016b).

Tabela 11 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e aplicação de P via foliar para o teor de P na folha da cultura da batata entre 52-63 dias após emergência (DAE). Média de cinco doses de P no sulco de plantio

Adubação foliar de P	Exp. I (Itapeva)	Exp. II (Itaí)	Exp. III (Paranap.)
	g kg ⁻¹		
Sem	1,7Ca ⁽¹⁾	2,6Ab	2,4Bb
Com	1,7Ba	2,9Aa	2,9Aa

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

4.2 Acúmulo e partição de matéria seca na planta

Houve influência do fator isolado experimento e da interação entre doses de P no sulco × aplicação foliar de P no acúmulo da MS do resto da planta, antes da dessecação, enquanto para o acúmulo de MS nos tubérculos e total houve efeito apenas do experimento (Tabela 12). O maior acúmulo de MS do resto da planta foi obtido no exp. III (923 kg ha⁻¹), enquanto a MS dos tubérculos e total apresentaram maiores resultado para o exp. II (12.024 e 12.680 kg ha⁻¹, respectivamente). Essas diferenças entre os acúmulos de MS nos experimentos podem ser causas pelas condições edafoclimáticas, visto que, o exp. I foi conduzido no ano de 2021, com temperaturas abaixo da média para o período, reduzindo o crescimento vegetativo e, consequentemente, o enchimento de tubérculos. Contudo, estes resultados podem

estar mais relacionados com as diferenças entre as cultivares Agata utilizada no exp. I e Orchestra utilizada nos exp. II e III, sendo que o crescimento vegetativo da Orchestra é muito mais vigoroso do que da Agata.

Tabela 12 – Matéria seca (MS) acumulada no resto da planta, tubérculos e total e partição de MS nos tubérculos, antes da dessecação, em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos

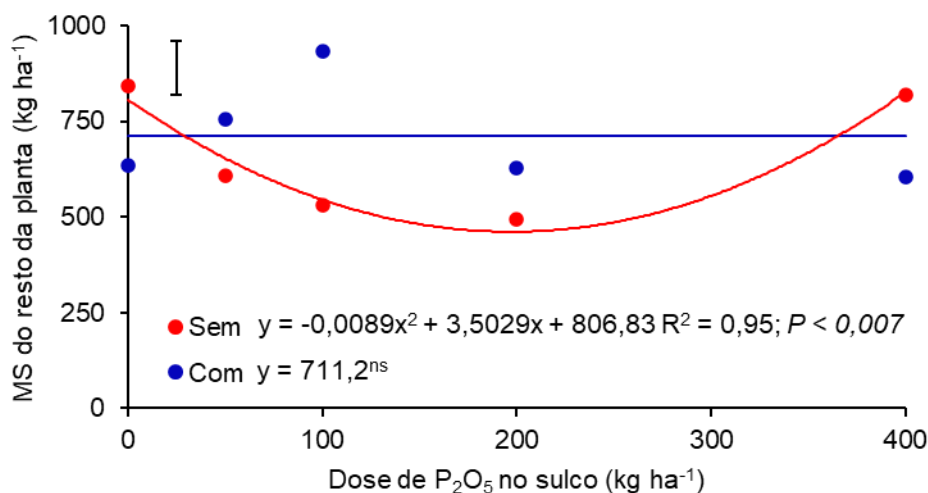
Tratamento	MS resto da planta	MS tubérculos	MS total	Partição de MS nos tubérculos
	kg ha ⁻¹			%
Experimento				
Exp. I (Itapeva)	485b ⁽¹⁾	4.357c	4.842c	89,5c
Exp. II (Itaí)	655b	12.024a	12.680a	94,7a
Exp. III (Paranap.)	923a	10.246b	11.189b	91,6b
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
0	753	9.054	9.807	91,5
50	681	9.060	9.741	92,2
100	731	8.944	9.676	91,6
200	560	8.493	9.054	92,9
400	712	8.828	9.541	91,9
Adubação foliar de P				
Sem P	658a	8.729a	9.388a	92,1a
Com P	717a	9.022a	9.739a	91,9a
Fonte de variação	<i>P > F</i>			
Experimento (E)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Doses (D)	0,470	0,938	0,871	0,582
Foliar (F)	0,417	0,533	0,471	0,764
E × D	0,929	0,935	0,907	0,969
E × F	0,717	0,139	0,137	0,772
D × F	0,041	0,980	0,906	0,095
E × D × F	0,251	0,800	0,898	0,307
CV(%)	57,0	28,9	27,8	3,6

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro dos fatores experimento e adubação foliar de P, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Quanto à interação doses de P no sulco × aplicação foliar de P, observou-se que, apesar de uma tendência de aumento da MS do resto da planta com aplicação de até 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na presença da adubação foliar de P, não houve ajuste significativo de nenhuma equação (Figura 6). Na presença da adubação foliar de P, as doses de 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionaram valores semelhantes ao tratamento sem aplicação de P no sulco. Por outro lado, apenas na presença da dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio, a aplicação foliar de P proporcionou valor de MS do resto da planta maior que na ausência de adubação foliar, enquanto na

ausência ou na presença da maior dose de P no sulco, a não aplicação de P via foliar proporcionou maior MS no resto da planta. Ao analisar o fator adubação foliar de P isoladamente, apesar de a MS ter tido uma tendência de aumento com a aplicação foliar de P, que proporcionou acréscimos de 8,0%, 3,3% e 3,7% na MS no resto da planta, tubérculos e total, respectivamente (Tabela 12).

Figura 6 – Desdobramento da interação significativa entre as doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em função da matéria seca (MS) acumulada no resto da planta. Média de três experimentos. Barra vertical indica a DMS ($P=0,05$). ns é não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F



Tais resultados sugerem que possivelmente a aplicação foliar na fase de enchimentos de tubérculos pode manter a nutrição de P nas folhas, pois com as mudanças morfológicas da planta de batata, após a tuberização, entre 55 e 78 DAP, os tubérculos são fortes drenos de P, sendo intensamente translocados para os tubérculos da batateira (FERNANDES; SORATTO, 2012a), ou seja, provavelmente o P aplicado via foliar aumentou os níveis de P na planta. Em pesquisa realizada por Fontes e Fontes (1991), ao pulverizarem plantas de batatas com P nas formas de $H_3PO_4^+$ ou HPO_4^- , com intervalos de 12 dias entre as aplicações, notaram aumento no peso da parte aérea e dos tubérculos, independente da fonte utilizada.

Em estudos realizados em solos com baixos teores de P (8 e 13 $mg\ dm^{-3}$ de P), Martins, Soratto e Fernandes (2020) verificaram aumento da MS do resto da planta de batateira com aumento de doses de P até próximo das doses máxima estudada de P_2O_5 (400 $kg\ ha^{-1}$). Todavia, não foi observado o mesmo comportamento no presente

estudo, pois as doses de P não influenciaram a MS resto da planta, tubérculos e total (Tabela 12), sugerindo que em áreas com elevados teores de P a cultura da batata apresenta baixa resposta à adubação fosfatada. Tal efeito pode ser reflexo da elevada disponibilidade de P no solo (Tabela 2), a qual foi suficiente para promover o acúmulo de MS adequado da planta e manteve-se estável. Rosen e Bierman (2008) também verificaram que, em solo fértil em P, praticamente não houve aumento significativo nas quantidades de MS acumuladas na parte aérea da batateira em resposta a adubação fosfatada.

A partição de MS nos tubérculos variou apenas em função do experimento (Tabela 12). No exp. II foi observada a maior proporção da MS da planta alocada nos tubérculos (94,7%), enquanto o menor valor foi obtido no exp. I (89,5%). Em média, 92% da MS da planta estava alocada nos tubérculos na fase final do ciclo, ou seja, a cultura da batata apresentou um índice de colheita de 92%. Esse valor é semelhante ao obtido por Soratto e Fernandes (2016), num estudo com duas cultivares de batata (Agata e Mondial) e cinco doses de P no sulco de plantio. Segundo Alvarez-Sanchez et al. (1999), quando a planta de batata atinge um nível nutricional adequado de P, ela não altera mais seu índice de colheita. Os resultados do presente estudo demonstram que quando a disponibilidade de P no solo é elevada, devido às constantes aplicações realizadas anteriormente ao cultivo da batata, as doses de fertilizante fosfatado a serem aplicadas no cultivo da batateira podem ser menores (COVARRUBIAS-RAMÍREZ et al., 2005), pois como foi observado a adubação fosfatada não aumentou a produção de MS (Tabela 12).

4.3 Teor e acúmulo de P na planta

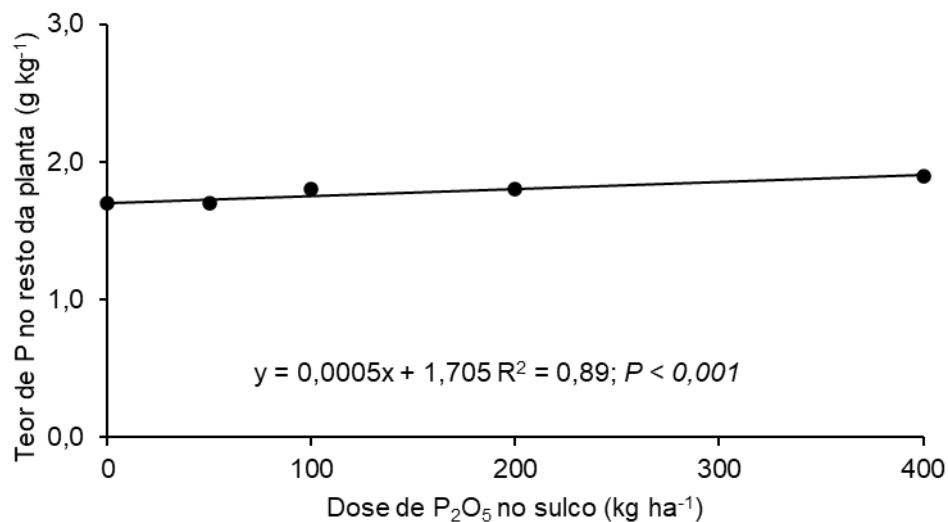
O teor de P do resto da planta de batata, antes da dessecação, foi influenciado pelos fatores isolados experimento, doses de P no sulco e adubação foliar de P e pela interação experimento × foliar, enquanto o teor de P nos tubérculos só variou em função do experimento (Tabela 13). Para o fator isolado doses de P no sulco, os teores de P no resto da planta ajustaram-se ao modelo linear crescente, ou seja, houve um aumento dos teores de P no resto da planta de cerca de 12%, com o aumento das doses de P aplicadas no sulco de plantio (Figura 7).

