

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

BRUNO BERNARDES DE ANDRADE

TECNOLOGIAS EM FERTILIZANTES FOSFATADOS NO CULTIVO DA BATATA
PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

UBERLÂNDIA
2021

BRUNO BERNARDES DE ANDRADE

TECNOLOGIAS EM FERTILIZANTES FOSFATADOS NO CULTIVO DA BATATA
PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Tese apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Agronomia.

Área de concentração: Fitotecnia

Orientador: Prof. DSc. Hamilton Seron Pereira

UBERLÂNDIA, MG
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

A553t
2021 Andrade, Bruno Bernardes de, 1975-
 Tecnologias em fertilizantes fosfatados no cultivo da batata para
 processamento industrial [recurso eletrônico] / Bruno Bernardes de
 Andrade. - 2021.

 Orientador: Hamilton Seron Pereira.

 Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de
 Pós-Graduação em Agronomia.

 Modo de acesso: Internet.

 Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.5519>

 Inclui bibliografia.

 Inclui ilustrações.

 1. Agronomia. I. Pereira, Hamilton Seron, 1968-, (Orient.). II.
 Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
 Agronomia. III. Título.

CDU:631

Gloria Aparecida
Bibliotecária - CRB-6/2047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese; 007/2021; PPGAGRO				
Data:	Trinta e um de março de dois mil e vinte e um	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	13:00
Matrícula do Discente:	11613AGR006				
Nome do Discente:	Bruno Bernardes de Andrade				
Título do Trabalho:	Tecnologias em fertilizantes fosfatados no cultivo da batata para processamento industrial				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Uso e Recuperação de Solos e Resíduos na Agricultura				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Beno Wendling - UFU; Wedisson Oliveira Santos - UFU; Carlos Henrique Eiterer de Souza - UNIPAM; Juscimar da Silva - EMBRAPA; Hamilton Seron Pereira - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Hamilton Seron Pereira, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Hamilton Seron Pereira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 12:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Beno Wendling, Professor(a) do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 12:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wedisson Oliveira Santos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 31/03/2021, às 12:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Henrique Eiterer de Souza, Usuário Externo**, em 31/03/2021, às 17:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JUSCIMAR DA SILVA, Usuário Externo**, em 31/03/2021, às 19:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2601065** e o código CRC **226E55AE**.

DEDICATÓRIA

À minha filha querida, Paula. Que continue fazendo o mundo ser melhor!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus caminhos, pela vida e pela oportunidade de crescimento diante dos obstáculos;

À Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade em dar continuidade em minha qualificação profissional com o curso de doutorado em agronomia;

Ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia pelo acolhimento;

Ao meu orientador, Prof. DSc. Hamilton Seron Pereira, pela confiança, pelos ensinamentos e sobretudo por me auxiliar com orientações em como superar os desafios para concluir este trabalho;

Aos membros da banca avaliadora, primeiramente por sua disponibilidade e também por seus questionamentos e ensinamentos fundamentais para melhoria deste trabalho;

À minha esposa, Gisley Rezende de Queiroz Bernardes, pelo incentivo incondicional em me tornar melhor como pessoa, pai e esposo, em todos os dias de minha vida;

A minha filha querida, Paula Queiroz Bernardes, que mesmo sem entender exatamente, se mostrou orgulhosa do caminho seguido com a conclusão deste trabalho;

À Fazenda Água Santa e a todos os seus colaboradores por permitirem e auxiliarem na instalação e na condução deste trabalho;

Aos colegas do curso de doutorado em Agronomia da UFU, por sua cumplicidade, convívio, horas de estudo e de construção de trabalhos e compartilhamento de experiências as quais levarei comigo para o resto da vida;

Ao Centro Universitário de Patos de Minas, pela liberação para que eu pudesse concretizar este trabalho e realizar este sonho;

Ao amigo Carlos Henrique Eiterer de Souza, pelos ensinamentos e pelas palavras de incentivo que me guiaram durante esta etapa em minha vida;

Aos meus alunos do Centro Universitário de Patos de Minas, que contribuíram para que este trabalho fosse concluído, principalmente nos momentos mais tempestuosos;

Aos estagiários da Central de Fertilidade do Solo - CeFert do Centro Universitário de Patos de Minas, Bruna, Gustavo, Julia, Lara, Larissa, Letícia, Maila, Miguel, Morais, Murilo, Paulo, Pedro, Victor,

A todos, que de alguma forma, à sua maneira, apoiaram a condução desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** – Localização da Fazenda Água Santa (Perdizes-MG) e da área onde o experimento foi instalado e conduzido. Perdizes, MG. 2021. 29
- FIGURA 2** – Representação esquemática do método para determinação do peso específico. Montagem para pesagem em água. Perdizes, MG. 2020..... 34
- FIGURA 3** – Número de tubérculos de batata classificados como “graúdos”, produzidos pela variedade “Codificada” submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021..... 38
- FIGURA 4** – Número de tubérculos de batata classificados como “graúdos” produzidos pela variedade “Markies” submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021..... 38
- FIGURA 5** – Produtividade de tubérculos de batata submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021..... 45
- FIGURA 6** – Teor foliar de P (g kg^{-1}) de plantas de batata produzidos sob cultivo com a adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021..... 46

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Análise química de Latossolo Vermelho distrófico das áreas experimentais cultivadas com batata. Perdizes, MG. 2021.....	30
TABELA 2 – Descrição dos tratamentos, % de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O, dose utilizada dos fertilizantes fosfatados, de ureia de cloreto de potássio (KCl) no cultivo de duas variedades de batata. Perdizes, MG. 2021.....	31
TABELA 3 - Produtividade de tubérculos de batata, variedade "Markies" e "Codificada", submetidas à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG, 2021.	36
TABELA 4 – Número total de tubérculos de batata produzidos pelas variedades "Markies" e "Codificada" submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.....	37
TABELA 5 – Teores de fósforo residual, P-Me-1 (mg dm ⁻³) do solo, depois do cultivo de batata, variedades "Markies" e "Codificada", submetidas à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.....	39
TABELA 6 – Teor de potássio disponível no solo (mg dm ⁻³) depois de cultivada as batatas, variedades "Markies" e "Codificada", submetidas à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.....	40
TABELA 7 – Sólidos solúveis dos tubérculos de batata variedade "Codificada", submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.	40
TABELA 8 - Teores foliares de Fósforo e Potássio em batata, variedades "Codificada" e "Markies", submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.	41
TABELA 9 – Produtividade de tubérculos de batata submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.....	42
TABELA 10 – Percentual de tubérculos de batata classificados como graúdos, submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.	43