Tabela 13 – Teores de P no resto da planta e tubérculos da cultura da batata, antes da dessecação, em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos

Tratamento	Resto da planta	Tubérculos
	g kg ⁻¹	
Experimento		
Exp. I (Itapeva)	0,8c ⁽¹⁾	2,8a
Exp. II (Itaí)	2,5a	1,8b
Exp. III (Paranap.)	2,0b	1,4c
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		
0	1,7	1,9
50	1,7	1,9
100	1,8	2,1
200	1,8	2,0
400	1,9	2,1
Adubação foliar de P		
Sem P	1,6b	2,0a
Com P	1,9a	2,0a
Fonte de variação	<i>P > F</i>	
Experimento (E)	<0,001	<0,001
Doses (D)	0,003	0,496
Foliar (F)	<0,001	0,607
E × D	0,972	0,908
E × F	<0,001	0,069
D × F	0,521	0,382
E × D × F	0,781	0,243
CV(%)	11,3	24,6

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro dos fatores experimento e adubação foliar de P, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Figura 7 – Efeito de doses de P no sulco de plantio no teor de P no resto da planta da cultura da batata, antes da dessecação. Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar



Quanto à interação entre experimento × adubação foliar de P, apenas no exp. II a adubação foliar aumentou os teores de P no resto da planta (Tabela 14). Entre os experimentos, o maior teor de P foi obtido pelo exp. II, especialmente na presença da aplicação de P via foliar. De modo geral, as doses de P no sulco e as aplicações foliares de P não influenciaram os teores de P na MS nos tubérculos, ou seja, a adubação fosfatada na cultura da batata em condições de solos com teores elevados de P aumentou os teores no resto das plantas, mas não elevou os teores de P nos tubérculos. Esses resultados sugerem que o P inicial do solo tem grande influência no teor de P nos tubérculos da batateira (LEONEL et al., 2017) e que, em condições de elevada disponibilidade de P, a adubação fosfatada, seja via solo ou via foliar, não interfere no teor de P nos tubérculos (FERNANDES et al. 2017).

Tabela 14 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e aplicação de P via foliar para o do teor de P no resto da planta. Média de cinco doses de P no sulco de plantio

Adubação foliar de P	Exp. I (Itapeva)	Exp. II (Itai)	Exp. III (Paranap.)
	g kg ⁻¹		
Sem	0,7Ba ⁽¹⁾	2,1Ab	2,0Aa
Com	0,8Ca	2,8Aa	2,1Ba

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

No acúmulo de P do resto da planta verificou-se influência significativa apenas para o fator isolado experimento, já para o P acumulado nos tubérculos e total da cultura da batata, antes da dessecação, foram significativamente influenciados pelos fatores isolados experimento e aplicação foliar de P, e a partição de P nos tubérculos foi influenciada apenas pelo fator experimento (Tabela 15). Houve maiores acúmulos de P no resto da planta nos experimentos II e III (1,0-1,3 kg ha⁻¹), diferindo do exp. I que acumulou 0,4 kg ha⁻¹. Quanto às quantidades de P acumuladas nos tubérculos e total, o exp. II se destacou, proporcionando acúmulos médios de 27,6 e 28,6 kg ha⁻¹, respectivamente. Ainda para ambas variáveis, a adubação foliar aumentou as quantidades de P acumuladas em média em 19%.

Tabela 15 – Quantidades de P acumuladas no resto da planta, nos tubérculos e total e partição de P nos tubérculos da cultura da batata, antes da dessecação, em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos

Tratamento	P no resto da planta	P nos tubérculos	P total	Partição de P nos tubérculos
	kg ha ⁻¹			(%)
Experimento				
Exp. I (Itapeva)	0,4b ⁽¹⁾	12,3c	12,7c	96,7a
Exp. II (Itai)	1,0a	27,6a	28,6a	96,0a
Exp. III (Paranap.)	1,3a	21,4b	22,7b	94,1b
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
0	1,1	20,9	22,1	95,0
50	0,8	20,3	21,2	95,9
100	1,0	20,2	21,2	95,4
200	0,7	19,6	20,4	96,3
400	0,9	21,1	22,0	95,4
Adubação foliar de P				
Sem P	0,9a	18,6b	19,5b	95,3a
Com P	0,9a	22,2a	23,2a	95,9a
Fonte de variação	<i>P > F</i>			
Experimento (E)	<0,001	<0,001	<0,001	0,000
Doses (D)	0,628	0,937	0,903	0,619
Foliar (F)	0,638	0,002	0,002	0,315
E × D	0,821	0,877	0,861	0,716
E × F	0,310	0,052	0,050	0,346
D × F	0,214	0,701	0,690	0,114
E × D × F	0,526	0,595	0,673	0,097
CV(%)	89,6	30,9	30,7	3,14

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro dos fatores experimento e adubação foliar de P, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

A partição de P para os tubérculos variou apenas em função do experimento, com os maiores valores observados nos experimentos I e II (Tabela 15). Destaca-se que a maior parte do P, ou seja, cerca de 95% é transcolada para os tubérculos, valores estes superiores aos observados por Soratto e Fernandes (2016). Destaca-se que, no presente estudo uma proporção do P maior que da MS estava alocada nos tubérculos na fase final do ciclo, o que corrobora a mobilidade do P para os tubérculos e a força dos tubérculos como dreno de P. Os tubérculos, durante o seu período de enchimento, são, portanto, os principais drenos de carboidratos e nutrientes inorgânicos móveis, como o P (TEKALIGN; HAMMES, 2005a, 2005b; SILVA et al., 2009).

4.4 População de plantas, número de hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo

As variáveis população de plantas, número de hastes e peso médio de tubérculos variaram apenas em função do experimento (Tabela 16). O número tubérculos por plantas foi afetado pelos fatores isolados de experimento e doses de P no sulco. Os experimentos II e III tiveram maiores populações de plantas (65.000 e 61.295 plantas ha⁻¹, respectivamente), enquanto o maior número de hastes por planta foi verificado no exp. I. As variações no número de plantas por área se deve ao espaçamento entre tubérculos-sementes utilizado em cada experimento, enquanto o número de hastes por planta foi função do tamanho e idade fisiológica dos tubérculos-sementes. Como no exp. I foi utilizado tubérculos-sementes maiores e que geraram maior número de hastes por planta, neste experimento também observou-se maior número de tubérculos por planta, enquanto o menor valor dessa variável foi obtido no exp. II. O maior peso médio dos tubérculos (129,4 g) foi obtido no exp. II, o que foi consequência no menor número de tubérculos por planta e do melhor enchimento dos tubérculos produzidos. Essa variação corrobora com o relatado por Souza (2003), de modo que tamanho dos tubérculos produzidos pode variar em função da cultivar, tamanho e idade fisiológica dos tubérculos-sementes e das condições de cultivo, como foi observado com os diferentes valores encontrados dentro dos diferentes locais de condução dos experimentos.

A adubação fosfatada proporcionou incremento linear de 16% no número de tubérculos por plantas até a dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 8), mas não houve efeito no peso médio do tubérculo (Tabela 16). Isso demonstra que o número de tubérculos por planta, componente da produção estabelecido numa fase inicial do ciclo da cultura, é mais sensível a aplicação de P, possivelmente porque nessa fase a capacidade do sistema radicular da batateira em absorver P do solo é menor. A cultura da batata tem uma baixa capacidade de absorção de P, principalmente em solos com baixa disponibilidade de P (HOPKINS et al., 2014; THORNTON et al., 2014), e isso é um dos principais fatores que limitam a produtividade da batata (FONTES et al., 1997; RAMAEKERS et al., 2010; SORATTO et al., 2015) e, conseqüentemente, o número e tamanho dos tubérculos são reduzidos (FLEISHER et al., 2013; LUZ et al., 2013; FERNANDES, SORATTO, 2016a, 2016b). Fernandes e Soratto (2016b) também verificaram maior resposta em termos de número de tubérculos por planta, do que no

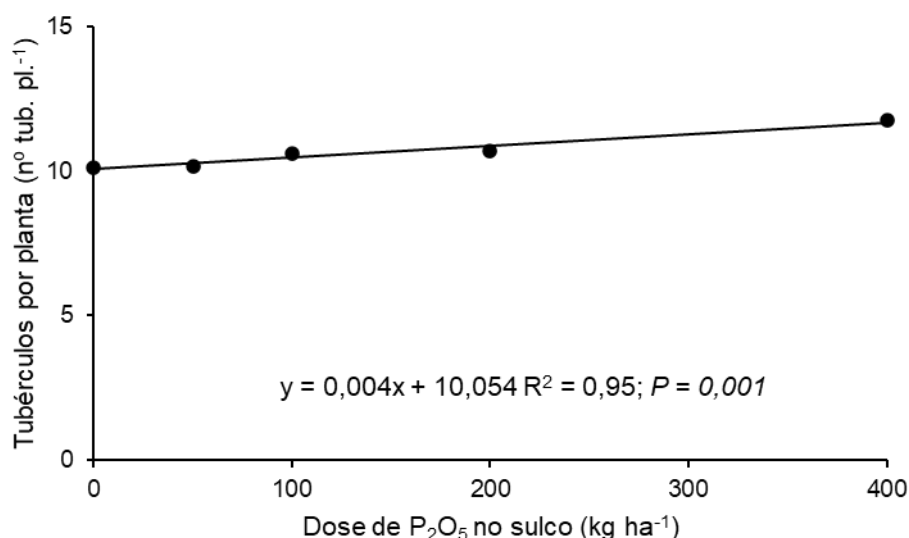
peso médio de tubérculos, quando a cultura da batata foi submetida a doses de P num solo já com elevado teor de P disponível. Um suprimento adequado de P é fundamental para aumentar o número de tubérculos por planta (FREEMAN et al., 1998; ROSEN; BIERMAN, 2008) e o tamanho dos tubérculos (DUBETZ, BOLE, 1975; FREEMAN et al., 1998). Por outro lado, em solo com teores elevados de P de Minnesota, EUA, Rosen e Bierman (2008) observaram até redução no número de tubérculos, em resposta a adubação fosfatada.