TABELA 11 – Percentual de tubérculos de batata, classificados como “miúdos”, submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agronômica. Perdizes, MG. 2021. 44

TABELA 12 – Percentual de tubérculos de batata destinados ao descarte, submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agronômica. Perdizes, MG. 2021..... 45

SUMÁRIO

RESUMO	12
ABSTRACT	14
1.0. INTRODUÇÃO	15
1.1. REFERENCIAL TEÓRICO	18
1.1.1. Panorama geral da cultura da batata	18
1.1.2. Nutrição mineral e adubação na cultura da batata	20
1.1.3. Fósforo	23
1.1.4. Fertilizantes com tecnologia associada para aumento da eficiência agrônômica	25
2.0. MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1. ÁREA EXPERIMENTAL	29
2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS	30
2.3. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	32
2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	34
2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
2.6. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

RESUMO

ANDRADE, BRUNO BERNARDES. Tecnologias em fertilizantes fosfatados no cultivo da batata para processamento industrial. Tese (Doutorado em agronomia), Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG. 2021.

O cultivo da batata ocorre praticamente em todos os países do mundo. Essa espécie vegetal é considerada como de grande importância na alimentação humana, não somente por sua composição energética, mas também por ser fonte de sais minerais. Ela está presente na dieta das pessoas tanto na forma “*in natura*” quanto processada (pré-cozida e em *chips*). A bataticultura figura como atividade de elevados investimentos. Nesse sentido, os gastos com fertilizantes estão entre os mais onerosos, principalmente no que tange ao fósforo, tendo em vista a grande demanda por esse nutriente. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento e a produtividade de batatas destinadas ao processamento industrial submetidas à adubação com doses de fertilizantes fosfatados com diferentes tecnologias (fertilizantes organominerais, convencionais e polimerizados). Na safra de inverno de 2017, na Fazenda Água Santa, localizada no município de Perdizes – MG, cultivaram-se duas variedades de batata (Markies e Codificada) em dois experimentos simultâneos, procedendo-se a DBC com a utilização de 12 fertilizantes fosfatados, seguindo a dose de 650 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio. A adubação de cobertura (N e K) foi realizada na operação da amontoa cerca de 28 dias após o plantio, equiparando-se a dose desses nutrientes à fornecida no plantio ao se utilizarem fertilizantes N-P-K. Na safra de inverno de 2018, um experimento foi instalado na mesma propriedade, com o plantio da cultivar “Markies” em DBC em esquema fatorial (4x4+1), utilizando-se doses de P₂O₅ (0, 300, 400, 500 e 600 kg ha⁻¹) e fertilizantes fosfatados com diferentes tecnologias (MAP, FOM, N-P-K 04-30-04, NPK 05-30-04). Na amontoa, realizou-se a adubação de cobertura com o fornecimento de N e K, equiparando-se as suas quantidades àquela promovida com o maior fornecimento desses nutrientes com a adubação N-P-K no plantio. Foram avaliadas as seguintes características: produtividade, número de tubérculos produzidos, classificação dos tubérculos quanto ao tamanho, sólidos solúveis totais, e teor foliar e residual de fósforo no solo. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelos testes Scott-Knott e os modelos de regressão ajustados. Observou-se aumento na produtividade com a aplicação dos fertilizantes fosfatados em relação ao tratamento em que não houve adição de P, sendo a produtividade máxima obtida com o uso do MAP (55,11 t ha⁻¹). Esse fertilizante também se destacou positivamente na quantidade de tubérculos classificados como graúdos (228 unidades) para a variedade “Markies”. O teor de sólidos solúveis totais foi influenciado pela utilização de P no manejo da adubação, não tendo os fertilizantes testados apresentado diferença entre si. O teor de P residual no solo foi maior quando aplicados alguns fertilizantes em relação ao tratamento controle. A interação entre fertilizantes e doses de P₂O₅ não foi significativa, havendo efeito isolado apenas das doses, de forma quadrática, na produtividade de tubérculos com a dose de 516,99 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo esta a que promoveu máxima produtividade e comportamento linear crescente no teor foliar de P. Nas áreas de altos patamares de fósforo, a associação de tecnologias aos fertilizantes fosfatados não gerou aumento da eficiência agrônômica no cultivo de batata destinada ao processamento industrial em relação ao fertilizante convencional.

Palavras chave: adubação, fósforo, nutrição de plantas.

ABSTRACT

ANDRADE, BRUNO BERNARDES. Technologies in phosphate fertilizers in potato growing for industrial processing. Thesis (Doctorate in Agronomy), Federal University of Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG. 2021.

Potatoes are grown in virtually every country in the world. It is deemed to be of great importance in human nutrition, not only because of its energetic composition but also because it is a source of mineral salts. It is part of the human diet, whether fresh or processed (pre-cooked and in chips). Potato growing is a high-investment activity. Spending on fertilizers is among the highest, especially with regard to phosphorus, given its great demand. Thus, this study evaluated the development and yield of potatoes for industrial processing submitted to fertilization with phosphate fertilizers of different technologies (organomineral, conventional, and polymerized fertilizers). In the winter of 2017, at Água Santa Farm, located in the municipality of Perdizes – Minas Gerais, two potato varieties (Markies and “Codified”) were cultivated in two simultaneous experiments using DBC with 12 phosphate fertilizers and 650 kg ha⁻¹ of P₂O₅ at planting. Cover fertilization (N and K) was carried out in the heap operation approximately 28 days after planting, comparing the dose of these nutrients to that provided at planting when using N-P-K fertilizers. In the winter of 2018, an experiment was conducted at this same property with the planting of the cultivar “Markies” in DBC in a factorial scheme (4x4+1), using P₂O₅ (0, 300, 400, 500, and 600 kg ha⁻¹) and phosphate fertilizers with different technologies (MAP, FOM, NPK 04-30-04, NPK 05-30-04). In the heap, cover fertilization was done with N and K, equating their amounts to that promoted with the greatest supply of these nutrients with the N-P-K fertilization at planting. The following characteristics were evaluated: yield, number of tubers, classification of tubers according to size, total soluble solids, and leaf and residual phosphorus content in the soil. The results were analyzed through ANOVA and the means were compared using the Scott-Knott test and adjusted regression models. An increase in yield was observed with the application of phosphate fertilizers in relation to the treatment in which there was no addition of P; the maximum yield was obtained with the use of MAP (55.11 t ha⁻¹). This fertilizer also stood out positively in the number of tubers classified as large (228 units) for the “Markies” variety. The content of total soluble solids was influenced by the use of P in the management of fertilization, and the fertilizers tested did not differ from each other. The residual P content in the soil was higher when some fertilizers were applied, compared to the control treatment. The interaction between fertilizers and the amount of P₂O₅ was not significant; quadratically, there was an isolated effect only of the amount of P₂O₅ on the yield of tubers, with the amount of 516.99 kg ha⁻¹ of P₂O₅, which triggered maximum yield as well as increasing linear behavior in leaf P content. In areas with high levels of phosphorus, the association of technologies with phosphate fertilizers did not increase the agronomic efficiency in the cultivation of potatoes for industrial processing compared to conventional fertilizers.

Key words: fertilization, phosphorus, plant nutrition

1.0. INTRODUÇÃO

A produção mundial de batata no ano de 2018 foi de mais de 368 milhões de toneladas, cultivadas em 17.578.652 ha de terras em todo o planeta. Dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO (2020) apontam que a produtividade média de tubérculos produzidos naquele ano atingiu 20.934 kg ha⁻¹, sendo 1,5% inferior em relação ao ano anterior (21.208 kg ha⁻¹).

No Brasil, no mesmo ano, a produção de batata ocorreu em mais de 119 mil ha, com produção de aproximadamente 3,7 milhões de toneladas de tubérculos (IBGE, 2020). Os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná são responsáveis pelo cultivo e pela produção de mais quase 75% da batata no país. Com considerável nível tecnológico necessário para o sistema de produção de batatas, a produtividade média nacional foi de aproximadamente 31.176 kg ha⁻¹.

O cenário do agronegócio brasileiro consolida o país como grande produtor de alimentos mundial, com destaque para a produção de soja, milho e café, na qual são utilizadas inovações tecnológicas que possibilitam seu rápido crescimento e produtividade (ARTUZZO *et al.*, 2018); entre tais inovações está o uso de fertilizantes minerais. Nas últimas décadas, a produção interna desses insumos foi insuficiente para atender a demanda dos produtores rurais brasileiros, exigindo que o país importasse cerca de 70% de nitrogênio (N), 50% de fósforo (P₂O₅) e mais de 90% de potássio (K₂O) consumidos (ANDA, 2017).

Estima-se que para os próximos 40 anos mais de 75% do crescimento na produção agrícola ocorrerá em função do incremento na produtividade, tornando o fertilizante um insumo de significativa importância para se atingir este resultado (FAO, 2013). No mundo inteiro, em 2018, foram produzidas mais de 208 milhões de toneladas de fertilizantes minerais, considerando apenas nitrogênio (119.615.318,0 t), fósforo (44.207.484,0 t), potássio (44.518.636,0 t) e, de acordo com a FAO (2020), essa quantidade foi superior em apenas 0,52% ao ano anterior.

Importante componente da dieta alimentar dos brasileiros, a batata (*Solanum tuberosum* L.) é cultivada nas mais diversas localidades do Brasil em áreas com ocorrência de diferentes tipos de solos, muitos dos quais requerem, para a obtenção da maximização da produtividade, aporte suplementar de nutrientes pela prática da adubação. Seu ciclo é relativamente curto, apresentando, portanto, alta demanda de

nutrientes (FERNANDES; SORATTO; PILON, 2015), os quais variam, entre outros fatores, em função da dinâmica dos nutrientes no solo e da capacidade de absorção desses nutrientes pela cultura.

Ocorre que em muitos desses locais de cultivo, predominam condições de baixa fertilidade natural; os solos são muito intemperizados, com argilas oxídicas e baixos teores de matéria orgânica. Nesses ambientes, a recomendação de P para os cultivos geralmente é alta, já que a capacidade de fixação do elemento pelo solo é alta, reduzindo a sua disponibilidade para as plantas, comprometendo sua eficiência (NOVAIS *et al.*, 2007).

O fósforo é o sexto elemento mais abundante nos organismos vivos, é constituinte do DNA e fonte de energia para todos os processos metabólicos, como a fotossíntese, a respiração, a divisão celular entre outros (SCHOLZ *et al.*, 2015), sendo considerado como essencial para a segurança alimentar global e, na cultura da batata, apesar de não ser aquele mais exigido, tem sua importância por exercer influência direta na produtividade dos tubérculos (MARTINS *et al.*, 2018).

Nos dias atuais, são encontrados no mercado diferentes tipos de fertilizantes fosfatados, predominando aqueles solúveis em água, nos quais o P é rapidamente absorvido pelos minerais do solo, ocasionando redução na eficiência da adubação fosfatada (EVERAERT *et al.*, 2017). Estudos como os de Dorahy *et al.* (2008); Takahashi; Anwar (2007); Sanders *et al.* (2012); Dhillon *et al.* (2017) e Dhillon *et al.* (2019) relatam a baixa eficiência da adubação fosfatada.

A melhoria na absorção de P e o incremento na produtividade podem ser atingidos com a adoção, por parte dos produtores rurais, de técnicas e ferramentas que permitam menores perdas desse nutriente ao longo do ciclo de cultivo. O revestimento com polímeros, ou tecnologia associada aos fertilizantes, e o uso de fertilizantes organominerais se apresentam como alternativas para elevar a eficiência dos fertilizantes fosfatados (MACHADO; SOUZA, 2012).