Tabela 16 – População de plantas, números de hastes e tubérculos por planta e peso médio de tubérculo da cultura da batata em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos

Tratamento	População de plantas	Hastes por planta	Tubérculos por plantas	Peso médio de tubérculo
	nº plantas ha ⁻¹	nº planta ⁻¹	nº planta ⁻¹	g
Experimento				
Exp. I (Itapeva)	36.718c ⁽¹⁾	4,9a	15,7a	83,1c
Exp. II (Itaí)	65.000a	3,0b	6,9c	129,4a
Exp. III (Paranap.)	61.295b	3,0b	9,2b	93,1b
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
0	53.660	3,8	10,1	103,0
50	55.700	3,6	10,1	105,6
100	56.153	3,5	10,6	101,6
200	53.259	3,7	10,6	102,0
400	52.917	3,8	11,7	97,1
Adubação foliar de P				
Sem P	53.541a	3,6a	10,7a	102,2a
Com P	55.134a	3,7a	10,5a	101,6a
Fonte de variação	$P > F$			
Experimento (E)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Doses (D)	0,239	0,501	0,020	0,090
Foliar (F)	0,158	0,441	0,617	0,752
E × D	0,749	0,978	0,387	0,395
E × F	0,814	0,826	0,332	0,602
D × F	0,228	0,717	0,257	0,584
E × D × F	0,635	0,408	0,975	0,768
CV(%)	11,2	15,7	17,1	10,3

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro dos fatores experimento e adubação foliar de P, não diferem entre si pelo teste de LSD a 5% de probabilidade.

Figura 8 – Efeito de doses de P no sulco de plantio para o número de tubérculos por planta da cultura da batata. Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar



4.5 Produtividade e classificação dos tubérculos

A produtividade total de tubérculos foi afetada pelos fatores isolados experimento e dose de P no sulco (Tabela 17). No exp. II, foi obtida a maior produtividade total de tubérculos (57.254 kg ha⁻¹). Quanto à resposta às doses de P no sulco de plantio, apesar do maior valor numérico de produtividade ter sido obtido com a maior dose de P (400 kg ha⁻¹ de P₂O₅), verificou-se aumento expressivo apenas até a dose de 100 kg ha⁻¹, com posterior estabilização (Figura 9). O ajuste do modelo platô-linear estimou como dose ótima 74,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto a dose ótima estimada pelo modelo platô-quadrático foi de 119,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Considerando a média das doses ótimas estimadas pelos dois modelos (MIGUEZ; POFFENBARGER, 2022), a dose ótima estimada seria de 97 kg ha⁻¹ de P₂O₅, ou seja, muito próximo de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Importante destacar que o aumento da dose de P₂O₅ de 100 para 400 kg ha⁻¹ proporcionou incremento de apenas 725 kg ha⁻¹ de produtividade total de tubérculos, ou seja, cerca de 2,4 kg de tubérculos por kg de P₂O₅ aplicado. Comparando a média de produtividade de tubérculos das doses de 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com a produtividade do tratamento controle (sem aplicação de P no sulco de plantio), é possível verificar um aumento de 6,5% (3.076 kg ha⁻¹). Em estudo realizado por Fernandes e Soratto (2016b), nos solos com média (P_{resina} = 36 mg dm⁻³

³⁾ e alta ($P_{\text{resina}} = 70 \text{ mg dm}^{-3}$) disponibilidades de P, as produtividades de tubérculos com adubação fosfatada foram 30% e 18% maiores no controle sem aplicação de P, respectivamente, porém aumentaram apenas até as doses de 250 e 125 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Os resultados obtidos no presente estudo comprovam a hipótese de que, em solos com alto teor de P disponível ($>74 \text{ mg dm}^{-3}$), é possível obter elevada produtividade de tubérculos ($>45.000 \text{ kg ha}^{-1}$) com o uso de doses de P bem menores que as doses tradicionalmente utilizadas na cultura da batata (LORENZI et al., 1997; NEPAR-SBCS, 2017; FELTRAN et al., 2022a).

Tabela 17 – Produtividade total de tubérculos e das classes especial, primeira, segunda e miúda e proporção de produtividade da classe especial da cultura da batata em função de doses de P no sulco de plantio e aplicação de P via foliar, em três experimentos

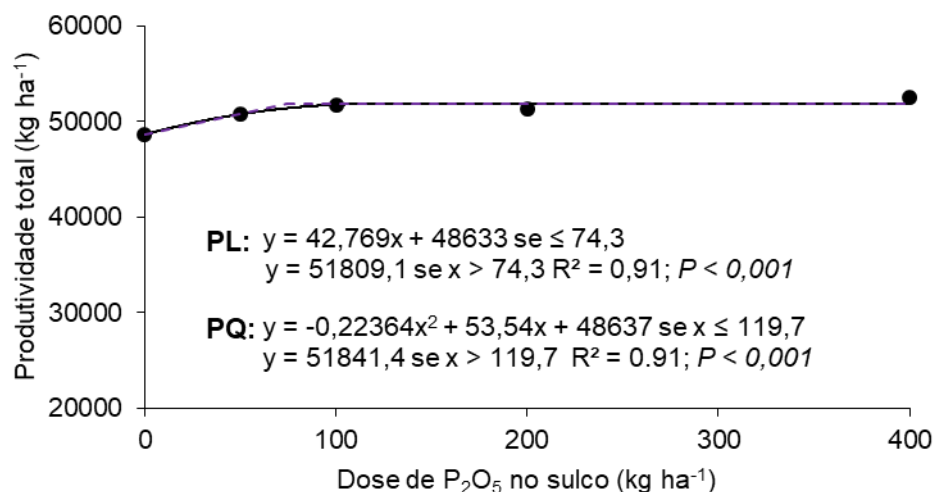
Tratamento	Total	Especial	Primeira	Segunda	Miúda	Proporção de especial
	kg ha^{-1}					(%)
Experimento						
Exp. I (Itapeva)	46.977b ⁽¹⁾	33.097c	12.879a	882a	118b	70,3c
Exp. II (Itai)	57.254a	52.495a	4.076c	621b	60c	91,7a
Exp. III (Paranap.)	48.667b	38.331b	9.243b	902a	189a	78,7b
Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})						
0	48.633	38.976	8.679	838	138	79,4
50	50.771	41.982	7.980	691	117	81,8
100	51.726	42.085	8.699	850	92	80,5
200	51.250	41.611	8.765	752	121	80,3
400	52.451	41.887	9.540	878	144	79,2
Adubação foliar de P						
Sem P	50.290a	41.040a	8.343b	789a	117a	80,8a
Com P	51.642a	41.576a	9.122a	815a	127a	79,7a
Fonte de variação	$P > F$					
Experimento (E)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Doses (D)	0,031	0,098	0,082	0,191	0,170	0,217
Foliar (F)	0,084	0,518	0,023	0,638	0,473	0,152
E × D	0,591	0,923	0,254	0,019	0,362	0,660
E × F	0,534	0,940	0,147	0,698	0,113	0,445
D × F	0,698	0,836	0,514	0,556	0,677	0,367
E × D × F	0,842	0,742	0,437	0,675	0,136	0,557
CV(%)	8,3	10,9	21,2	37,9	63,7	5,3

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro dos fatores experimento e adubação foliar de P, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Houve influência isolada do fator experimento sobre as produtividades da classe especial e miúda (Tabela 17). O exp. I apresentou a maior produtividade de

tubérculos da classe especial, com 52.495 kg ha⁻¹, diferindo-se do exp. III (38.331 kg ha⁻¹) e do exp. I (33.097 kg ha⁻¹) que obteve menor produtividade. Apesar dos fatores dose de P no sulco e adubação foliar de P não terem sido significativos, observou-se produtividades da classe especial numericamente maiores com a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e com aplicação foliar de P. A dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ proporcionou produtividade de tubérculos da classe especial 8% maior que o controle sem aplicação de P no sulco de plantio. A proporção da produtividade de tubérculos classificada como especial também variou significativamente em função do experimento, sendo o maior valor obtido no exp. II e o menor no exp. I. A baixa (ou ausência de) resposta a aplicação de P via solo ou foliar está relacionada à elevada disponibilidade de P no solo (Tabela 2). Quanto à produtividade de tubérculos da classe miúda, o exp. III teve maior produtividade (189 kg ha⁻¹), diferindo-se dos demais (Tabela 17).