Os fertilizantes revestidos por polímeros objetivam o fornecimento gradual às plantas ao longo do seu ciclo de cultivo e são denominados fertilizantes de liberação lenta e gradativa (TRENKEL, 2010). O emprego dessa tecnologia permite a redução na frequência das adubações, diminuindo o custo da produção com mão de obra (OLIVEIRA; SCIVITARO, 2002).

A planta da batateira é considerada ineficiente na absorção de P, principalmente em solos deficientes nesse nutriente (DECHASSA *et al.*, 2003). Isso posto, o presente

trabalho objetivou avaliar fontes e doses de fertilizantes fosfatados, solúveis, de liberação lenta e organominerais, na produtividade, características fitotécnicas, e classificação de tubérculos de batata em solos do cerrado.

1.1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1.1. Panorama geral da cultura da batata

A batata pertencente da família *Solanaceae* é uma das mais importantes culturas agrícolas do mundo. Originária da Cordilheira dos Andes, atualmente ocupa o quarto lugar em quantidade de produção mundial de alimentos, sendo superada apenas pelo trigo, arroz e milho. No Brasil, no ano de 2018, o cultivo da batata ocorreu em 119.117 ha, com produção de 3.668.029 toneladas de tubérculos (IBGE, 2020). Os estados de Minas Gerais, São Paulo e Paraná são responsáveis pelo cultivo e pela produção de quase 75% da batata no país.

Por sua extensão continental e diversidade climática, pode-se realizar o cultivo da batata no Brasil durante todo o ano, sendo realizado em três safras distintas: de agosto a outubro, safra das águas; de abril a julho, safra de inverno, e de janeiro a março, safra da seca, apresentando ciclo de 90 a 115 dias (FIGUEIREDO *et al.*, 2011).

O cultivo da batata no cenário econômico-social é de grande importância, visto que a atividade gera emprego e renda em todos os segmentos da cadeia produtiva do agronegócio (GERALDINI; JULIÃO; BORGATTO, 2011).

A composição nutricional dos tubérculos de batata é de 78% de água, 20% de carboidratos e 2% de proteínas (ORR; CASH, 1991), sendo estas constituídas por aminoácidos essenciais e não essenciais de elevada qualidade. Cerca de 80% do peso dos carboidratos de batata é formado por amido, composto por amilopectina (75% - 79%) e amilose (21% - 25%). Os tubérculos se apresentam como excelente fonte de vitamina C, fornecendo de 12 a 23 mg por 100 g de massa fresca (WILLAMS; ROSS; MILLER, 1995).

Embora a grande maioria da produção seja destinada ao consumo “*in natura*” (FILGUEIRA, 2003), nos últimos anos tem aumentado a participação da batata processada no mercado mundial, a ponto de a população buscar maior comodidade no preparo dos alimentos. O processamento na forma de “chips” e pré-cozidas apresentaram o segundo maior crescimento no setor da indústria brasileira de alimentos (SILVA *et al.* 2016; GNOCATO *et al.* 2014).

Atualmente existem 248 variedades de batatas registradas no Brasil (MAPA, 2020); as variedades Ágata, Asterix, Atlantic, Baraka, Caesar, Cupido, Markies e Monalisa as mais encontradas no mercado (QUEIROZ, 2011). A bataticultura nacional se apoia no cultivo de cultivares europeias, predominantemente advindas de países como Alemanha, Holanda e Suécia. O Brasil possui cultivares de batatas melhoradas e disponibilizadas no mercado por instituições de pesquisa governamentais; porém seu uso é pouco e, em sua grande maioria, são desconhecidas pelos produtores (FELTRAN; LEMOS, 2005).

A definição da variedade a ser cultivada deve ser escolhida em função do mercado consumidor, facilidade de produção e disponibilidade de batata-semente (HENZ; BRUNE, 2004). A resposta ao fornecimento de nutrientes pela prática da adubação ocorre de forma diferente entre as cultivares de batata. Fontes (1997) indica que para a obtenção de produtividades satisfatórias é fundamental o equilíbrio no fornecimento de nutrientes e outros insumos, bem como o momento para o seu uso.

A média de produtividade nacional de batata no ano de 2018 foi 31.176 kg ha⁻¹ (IBGE, 2020); nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, São Paulo e no Distrito Federal produtividades maiores do que a média nacional. Nesses locais, o manejo da cultura ocorre por meio de tecnologias produtivas com variedades adaptadas regionalmente às suas condições edafoclimáticas e, em alguns casos, utiliza de sistema de irrigação mais eficiente (MAUROELLI; GUIMARÃES, 2006).

O rendimento de tubérculos de batata aumentou consideravelmente nas últimas décadas (FAOSTAT, 2015) devido a melhorias nas práticas de manejo (FERNANDES; SORATTO, 2012) e uso de cultivares mais produtivas (ABBA, 2010).

Variáveis ambientais como a temperatura influenciam o crescimento da parte aérea da planta e o desenvolvimento dos tubérculos, afetando a produção. Quando expostos, seja em condições de cultivo ou em armazenamento, a baixas temperaturas (inferior a 10°C), ocorre a conversão do amido em açúcar, diminuindo a qualidade dos tubérculos em razão do aumento indesejável de açúcares redutores (LYNCH *et al.*, 2003).

A intensidade luminosa é outro fator ambiental que interfere no desenvolvimento e na produção da batateira. Andriolo *et al.* (2001) afirmam existir maior competição pelos assimilados produzidos entre os órgãos vegetativos e os tubérculos, o que promove precoce tuberização quando o fotoperíodo diminui.

A produtividade e a qualidade dos tubérculos de batata são influenciadas pela falta como também pelo excesso de nutrientes no solo, havendo relação direta entre a quantidade de nutrientes aplicados, pela prática da adubação, com a produção da batateira (WESTERMANN *et al.*, 1994).

1.1.2. Nutrição mineral e adubação na cultura da batata

O equilíbrio na nutrição mineral é essencial para a alta produção e qualidade de tubérculos (FERNANDES; SORATTO, 2012). De cultivo complexo, ciclo curto e alta produção por área, a planta da batata é exigente em nutrientes; dessa forma, a adubação assume importante papel na quantidade e qualidade dos tubérculos produzidos. Portanto, as necessidades de nutrientes devem ser atendidas para maximizar o desempenho da produção da batata, estando estes prontamente disponíveis na solução do solo (FILGUEIRA, 2000).

As atuais indicações de adubação para a cultura da batata estão baseadas unicamente na análise de solo (COGO *et al.*, 2006). Todavia, de acordo com Malavolta (2006), a identificação da quantidade de nutrientes a ser adicionada ao solo deve ser feita pela avaliação da fertilidade do solo e complementada com análise foliar.

Desse modo, para tornar o sistema produtivo viável e evitar gastos desnecessários sem comprometer a produção, o conhecimento sobre o efeito da adubação no comportamento morfológico da cultura da batata é fundamental, pois isso permite fornecer a quantidade necessária de adubação (MALLMANN; LUCCHESI, 2002).

Os gastos com fertilizantes, de maneira geral, representam em média 15% do custo total para a cultura da batata. Nessa cultura, os fertilizantes mais utilizados em razão da facilidade de compra, disponibilidade e padronização, são os formulados NPK 04-14-08 e NPK 08-28-16, aplicados no sulco de plantio, além da utilização de termofosfato em área total (FELTRAN, 2005).

A cultura da batata apresenta ciclo relativamente curto, de três a quatro meses, com alta produção por área, sendo, desse modo, muito exigente quanto à presença de nutrientes na forma prontamente disponível na solução do solo. Dessa forma, a

adubação se torna prática fundamental, influenciando a quantidade e qualidade dos tubérculos (FILGUEIRA, 2008). No entanto, as quantidades dos diversos nutrientes absorvidos pela planta e extraídos pelos tubérculos dependem de uma série de fatores, ou seja, do sistema de produção como um todo (FONTES *et al.*, 1997).

Em recente trabalho com o cultivo de variedades de batata no cerrado brasileiro, Pereira *et al.* (2020) verificaram que a exportação de macronutrientes (kg ha^{-1}) dessa espécie segue a sequência decrescente: $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} = \text{S} > \text{P}$.

Equilibrar a nutrição mineral é essencial para o alto rendimento e qualidade dos tubérculos (HOUGHLAND, 1960; MESQUITA *et al.*, 2007; ROSEN; BIERMAN, 2008; FERNANDES; SORATTO, 2012). Alto potencial de produção, ciclo curto de cultivo e altos requisitos de nutrientes da batata (JENKINS; MAHMOOD, 2003; FERNANDES *et al.*, 2011) demandam nutrientes na forma prontamente disponível na solução do solo.

A recomendação de adubação para o cultivo da batata, disponível no Brasil, é passível de utilização para os diferentes genótipos de batata (RIBEIRO *et al.*, 1999); entretanto, algumas pesquisas já demonstraram que a demanda por nutrientes, seja macro ou micronutrientes, pode variar entre os genótipos de batata e as condições de crescimento (FERNANDES *et al.*, 2010; FERNANDES *et al.*, 2011).

Relacionado ao processo da fotossíntese e ao crescimento vegetativo da planta, o nitrogênio (N) é um dos nutrientes que mais impacta a produtividade das culturas (MARSCHNER, 2012). Esse nutriente é considerado como fundamental para melhorar o desenvolvimento e a qualidade da planta (MATSON; LOHSE; HALL, 2002).

Ribeiro *et al.* (1999) indicam que a dose de N para o cultivo da batata é de 190 kg ha^{-1} , conforme a disponibilidade de fósforo (P) e de potássio (K) no solo, sendo indicado o parcelamento no seu fornecimento em 20% do total a ser fornecido no plantio e o restante (80%) realizado na amontoa.

Visando formar área foliar suficiente, bem como produzir fotoassimilados necessários em quantidade suficiente na fase de tuberização da batata, a disponibilidade de N é fundamental na fase vegetativa de cultivo (BISOGNIN; STRECK, 2009).

A planta da batata é sensível à perda de nitrogênio, podendo esta ocorrer facilmente por lixiviação, infiltração da água no solo (sobretudo naqueles com textura mais arenosa), como também na forma gasosa, com a volatilização da amônia (KAWAKAMI, 2015).

De acordo com Fontes (2001), os principais sintomas de deficiência de nitrogênio por plantas de batata são o crescimento lento, hastes finas e folhas com coloração mais pálida e ereta, podendo ocorrer senescência e queda precoce das folhas mais velhas quando a deficiência for mais severa. A clorose pálida das folhas mais velhas pode se estender para a planta inteira, além de apresentar produção de tubérculos pequenos (CARMELO *et al.*, 2006)

O potássio (K) é o nutriente mais exigido pela cultura da batata. A recomendação para esse nutriente varia entre 0, quando a sua disponibilidade no solo é elevada, até 350 kg ha⁻¹ de K₂O (FONTES, 1999), quando o teor de K trocável no solo é baixo, devendo o seu fornecimento ocorrer parceladamente: na ocasião do plantio, com 20% do total recomendado, e o restante (80%) durante a amontoa. Caso haja mais de uma operação de amontoa, esse autor recomenda dividir igualmente a quantidade de nutriente a ser aplicada nessas operações.

A fonte de K mais comumente utilizada na adubação no Brasil é o cloreto de potássio (KCl). Os bataticultores utilizam frequentemente quantidades maiores de adubo do que as recomendadas pela literatura; dessa forma, orienta-se a mistura deste com o solo para evitar injúrias aos tubérculos, relacionadas com a salinidade do fertilizante (LOPES; BUSO, 1997).

Entre as funções desenvolvidas pelo K, Marschner (2012) destaca a ativação de enzimas, a síntese de proteínas, carboidratos e ATP, além da regulação osmótica, conferindo a manutenção de água em seu interior por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos. Além dos sintomas tradicionais, plantas de batata com deficiência em potássio apresentam comprometimento na produção de amido, constituinte de seus tubérculos (CHAPMAN *et al.*, 1992).