Figura 9 – Efeito de doses de P no sulco de plantio para a produtividade de tubérculos total da cultura da batata. Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar. PL: modelo platô-linear; PQ: modelo platô-quadrático

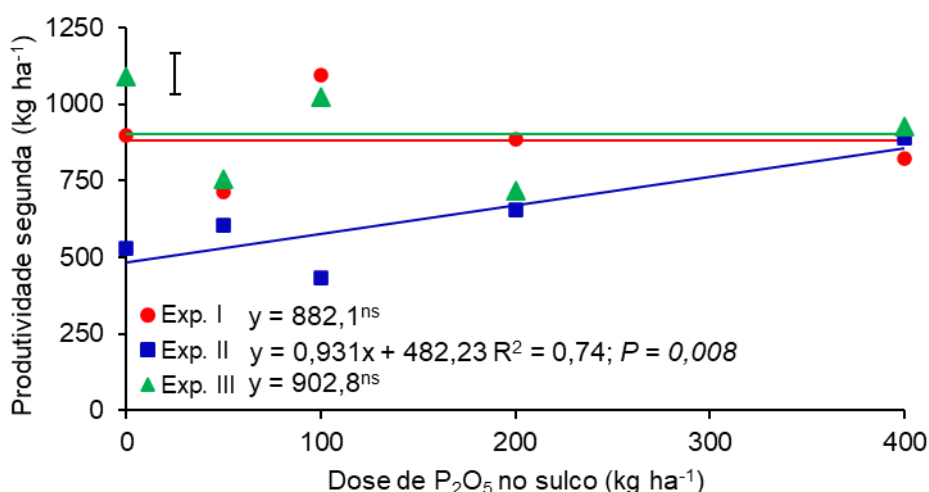


A produtividade de tubérculos da classe primeira foi influenciada tanto pelo fator experimento quanto pelo fator adubação foliar de P (Tabela 17). O exp. I diferiu-se dos demais, com maior produtividade de tubérculos da classe primeira (12.879 kg ha⁻¹), enquanto a aplicação foliar de P proporcionou incremento de 9,3% na produtividade de tubérculos da classe primeira, diferindo de quando não houve aplicação foliar de P. Ekelöf (2007) verificaram que, sob adequada disponibilidade hídrica no solo, a

aplicação foliar de P no início na tuberização, foi eficiente em aumentar a produtividade de tubérculos da cultura da batata.

Já a produtividade de tubérculos da classe segunda apresentou efeito significativo para o fator experimento e para interação entre experimentos $\times$ doses de P no sulco (Tabela 17). Apenas no exp. II houve efeito para as doses de P aplicadas no sulco de plantio na produtividade de tubérculos da classe segunda (Figura 10). Contudo, os exp. I e III apresentaram as maiores produtividades, especialmente nas menores doses de P (Figura 9). Isto também pode estar associado com a maior disponibilidade de P nos exp. I e III (Tabela 2).

Figura 10 – Desdobramento da interação significativa entre os experimentos e doses de P no sulco de plantio em função da produtividade da segunda classe de tubérculos. Médias de dois tratamentos de aplicação de P via foliar. Barra vertical indica a DMS ($P=0,05$). ns é não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F



4.6 Firmeza da polpa e matéria seca nos tubérculos

No exp. II, os tubérculos apresentaram maior firmeza da polpa (9,4 N), diferindo dos demais experimentos (Tabela 18). Apesar de ter havido um leve aumento na firmeza da polpa com a aplicação da dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (9,5 N), o efeito não foi significativo. Fernandes et al. (2016), trabalhando com solos de baixo, média e alta disponibilidade de P, encontraram aumento na firmeza da polpa dos tubérculos, sendo 3,2 %, 1,2% e 6,9% com as doses estimadas de 1000, 375 e 625 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

A porcentagem de MS nos tubérculos variou apenas entre os experimentos, observando-se o maior valor no exp. III (16,3 %) (Tabela 18). Independentemente da adubação fosfatada, a porcentagem de MS dos tubérculos sempre foi menor do que o requerido pelas indústrias de processamento (MS>20%) (PEREIRA et al., 2007), fato este que está relacionado com as características genéticas desse material, ou seja, trata-se de uma cultivar adaptada para o comércio *in natura* e que apresenta baixas porcentagens de MS nos tubérculos.

Tabela 18 – Firmeza de polpa e porcentagem de matéria seca (MS) dos tubérculos da cultura da batata em função de doses de P e aplicação de P via foliar, em três experimentos

Tratamento	Firmeza da polpa	MS nos tubérculos
	Newton	%
Experimento		
Exp. I (Itapeva)	9,0b ⁽¹⁾	13,0c
Exp. II (Itaí)	9,4a	14,7b
Exp. III (Paranap.)	9,0b	16,3a
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		
0	9,1	14,9
50	8,9	14,7
100	9,5	14,8
200	9,1	14,6
400	9,1	14,4
Adubação foliar de P		
Sem P	9,1a	14,7a
Com P	9,1a	14,7a
Fonte de variação	$P > F$	
Experimento (E)	0,029	<0,001
Doses (D)	0,235	0,548
Foliar (F)	0,889	0,725
E × D	0,424	0,079
E × F	0,607	0,639
D × F	0,887	0,293
E × D × F	0,835	0,947
CV(%)	8,8	6,8

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro dos fatores experimento e adubação foliar de P, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

4.7 Teor e exportação de P nos tubérculos na colheita

O teor de P nos tubérculos colhidos foi influenciado pelos fatores isolados experimento e doses de P no sulco, enquanto a exportação de P pelos tubérculos variou em função do experimento, doses de P no sulco e da interação experimento x

foliar (Tabela 19). Os maiores teores de P nos tubérculos foi obtido nos exp. I e II (2,5, 2,4 g kg⁻¹, respectivamente), enquanto que o exp. III apresentou menor teor (2,2 g kg⁻¹). O teor de P nos tubérculos ajustou-se ao modelo linear crescente, ou seja, houve um aumento dos teores de P no tubérculo até 2,6 g kg⁻¹, com o aumento das doses de P aplicadas no sulco de plantio (Figura 11A). Martins, Soratto e Fernandes (2020) também obtiveram efeito da adubação fosfatada no teor de P dos tubérculos colhidos, tanto em solo arenoso, quanto no argiloso, resultando num aumento linear até a dose máxima estudada (400 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com teores médios de P de 3,0 e 2,4 g kg⁻¹, respectivamente, para o solo arenoso e argiloso. No estágio final de enchimento do tubérculo, a quantidade de P remobilizada para os tubérculos é semelhante ou superior do que a quantidade absorvida pela planta (FERNANDES; SORATTO; SILVA, 2011).

Tabela 19 – Teor e exportação de P nos tubérculos da cultura da batata em função de doses de P e aplicação de P via foliar, em três experimentos

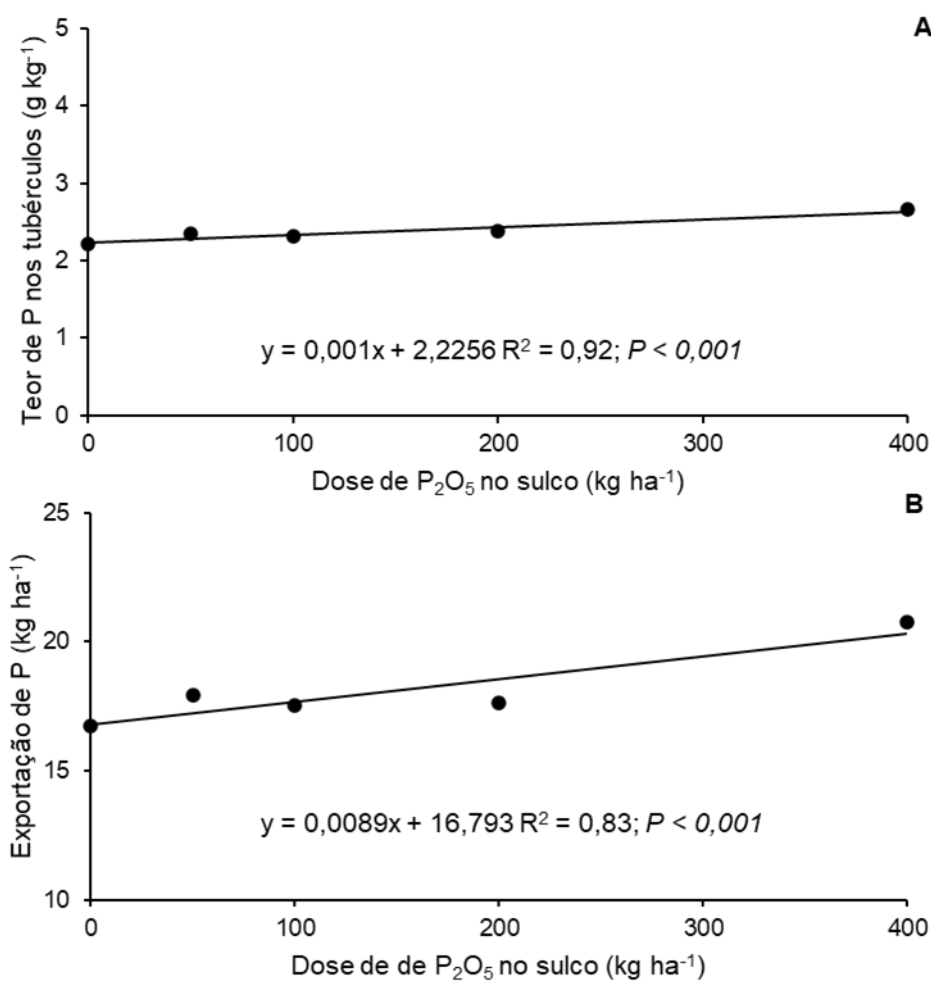
Tratamentos	Teor de P nos tubérculos	Exportação de P pelos tubérculos
	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Experimento		
Exp. I (Itapeva)	2,5a ⁽¹⁾	13,3c
Exp. II (Itai)	2,4a	22,3a
Exp. III (Paranap.)	2,2b	18,6b
Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)		
0	2,2	16,7
50	2,3	17,9
100	2,3	17,5
200	2,3	17,6
400	2,6	20,7
Adubação foliar de P		
Sem P	2,3a	18,2a
Com P	2,3a	17,9a
Fonte de variação	<i>P > F</i>	
Experimento (E)	<0,001	<0,001
Doses (D)	<0,001	<0,001
Foliar (F)	0,805	0,451
E × D	0,516	0,618
E × F	0,133	0,051
D × F	0,256	0,065
E × D × F	0,062	0,115
CV(%)	11,0	12,9

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna, dentro dos fatores experimento e adubação foliar de P, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

Com relação à exportação de P pelos tubérculos, houve maior valor no exp. II, seguido dos experimentos III e I (22,3, 18,6 e 13,3 kg ha⁻¹, respectivamente). A

exportação de P nos tubérculos ajustou-se ao modelo linear crescente, ou seja, houve um aumento na exportação de P pelos tubérculos até 20,7 kg ha⁻¹, com o aumento das doses de P aplicadas no sulco de plantio (Figura 11B). Tal resultado é um reflexo da produtividade de tubérculos e do teor de P nos mesmos (Figuras 9 e 11A).

Figura 11 – Efeito de doses de P no sulco de plantio para o teor (A) e exportação (B) de P nos tubérculos da cultura da batata. Média de três experimentos e dois tratamentos de aplicação de P via foliar



5 CONCLUSÕES

Em solos com altos teores de P disponível (74-123 mg dm⁻³), a cultura da batata teve a produtividade aumentada em apenas 6,5% (3.076 kg ha⁻¹) e somente até a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicada no sulco de plantio.

Em solos com alto teor de P disponível, é possível obter elevada produtividade de tubérculos com o uso de doses de P bem menores que as doses tradicionalmente utilizadas na cultura da batata.

Aplicações foliares de P na fase de enchimento de tubérculos da cultura da batata, cultivada em solos com elevado teor de P disponível, apesar de aumentar o teor de P na folha e parte aérea, bem como aumentar a quantidade de P acumulada pela cultura, não interfere na produtividade e qualidade dos tubérculos.

Em solos com alto teor de P disponível, a adubação fosfatada via sulco e/ou foliar não interferem na qualidade dos tubérculos.

REFERÊNCIAS

- ABBA–ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BATATA. **Variedades**. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/site/variedades/agata/>. Acesso em: 12 abril 2021.
- ABSOLO. **Anuário brasileiro de tecnologia em nutrição vegetal**. 2020.
- ALI, H.; ANJUM, M. A.; RANDHAWA, S. A. Influence of phosphorus on yield potential of potato (*Solanum tuberosum* L.) crops. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 6, p. 165-167, 2004b.
- ALVAREZ-SÁNCHEZ, E.; ETCHEVERS, J. D.; ORTIZ, J.; NÚÑEZ, R.; VOLKE, V.; TIJERINA, L.; MARTÍNEZ, A. Biomass production and phosphorus accumulation of potato as affected by phosphorus nutrition. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, p. 205-217, 1999.
- ALVES, F. M.; FERREIRA, M. G.; NICK, C. A cultura. In: NICK, C.; BORÉM, A., (Eds.). **Batata do plantio a colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 9-17.
- ANDRIOLO, J. L.; BISOGNIN, D. A.; PAULA, A. L.; PAULA, F. L. M.; GODOI, R. S.; BARROS, G. T. Curva crítica de diluição de nitrogênio da cultivar Asterix de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1179-1184, 2006.
- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 254-280.
- BERTSCH, F. **Absorción de nutrimentos por los cultivos**. San José, Costa Rica, ACCS, 2003. 307p.
- BIELESKI, R. L.; FERGUSON, I. B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition. Encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. v.15a, p. 422-449.
- CABALCETA, G.; SALDIAS, M.; ALVARADO, A. Absorción de nutrientes en el cultivar de papa MNF-80. **Agronomia Costarricense**, v. 29, p. 107-123, 2005.
- 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, p. 1729-1736, 2007.
- COVARRUBIAS-RAMÍREZ, J. M.; CASTILLO-AGUILAR, S.; VERA-NÚÑEZ, J. A.; NÚÑEZ-ESCOBAR, R.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; AVELDAÑO-SALAZAR, R.; PEÑACABRIALES, J. J. Absorción y eficiencia de uso de fósforo en papa cultivar Alpha con ³²P. **Agrociencia**, v. 39, p. 127-136, 2005.
- DE JONG, H. Impact of the Potato on Society. **American Journal of Potato Research**, v. 93, p. 415- 429, 2016.

DELEO, J. P. B. **Especial batata: Gestão sustentável**. Hortifruti Brasil, Piracicaba: CEPEA, ano. 21, p. 10-23, 2022.

DEVAUX, A.; GOFFART, J. -P.; PETSAKOS, A.; KROMANN, P.; GATTO, M.; OKELLO, J.; SUAREZ, V.; HAREAU, G. Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems. In: CAMPOS, H.; ORTIZ, O. (Ed.). **Potato Crop**, Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 3-35.

DIXON, R. C. Foliar fertilization improves nutrient use efficiency. **Fluid Journal**, v. 11, p. 11-12, 2003.

DUBETZ, S.; BOLE, J.B. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on yield components and specific gravity of potatoes. **America Potato Journal**, v. 52, p. 399-405, 1975.

EICHERT, T.; FERNÁNDEZ, V. **Uptake and release of elements by leaves and other aerial plant parts**. In: MARSCHNER, P. (Ed.). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3.ed. Academic Press: Amsterdam, 2012. p. 71-84.

EKELÖF, J. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. **M.Sc. Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences**, 2007.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed: Embrapa-CNPq, 1997. 212p.

EPSTEIN, EMANUEL; BLOOM, ARNOLD J. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2004.

FABRES, A. S.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F.; CORDEIRO, A. T. Níveis críticos de diferentes frações de fósforo em plantas de alface cultivadas em diferentes solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, p.51-57, 1987.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, **Crops**, 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.

FELTRAN, J. C.; GRANJA, N. P.; MIRANDA FILHO, H. S.; SORATTO, R. P.; FACTOR, T. L. Batata (*Solanum tuberosum*). In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van (Eds.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 2022a. p. 318-321.

FELTRAN, J. C.; PERESSIN, V. A.; GRANJA, N. P.; MIRANDA FILHO, H. S.; LORENZI, J. O.; FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; FACTOR, T. L.; RÓS, A. B.; AGUIAR, E. B. Raízes e tubérculos. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van (Eds.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 2022b. p. 314-317.

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

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Nutrition, dry matter accumulation and partitioning, and phosphorus use efficiency of potato plants grown under phosphorus rates in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1528-1537, 2012b.

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, p. 826-835, 2010b.

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

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Phosphorus fertilizer rate for fresh market potato cultivars grown in tropical soil with low phosphorus availability. **American Journal of Potato Research**, v. 93, p. 404-414, 2016a.

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

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; MORENO, L.A.; EVANGELISTA, R.M. Effect of phosphorus nutrition on quality of fresh tuber of potato cultivars. **Bragantia**, v. 74, p. 102-109, 2015.

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

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

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, p. e0160288, 2017.

FERNANDES, F. M. **Produtividade de tubérculos e acúmulo, partição e exportação de nutrientes em duas cultivares de batata sob influência do manejo do nitrogênio**. 2021. 148p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

FERREIRA, J. R.; POPP, P. Orchestra veio para ficar. **Batata Show**, n. 42, p. 6-8, 2015.

FLEISHER, D. H.; WANG, Q.; TIMLIN, D. J.; CHUN, J. A.; REDDY, V. R. Effects of carbon dioxide and phosphorus supply on potato dry matter allocation and canopy morphology. **Journal of Plant Nutrition**, v. 36, p. 566-586, 2013.

FONTES, P. C. R.; FONTES, R. R. Efeito da aplicação de fósforo no solo e nas folhas sobre a produtividade da batata. **Revista Ceres**, v. 38, p. 159-169, 1991.

FONTES, P. C. R.; MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A. Effects of zinc fungicides and different zinc fertilizer application methods on soluble and total zinc in potato plant shoots. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 30, p. 1847-1859, 1999.

FONTES, P. C. R.; ROCHA, F. A. T.; MARTINEZ, H. E. P. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função da adubação fosfatada. **Horticultura Brasileira**, v. 15, p. 104-107, 1997.

FREEMAN, K. L.; FRANZ, P. R.; JONG, R.W. Effect of phosphorus on the yield, quality and petiolar phosphorus concentrations of potatoes (cv. Nusset Burbank and Kennebec) grown in the krasnozem and duplex soils of Victoria. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 38, p. 83-93, 1998.

GARCIA, É. L.; CARMO, E. L.; PÁDUA, J. G.; LEONEL, M. Potencialidade de processamento industrial de cultivares de batatas. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1742-1747, 2015.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Fracionamento químico das formas de fósforo do solo: usos e limitações. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v.8, p.141-187, 2013.

HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers**. An introduction to nutrient management. 7. ed. New Jersey, Pearson Education, 2005. 515p.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I.S.; WHITE, P. Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. Academic Press: Amsterdam, 2012. p.135-189.

HAYTOVA, D. A review of foliar fertilization of some vegetables crops. **Annual Research & Review in Biology**, v. 3, p. 455-465, 2013.

HOLFORD, I. C. R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 227-239, 1997.

HOPKINS, B. G.; HORNECK, D. A.; MACGUIDWIN, A. E. Improving phosphorus use efficiency through potato rhizosphere modification and extension. **American Journal of Potato Research**, v. 91, p. 161-174, 2014.

HOPKINS, B. G.; ELLSWORTH, J. W.; BOWEN, T. R.; COOK, A. G.; STEPHENS, S. C.; JOLLEY, V. D.; SHIFFLER, A. K.; EGGETT, D. Phosphorus fertilizer timing for Russet Burbank potato grown in calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 529-540, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento de safras agrícolas no ano civil**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?edicao=23542&t=resultados>. Acesso em: 02 de jan 2022.

JASIM, A.; SHARMA, L. K.; ZAEEN, A.; BALI, S. K.; BUZZA, A.; ALYOKHIN, A. Potato phosphorus response in soils with high value of phosphorus. **Agriculture**, v. 10, p. 264, 2020.

JASIM, A. H.; HUSSEIN, M. J.; NAYEF, M. N. Effect of foliar fertilizer (high in potash) on growth and yield of seven potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.). **Euphrates Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, p. 1-7, 2013.

JOERN, B. C.; VITOSHI, M. L. Influence of applied nitrogen on potato. Part I: yield, quality and nitrogen uptake. **American Potato Journal**, v. 72, p. 51-63, 1995.