De acordo com Vitti *et al.* (2005), embora comparativamente a absorção de P seja menor que a de N, K e demais macronutrientes, a função metabólica desse nutriente é extremamente importante, visto ser o grande responsável pelo equilíbrio de energia na planta. O fósforo tem atuação em processos como formação de proteínas, divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, respiração e fornecimento de energia (TAIZ; ZEIGER, 2007). Marschner (2012) destaca ainda que o P é indispensável para o completo ciclo das plantas, influenciando o crescimento de raízes.

1.1.3. Fósforo

A utilização da adubação tornou-se prática corriqueira na agricultura contemporânea, sendo atividade básica na abertura de novas áreas que antes eram consideradas impróprias para o cultivo, e na reposição de nutrientes visando ao não esgotamento das reservas do solo (NOVAIS; SMYTH, 1999). Praticamente todos os fertilizantes fosfatados são originados de rochas fosfáticas, que ocorrem naturalmente e são compostas principalmente por minerais de fosfato de cálcio (apatita).

De acordo com o USGS (JASINSKI, 2018), a reserva de rocha fosfática mundial é da ordem de 70 bilhões de toneladas métricas (Bt) comercializáveis (PR-M), com concentração de P de 13,1% P (30% P₂O₅).

No Brasil, o fósforo é o nutriente mais limitante à produção agrícola, face à sua adsorção ou fixação aos sesquióxidos de ferro e alumínio, e a formação de precipitados com alumínio, ferro e cálcio (CARMO *et al.*, 2014). Tais características são comuns aos solos muito intemperizados que predominam no país, que são constituídos por argilominerais 1:1 (caulinita), oxi-hidróxidos de ferro (goethita e hematita) e hidróxidos de alumínio (gibsitita) (EBERHARDT *et al.*, 2008).

Solos tropicais possuem naturalmente baixa fertilidade devido ao alto grau de intemperização. Entre os nutrientes encontrados em menores quantidades nesses solos, destaca-se o fósforo (P), que tem papel crucial no desenvolvimento das plantas, sendo constituinte dos ácidos nucleicos, dos fosfolipídios, das proteínas, do ATP e do material genético (MALAVOLTA, 2006; NOVAIS *et al.*, 2007). Desse modo, a adição de P aos solos na forma de adubação fosfatada mostra grande importância na nutrição de plantas e no alcance de elevado teto produtivo.

Por apresentar essa condição de alta fixação de P, nesses locais ocorre com frequência o aporte desse nutriente pela prática da adubação, em quantidades acima das recomendadas, de modo a superar a rápida imobilização do P inorgânico que ocorre em solos altamente intemperizados, ricos em ferro (Fe) e alumínio (Al) (WHITERS *et al.*, 2018).

O P apresenta dinâmica no solo que resulta em sua baixa eficiência na absorção pelas plantas. Isso ocorre de forma mais intensiva em solos tropicais, que apresentam a sua fração de argila constituída principalmente por óxidos de Fe e de Al, que por sua vez possuem alta afinidade e se ligam com os ânions ortofosfatos HPO₄²⁻ e H₂PO₄⁻,

formas principais da ocorrência do P em solos com pH entre 4,0 e 7,0 (RAIJ, 1991). As formas de P originadas desse processo são chamadas de P lábil e estão disponíveis para a reposição do P que é extraído da solução do solo (NOVAIS *et al.*, 2007).

A interação predominante de P com oxi-hidróxidos de Fe e Al determina a disponibilidade desse nutriente para a planta. O fósforo presente na solução do solo e aquele P fracamente absorvido são considerados formas lábeis de P do solo (P lábil). À medida que o tempo de incubação do solo aumenta, a disponibilidade de P é diminuída, independentemente do tipo de solo ou da taxa de P aplicada (NOVAIS; SMYTH, 1999; HAMDÍ *et al.*, 2014).

As principais fontes de fósforo utilizadas na agricultura brasileira apresentam alta solubilidade, favorecendo a interação do P com partículas do solo, conseqüentemente diminuindo sua disponibilidade para as plantas, reduzindo a eficiência da adubação (BENEDITO *et al.*, 2010).

O aumento da demanda global de fósforo e a redução das reservas de rocha fosfática elevaram os custos do fertilizante fosfatado (CORDELL *et al.*, 2009), o que reforça a importância do uso eficiente do P na agricultura brasileira. O Brasil importou aproximadamente 27 milhões de toneladas de fertilizantes no ano de 2019. A produção nacional supriu o mercado nacional com cerca de 7,0 milhões, pouco mais de 24% do fertilizante usado nas lavouras brasileiras (ANDA, 2020).

A dependência do fornecimento externo de fertilizantes e matérias-primas destinadas à sua produção se configura como uma das fragilidades do agronegócio brasileiro (VEGRO, 2018).

No que se refere ao fósforo, o Brasil ocupou a terceira posição mundial quanto a seu consumo, sendo que, neste ano, dados da ANDA (2017) indicam que foram entregues ao Brasil 5.126 mil toneladas de fertilizantes fosfatados e o consumo de P_2O_5 no mesmo ano foi de 5.392,7 milhões de toneladas.

A maior parte do P adicionado ao solo como fertilizante é utilizado com baixa eficiência pelas plantas, o que está especialmente relacionado ao intenso processo de retenção de P no solo (ROY *et al.*, 2016). Assim, manejos ou práticas agronômicas podem ser adotadas para minimizar as perdas e aumentar o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, como aqueles baseados no princípio dos 4C, com aplicação da fonte **C**orreta, na dose **C**orreta, no local **C**orreto e na época **C**orreta (IPNI, 2017).

Embora promova melhora na aquisição dos nutrientes pela planta, a adoção dessas boas práticas na adubação com P ainda não é suficiente para elevar a eficiência

dos fertilizantes atuais, cujas perdas podem chegar a 80% do P aplicado no solo (BINDRABAN *et al.*, 2015). A alta concentração de P solúvel em água aliada ao caráter ácido dos fertilizantes fosfatados totalmente acidulados são algumas das propriedades que estão relacionadas com a perda de eficiência na recuperação do P-fertilizante pela planta (McLAUGHLIN *et al.*, 2011).

Portanto, tecnologias com liberação gradual de fósforo com fertilizantes polimerizados são alternativas para o produtor diminuir a fixação do nutriente no solo, diminuindo seus gastos com a adubação e aumentando a eficiência (NOVAIS; SMYTH, 1999).

1.1.4. Fertilizantes com tecnologia associada para aumento da eficiência agronômica

Nos últimos anos, o mercado agrícola nacional e internacional têm se movimentado em função de melhorias e inovações tecnológicas, com espécies geneticamente modificadas; moléculas de espectro específico empregadas no controle de pragas, plantas daninhas e doenças; fertilizantes com reações controladas; inibidores químicos, físicos ou biológicos (MACHADO, 2015).

O uso inadequado dos fertilizantes e o fornecimento desbalanceado dos nutrientes neles contidos acarretam perdas de nutrientes na aplicação de fertilizantes. Essas perdas acontecem devido às diferentes maneiras de se aplicar tais produtos em consequência da falta de qualidade deles e também devido ao manejo empregado na sua distribuição (ROJAS *et al.*, 2012). Para minimizar essas perdas, o aparecimento de novos produtos no mercado, como fertilizantes polimerizados e os organominerais, por exemplo, é crescente (SANGOI *et al.*, 2003; ROCHETTE *et al.*, 2009).

Nos fertilizantes, ao longo dos últimos anos, buscando melhorar a eficiência no fornecimento dos nutrientes, principalmente no tocante ao fósforo, limitar sua associação com o solo tem sido uma abordagem nos estudos com o uso de fertilizantes de maior eficiência (WEEKS JR.; HETTIARACHCHI, 2019).

Uma das alternativas disponíveis no mercado diz respeito à utilização de revestimento nos grânulos de fertilizantes, os quais possuem objetivo de diminuir as perdas naturais por lixiviação, volatilização e fixação, potencializando a ação do

fertilizante (ANDA, 2016). Esses fertilizantes dispõem de tecnologias que controlam a liberação de nutrientes ou estabilizam suas transformações químicas no solo, aumentando sua disponibilidade para a planta (PELÁ *et al.*, 2019).

Os fertilizantes de liberação controlada são aqueles que atrasam a disponibilidade inicial dos nutrientes por meio de diferentes mecanismos, com a finalidade de disponibilizá-los para as culturas por maior período de tempo e otimizar a absorção pelas plantas, reduzindo perdas (ZAVASCHI, 2010). Diversos tipos de coberturas de grânulos de adubos têm sido testados, com resultados variados (BANSIWAL *et al.*, 2006; ZHANG *et al.*, 2006).

No caso do P, a aplicação de aditivos de afinidade ao ferro e alumínio, elementos constantes no solo responsáveis por sua fixação e, por consequência, pela redução de sua absorção pelas plantas, se configura como estratégia a ser adotada visando ao aumento na eficiência do fertilizante fosfatado com o seu revestimento por polímeros aniônicos (REIS JR.; SILVA, 2012).

O uso de fertilizantes fosfatados revestidos por polímeros (FIGUEIREDO *et al.* 2012) surgiu como opção na redução da adsorção do P pelos colóides do solo, onde o agente de revestimento seria o responsável por reduzir e manter um menor contato entre o nutriente e os óxidos de Fe e Al, que seriam responsáveis por indisponibilizar o P para as plantas (GAZOLA *et al.* 2013).

Os polímeros são utilizados na agricultura especialmente como revestimento de fertilizantes. Estes se caracterizam por macromoléculas de elevado peso molecular, conhecidas como monômeros, que formam grandes quantidades de cadeias encontradas em sua estrutura. Diversas opções de polímeros são utilizadas como revestimento dos fertilizantes, como, por exemplo, polímeros não biodegradáveis e os polímeros biodegradáveis (CALABY-FLOODY *et al.*, 2018). Os polímeros não biodegradáveis podem apresentar um custo elevado e, em alguns casos, ser considerados poluentes ou tóxicos, podendo até serem vistos como potencial fator de impacto ambiental se forem considerados de difícil degradação (NAZ; SULAIMAN, 2016).

De baixa complexidade operacional, a produção dos fertilizantes organominerais se assemelha às misturas de compostos orgânicos e fertilizantes minerais já tradicionalmente adotadas. Percebe-se que a utilização de resíduos orgânicos apresenta grande potencial para a economia de nutrientes. Estimativas apontam que somente o aproveitamento dos resíduos dos setores agrícolas com menor desafio

logístico, como a avicultura, suinocultura e a produção de cana-de-açúcar, pode suprir cerca de 40% do consumo nacional de fertilizantes N-P-K (CRUZ *et al.*, 2017).

De acordo com a ABISOLO (2019), o mercado de fertilizantes especiais em 2019 estava estimado em R\$ 7,1 bilhões, apresentando crescimento médio de 7,7% em relação ao ano anterior. A categoria de fertilizantes organominerais representou maior crescimento entre as demais, com 19,5%, comparado aos fertilizantes folares (6,0% e os fertilizantes orgânicos (2,9%).

Os fertilizantes organominerais são obtidos pela mistura de fertilizantes orgânicos e minerais e seguem a legislação brasileira quanto ao registro e outros aspectos. Atualmente, a grande quantidade de resíduos orgânicos gerados nas diferentes atividades industriais brasileiras e o seu aproveitamento vem ao encontro da política nacional de aproveitamento de resíduos sólidos. Outro ponto favorável ao desenvolvimento desse setor é a proximidade entre os locais de geração dos resíduos e as propriedades rurais produtoras de grãos (BENITES, 2010).

No Brasil, a Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, estabelece as garantias mínimas para produção e comercialização dos fertilizantes organominerais, quais sejam: 8% de carbono orgânico; CTC de 80 mmol_c kg⁻¹; 10% de macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em misturas (NP, NK, PK ou NPK); 5% de macronutrientes secundários e umidade máxima de 30% (BRASIL, 2009).

Algumas das vantagens na adição de resíduos orgânicos a fertilizantes minerais são: redução do impacto ambiental, aumento da fertilidade do solo, redução na dose dos fertilizantes minerais, reciclagem de nutrientes e conferência de maior poder residual (TEJADA *et al.*; 2005).