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

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

KOCH, M.; NAUMANN, M.; PAWELZIK, E.; GRANSEE, A.; THIEL, H. The importance of nutrient management for potato production part I: Plant nutrition and yield. **Potato Research**, p. 1-23, 2020a.

LEONEL, M.; CARMO, E.L.; FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; EBÚRNEO, J.A.M.; GARCIA, É.L.; SANTOS, T.P.R. Chemical composition of potato tubers: the effect of cultivars and growth conditions. **Journal of Food Science and Technology**, v.54, p.2372-2378, 2017.

LISINSKA, G.; LESZCZYNSKI, W. Potato Science and Technology. **Springer Science & Business Media**, 1989.

LIZANA, C. X.; SANDAÑA, P.; BEHN, A.; ÁVILA-VALDÉS, A.; RAMÍREZ, D. A.; SORATTO, R. P.; CAMPOS, H. Potato. In: SADRAS, V. O.; CALDERINI, D. F. (Eds.). **Crop Physiology: Case histories for major crops**. Academic Press: San Diego, 2021. p. 551-587.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. van. Raízes e Tubérculos. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M.

C. (Eds.), **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. p. 221-229. (Boletim técnico 100).

LUZ, J. M. Q.; ARAUJO, A. Q.; BORGES, M.; CAMARGOS, R. O.; SOARES, S. L.; RIBEIRO, R. C. Influence of phosphate fertilization on phosphorus levels in foliage and tuber yield of the potato cv. Ágata. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, p. 649-656, 2013.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicic acid on phosphorus uptake by rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 35, p. 227-234, 1989.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. **Plant and Soil**, v. 126, p. 115-119, 1990.

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

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

MARTINS, J. D. L. **Nutrição mineral e produtividade da cultura da batata em função da aplicação de substância húmica e adubação fosfatada**. 2017. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdades de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2017.

MARTINS, J. D. L.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Potato yield and phosphorus nutrition using humic substances in two soil textures. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. e01703, 2020.

MARTINS, J. D. L.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A.; DIAS, P. H. Phosphorus fertilization and soil texture affect potato yield. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 541-550, 2018.

MCCOLLUM, R. E. Analysis of potato growth under differing P regimes. I. Tuber yields and allocation of dry matter and P. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 51-57, 1978.

MESQUITA, H.A.; PAULA, M.B.; VENTURIN, R.P.; PÁDUA, J.C.; YURI, J.E. Fertilização da cultura da batata. In: ZAMBOLIN, L. (Ed). **Produção integrada da batata**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia, 2011. p. 351-380.

MIGUEZ, F.E.; POFFENBARGER, H., 2022. How can we estimate optimum fertilizer rates with accuracy and precision? **Agricultural and Environmental Letters**, v.7, p.e20075, 2022.

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

MUDKHERJEE, S. K.; DE, R.; SAXENA, P. N. Efficiency of utilization of soil and foliar Applied nitrogen and phosphorus as revealed by tuber production and nutrient uptake of potatoes. **Soil Science**, v. 102, p. 278-283, 1966.

MUNOZ, F.; MYLAVARAPU, R. S.; HUTCHINSON, C. M. Environmentally responsible potato production systems: a review. **Journal of Plant Nutrition**, v. 28, p. 1287-1309, 2005.

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

NEPAR-SBCS – Núcleo Estadual Paraná–Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1999. 399p.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Carbon cycling and soil organic matter. In: PAUL, E. A.; CLARK, F. E. (Ed.). **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic, 1996. p. 290-298.

PAULETTI, V.; MENARIN, E. Época de aplicação, fontes e doses de potássio na cultura da batata. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 15-20, 2004.

PEETEN, M. G. H.; FOLKERTSMA, S.; SCHIPPER, J. K.; BAARVELD, H. R.; KLEIN, S. **Netherlands catalogue of potato varieties**. The Hague, Nivap. 2011. 285p.

PEREIRA, A. S.; SILVA, R. S.; BENDER, C. I.; FERRI, M. L.; VENDRUSCOLO, J. L. Genótipos de batata com baixo teor de açúcares redutores. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 220-223, 2007.

PITCHAY, D.; MIKKELSEN, R. **Diagnose nutricional da planta**. Piracicaba: IPNI, 2018. 121p. (Tradução de Silvia Regina Stipp).

PRASAD, M.; BRERETON, A.J. Comparison of the effects of foliar applied and soil applied phosphate fertilizers on crop yields. **Ireland Journal of Agricultural Research**, v. 9, p. 401-404, 1970.

QUEIROZ, L. R. M.; KAWAKAMI, J.; MULLER, M. M. L.; OLIARI, I. C. R.; UMBURANAS, R. C.; ESCHENBACK, V. Adubação NPK e tamanho da batata semente no crescimento, produtividade e rentabilidade de plantas de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 119-127, 2013.

RAIJ, B. van **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres/ POTAFOS, 1991. 343p.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAMAEKERS, L.; REMANS, R.; RAOC, I. M.; BLAIR, M. W.; VANDERLEYDEN, J. Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. **Field Crops Research**, v. 117, p. 169-176, 2010.

RAUSCH, C.; BUCHER, M. Molecular mechanisms of phosphate transport in plants. **Planta**, v. 126, p. 23-37, 2002.

RHEINHEIMER, D. S. ANGHINONI, I.; FLORES, A. F. Organic and inorganic phosphorus as characterized by phosphorus-31 nuclear magnetic resonance in subtropical soils under management systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, n. 11/12, p.1853-1871, 2002.

RIBEIRO, J. D. R. Associativismo garante futuro do produtor de batatas. **Informe Agropecuário**, v. 20, p. 5-6, 1999.

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

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

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

SHARMA, R. C.; SAHOTA, T. C.; SHARMA, U. C.; SHARMA, A. K. Phosphorus economy in potato cultivation by soaking mother seed tubers in a solution of urea and phosphate. **Journal of Agricultural Science**, v. 102, p. 307-314, 1984.

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

SILVA, G. O.; BORTOLETTO, A. C.; PONIJALEKI, R.; MOGOR, A. F.; PEREIRA, A. S. Desempenho de cultivares nacionais de batata para produtividade de tubérculos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 752- 756, 2014.

SILVA, P.R.C. **Processo de produção de adubos foliares**. Salvador: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (Rede de Tecnologia da Bahia), 2006. 5p.

SMITH, O. **Potatoes**: Production Storing Processing. 2nd. Ed. Connecticut, the AVI Publishing Company, 1978. 776p.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Resposta da cultura da batata à adubação fosfatada no Brasil. **Informações Agrônomicas**, n. 157, p. 15-22, 2017.

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

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; PILON, C.; SOUZA, M.R. Phosphorus and silicon effects on growth, yield, and phosphorus forms in potato plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, p. 218-233, 2019.

SORATTO, R. P.; PILON, C.; FERNANDES, A. M.; MORENO, L. A. Phosphorus uptake, use efficiency, and response of potato cultivars to phosphorus levels. **Potato Research**, v. 58, p. 121-134, 2015.

SOUZA, Z.S. Ecofisiologia. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. (eds). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 80-105.

STIGTER, K. A.; PLAXTON, W. C. Molecular mechanisms of phosphorus metabolism and transport during leaf senescence. **Plants**, v. 4, p. 773-798, 2015.

TATE, Robert L. **Soil microbiology**. 2. ed. New Brunswick: John Wiley And Sons, 1995. 398 p.

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

TEKALIGN, T.; HAMMES, P. S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 29-44, 2005b.

THORNTON, M. K.; NOVY, R. G.; STARK, J. C. Improving phosphorus use efficiency in the future. **American Journal of Potato Research**, v. 91, p. 175-179, 2014.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.

WIJESINHA-BETTONI, R.; MOUILLÉ, B. The contribution of potatoes to global food security, nutrition and healthy diets. **American Journal of Potato Research**, v. 96, p. 139-149, 2019.

WRIGHT, I. J., REICH, P. B., WESTOBY, M. Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high- and low-rainfall and high- and low-nutrient habitats. **Functional Ecology**, v. 15, p. 423-434, 2001.

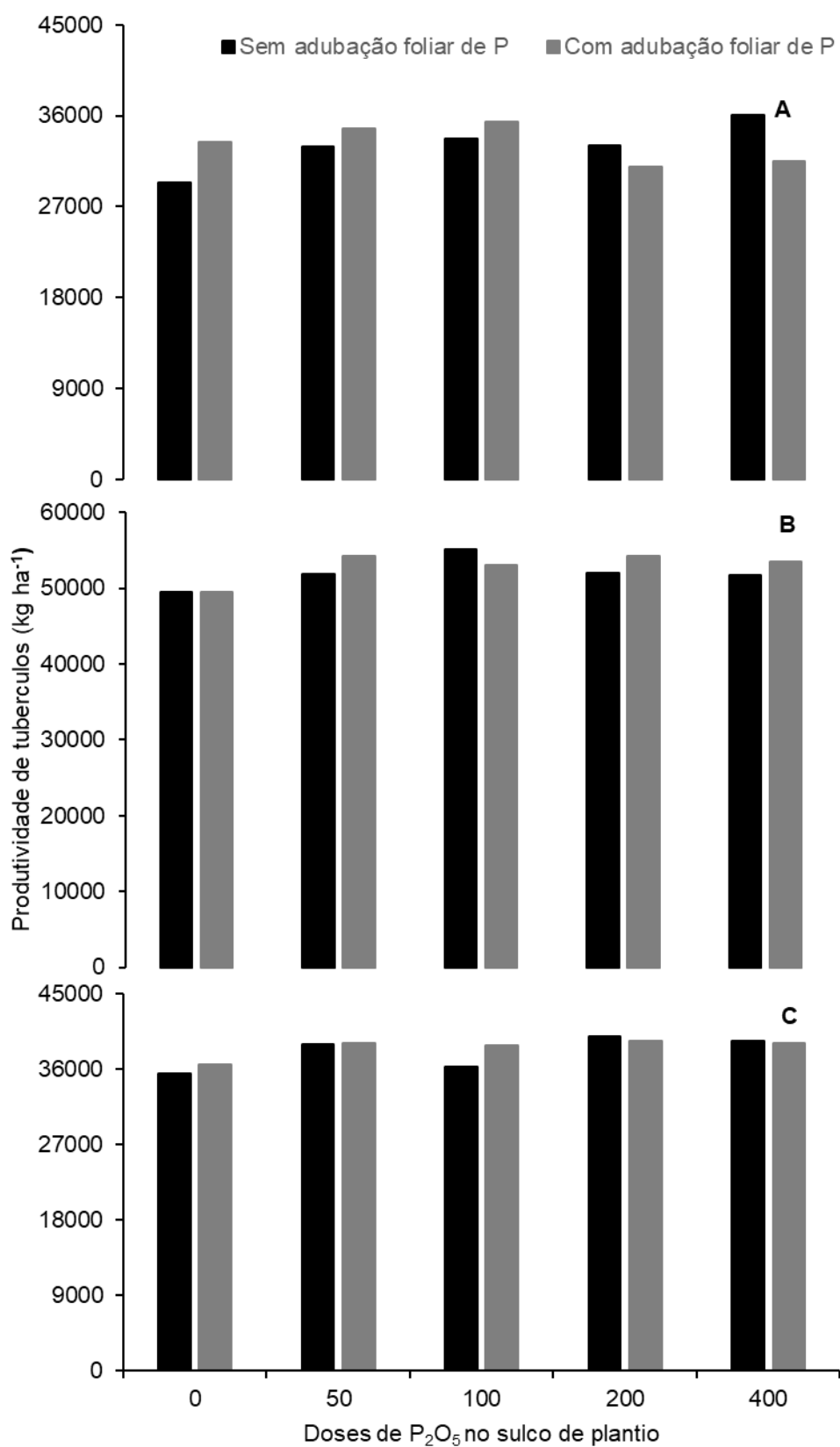
ZAMBROSI, F. C. Foliar phosphorus applications in the forms of phosphate and phosphite have contrasting effects on wheat performance under field conditions. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 22, p. 395-401, 2019.

ZENGİN, M; GÖKMEN, F; YAZICI, M. A.; GEZGIN, S. Effects of potassium, magnesium, and sulphur containing fertilizers on yield and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 33, p. 495-502, 2009.

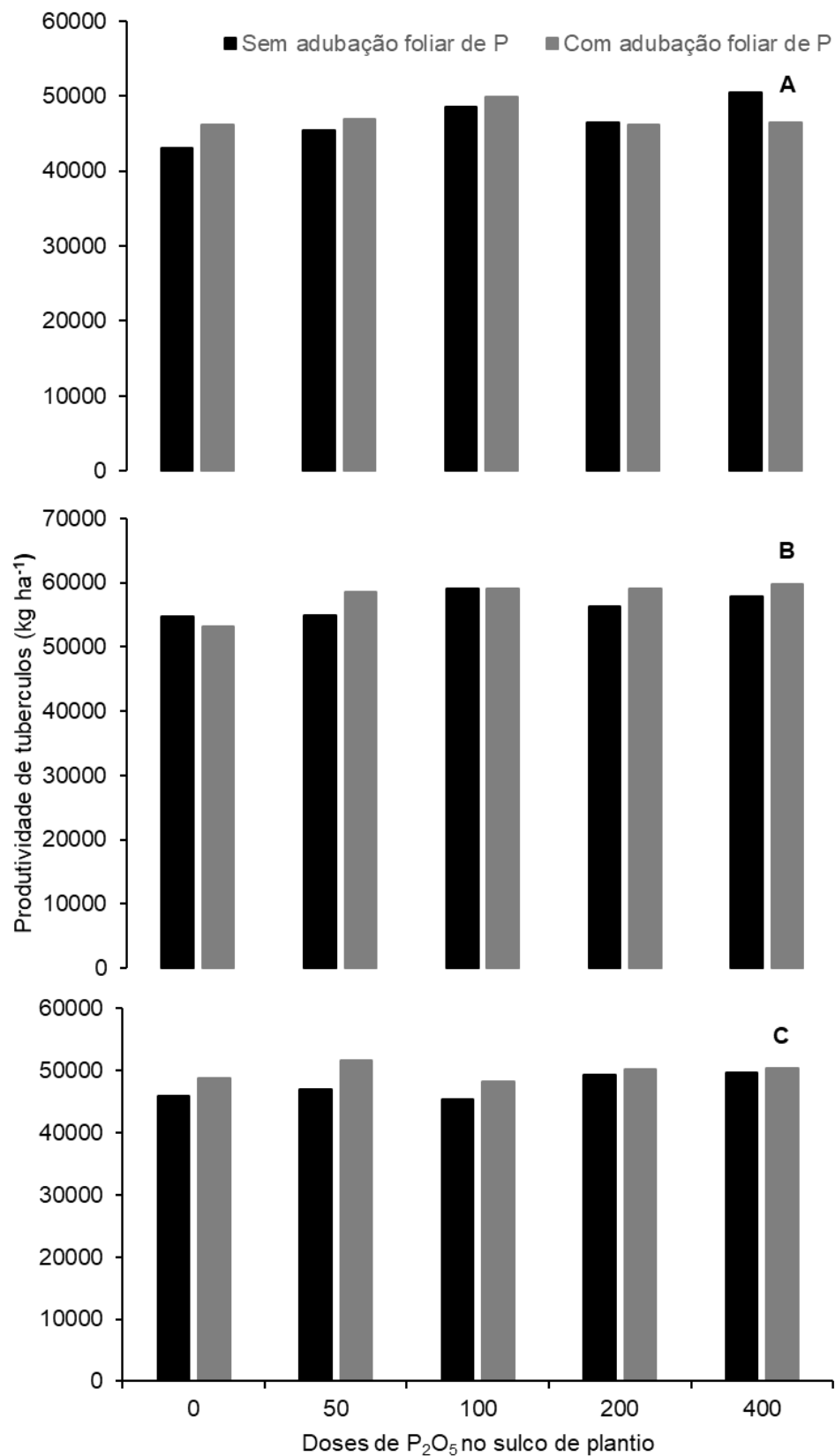
ZHOU, L.; MU, T.; MA, M.; ZHANG, R.; SUN, Q.; XU, Y. Nutritional evaluation of different cultivars of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) from China by grey relational analysis (GRA) and its application in potato steamed bread making. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, p. 231-245, 2019.

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

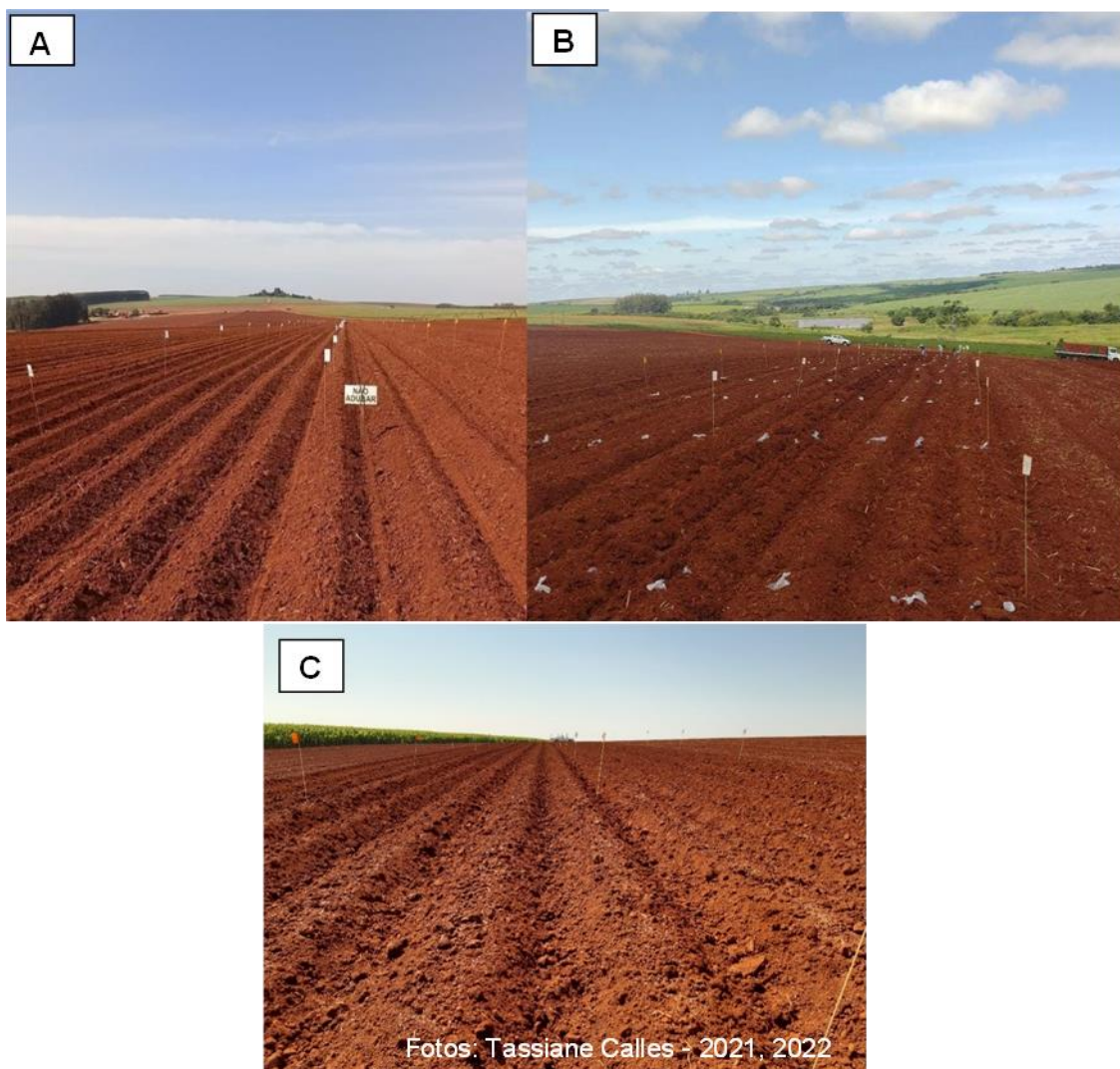
APÊNDICE A – Produtividade de tubérculos da classe especial dos experimentos I (Itapeva-SP, A), II (Itaí-SP, B) e III (Paranapanema, C)



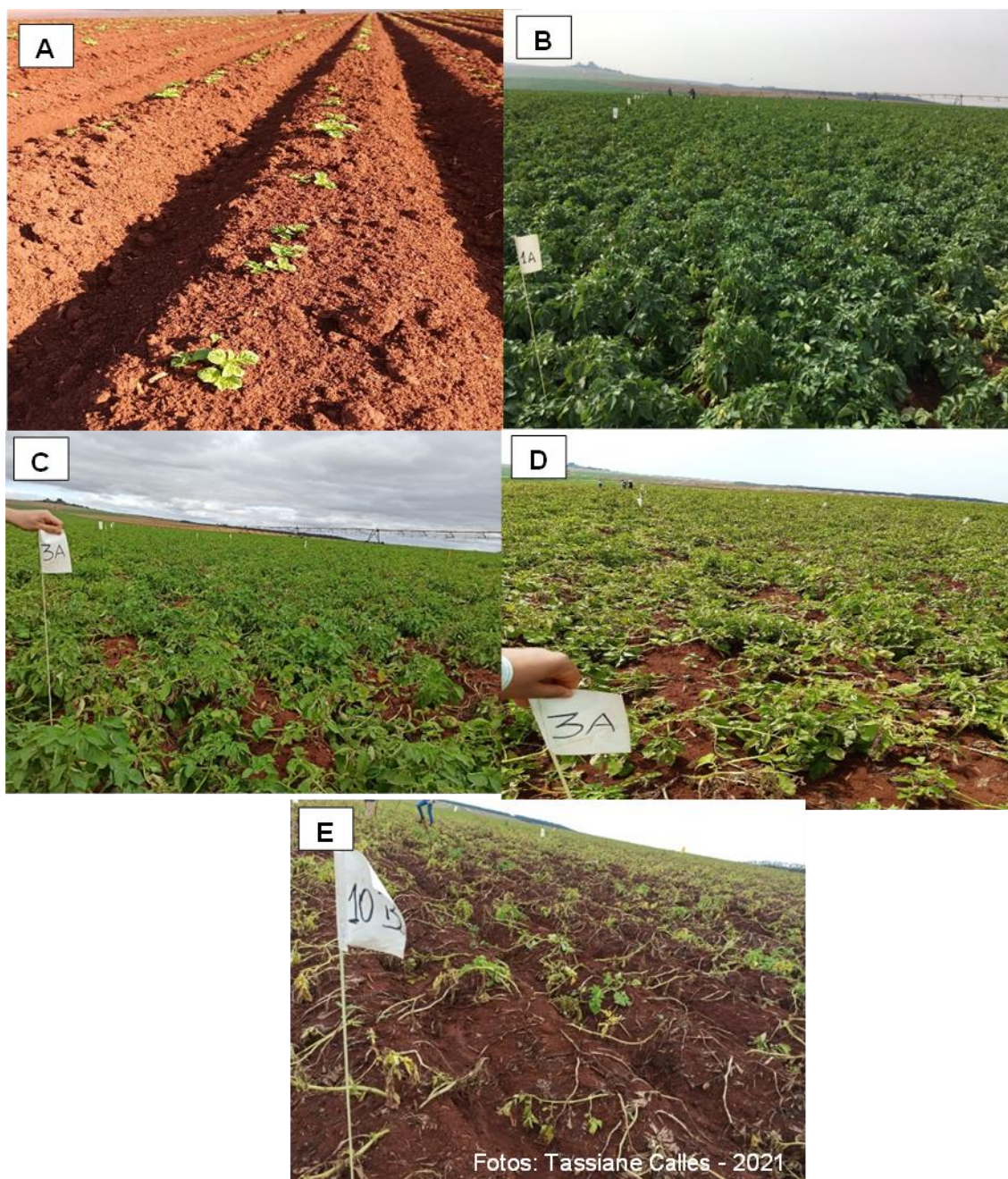
APÊNDICE B – Produtividade total de tubérculos dos experimentos I (Itapeva-SP, A), II (Itaí-SP, B) e III (Paranapanema, C)



APÊNDICE C - Instalação dos experimentos em Itapeva-SP (14/07/2021, A), Itaí-SP (06/04/2022, B) e Paranapanema-SP (22/04/2022, C)



APÊNDICE D – Condução do experimento em Itapeva-SP: emergência (09/08/2021, A), 63 DAP (14/09/2021, B), 71 DAP (22/08/2021, C), 78 DAP (29/09/2021, D) e 86 DAP (07/10/2021, E)



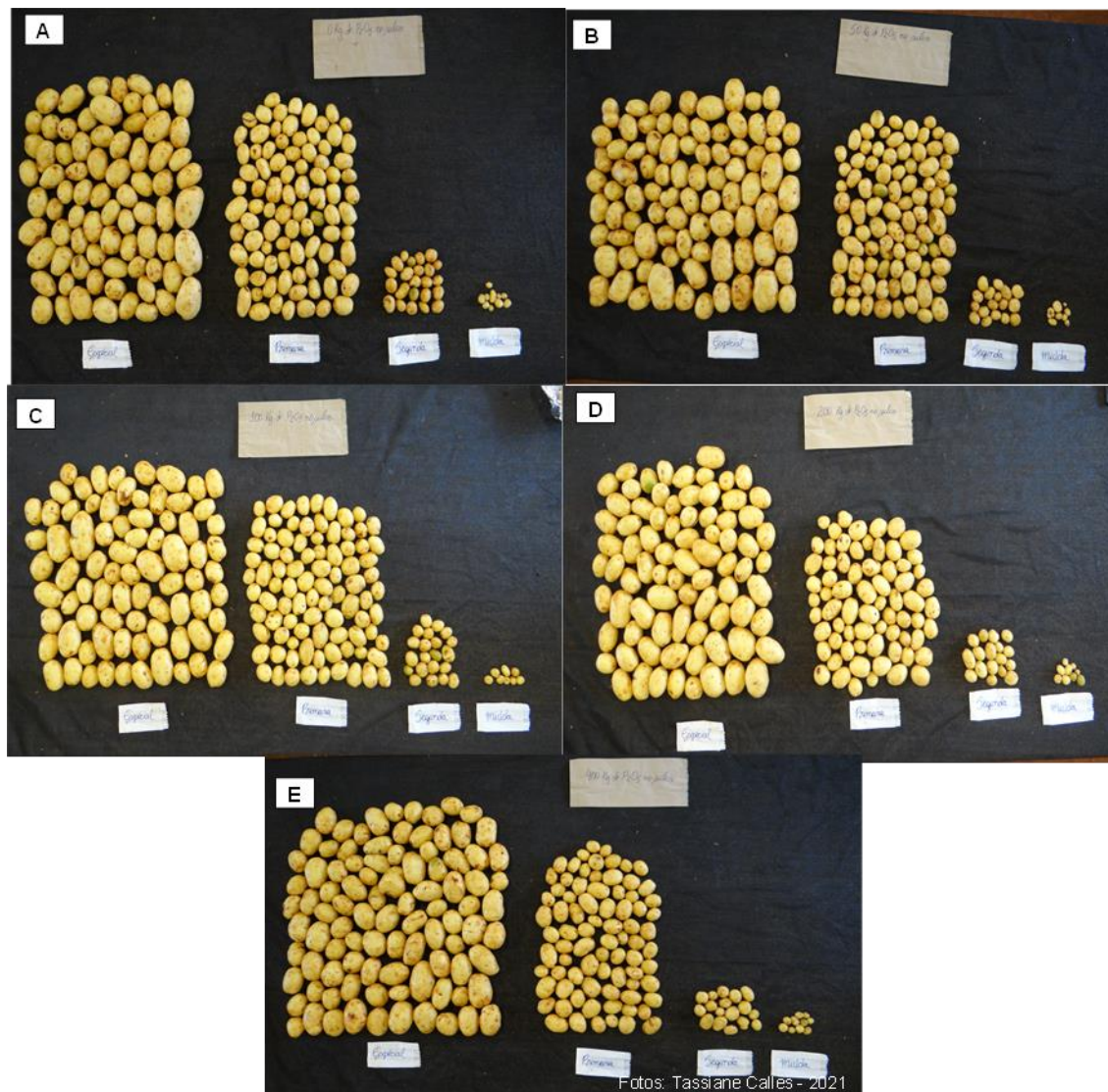
APÊNDICE E – Condução do experimento em Itaí-SP: 48 DAP (23/05/2022, A), 60 DAP (04/06/2022, B), 73 DAP (17/06/2022, C) e 91 DAP (05/07/2022, D)



APÊNDICE F – Condução do experimento em Paranapanema-SP: 47 DAP (07/06/2022, A), 64 DAP (24/06/2022, B), 77 DAP (07/07/2022, C) e 95 DAP (25/07/2022, D e E)



APÊNDICE G – Classificação dos tubérculos produzidos do experimento em Itapeva-SP/2021: 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio (A), 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio (B), 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio (C), 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio (D) e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio (E)



APÊNDICE H – Classificação dos tubérculos produzidos do experimento em Itapeva-SP/2021: 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio + 9 kg/ha de P₂O₅ via foliar (A), 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio + 9 kg/ha de P₂O₅ via foliar (B), 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio + 9 kg/ha de P₂O₅ via foliar (C), 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio + 9 kg/ha de P₂O₅ via foliar (D) e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio + 9 kg/ha de P₂O₅ via foliar (E)



APÊNDICE I – Classe especial dos tubérculos produzidos do experimento em Itapeva-SP/2021 e seus respectivos tratamentos