De acordo com Levrero (2009), os fertilizantes organominerais promovem melhoria no desenvolvimento radicular, aumento da retenção de água no solo, recuperação da flora microbiana, menor propensão à erosão e acidificação do solo, redução no uso de calcário, e menor custo operacional em decorrência da aplicação conjunta do produto orgânico e mineral.

Vários são os estudos que correlacionam o aporte de fertilizantes sobre a produtividade e o desenvolvimento de diferentes cultivos (SPADOTTO; RIBEIRO, 2006). Entretanto, ainda são escassos os trabalhos que avaliam diferentes tecnologias associadas aos fertilizantes com intuito de incrementar sua eficiência agrônômica no cultivo da batata e seu efeito em características do solo.

2.0. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA EXPERIMENTAL

Os experimentos foram instalados na Fazenda Água Santa, de propriedade do Sr. João Emílio Roqueto, localizada na BR-452, km 252, município de Perdizes, Estado de Minas Gerais, coordenadas geográficas UTM: 7.857.697,02 S e 251.804,96 E, em área de lavoura comercial de batata, com irrigação via pivô central. O solo das áreas experimentais, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2013) é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, com topografia plana, fertilidade para fins agrícolas adequada, com o cultivo de culturas agrícolas como batata, milho, soja e feijão. Na safra anterior à instalação dos experimentos, cultivou-se soja nas áreas experimentais.

FIGURA 1 – Localização da Fazenda Água Santa (Perdizes-MG) e da área onde o experimento foi instalado e conduzido. Perdizes, MG. 2021.



Fonte: Google Earth.

Para a recomendação da dose de nutrientes necessária ao cultivo da batata, antes da instalação dos experimentos, procedeu-se à coleta de amostras de solo. Determinou-se, então, considerando a metodologia proposta pela EMBRAPA (2009),

os teores de micronutrientes S, Ca, Mg, K e Al trocáveis; a acidez potencial por acetado de cálcio; a matéria orgânica do solo (MOS) por titulometria; P-assimilável por Melich-1; e o pH em água (tabela 1).

TABELA 1 – Análise química de Latossolo Vermelho distrófico das áreas experimentais cultivadas com batata. Perdizes, MG. 2021.

Experimento	M.O.	pH	P-Meh	P-Rem	K	S	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	CTC _T
	dag kg ⁻¹	Água	mg dm ⁻³	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				
2017	3,76	6,4	53,1	15,1	120,0	8,4	4,3	1,2	0,0	3,1	8,90
2018	2,95	6,3	62,7	18,9	65,0	4,9	4,1	0,8	0,0	4,0	9,10
Experimento	B	Zn	Fe	Mn	Cu						
	mg dm ⁻³										
2017	0,7	13,7	48,3	26,2	6,2						
2018	0,8	12,9	66,3	18,1	3,6						

Extratores: pH em água, K e P assimilável por Melich-1, P=remanescente, teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl, acidez potencial por acetato de cálcio, matéria orgânica do solo (MOS) por titulometria de acordo com metodologia da EMBRAPA (2011).

O clima da localidade, de acordo com a classificação de Köppen e Geiger, é denominado como “Aw”, Clima tropical, com inverno seco e verão ameno, com média pluviométrica de 1.603 mm anuais.

2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

INVERNO DE 2017

Foram instalados e conduzidos simultaneamente dois experimentos para duas variedades de batata (Markies e Codificada) em cinco blocos casualizados, com doze tratamentos, constituídos por diferentes fertilizantes, descritos na tabela 2, fixando a dose de P₂O₅ em 650 kg ha⁻¹, determinada em função da quantidade máxima de P utilizada no programa nutricional da propriedade, de N em 200 kg ha⁻¹ e 371,4 kg ha⁻¹ de K₂O.

O MAP polimerizado foi fornecido pela *Compass Minerals*. O fertilizante denominado MANEJO 1 se caracteriza pela mistura do Biorim (composto orgânico com 18% de P₂O₅) com o MAP. O fertilizante denominado MANEJO 2 se caracteriza pela mistura do MAP ao composto orgânico (20% P₂O₅) produzido pela Vitória Fertilizantes.

O tratamento denominado polifosfato é composto pela aplicação de 70 L ha⁻¹ do fertilizante fluido polifosfato no fundo do sulco de plantio com posterior aplicação de MAP. Os fertilizantes FOM 4-20-05 e FOM 5-24-08 foram fornecidos pelas empresas Vitória Fertilizantes e Geociclo.

TABELA 2 – Descrição dos tratamentos, % de N, P₂O₅ e K₂O, dose utilizada dos fertilizantes fosfatados, de ureia de cloreto de potássio (KCl) no cultivo de duas variedades de batata. Perdizes, MG. 2021.

Trat.	Tratamentos/ Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Dose	Ureia	KCl
		----- % -----			----- kg ha ⁻¹ -----		
01	MAP Polimerizado	07	37	0	1.756,0	172,0	640,0
02	MAP	11	50	0	1.300,0	127,0	640,0
03	NPK 04-30-04	04	30	04	2.166,0	252,0	491,0
04	NPK 07-30-12	07	34	12	1.911,0	148,0	245,0
05	NPK 04-14-08	04	14	08	4.642,0	32,0	0,0
06	NPK 04-24-10	04	24	10	2.708,0	204,0	173,0
07	MANEJO 1 (Biorim + MAP)	0	18	0	1.000,0	211,0	640,0
		11	50	0	940,0		
08	MANEJO 2 (Vitória + MAP)	0	20	0	2.000,0	217,36	640,0
		11	70	0	500,0		
09	POLIFOSFATO	16	53	0	1.227,0	8,17	640,0
10	FOM 04-20-05	04	20	05	3.250,0	156,0	360,0
11	FOM 05-24-08	05	24	08	2.708,0	144,0	267,0
12	CONTROLE	0	0	0	0	444,0	640,0

A aplicação do fertilizante ocorreu na ocasião do plantio, no dia 12 de junho de 2017, na linha de semeadura. Procedeu-se à equiparação do fornecimento de nitrogênio (N) e potássio (K₂O) utilizando ureia e cloreto de potássio como fertilizantes, respectivamente, na fase da amontoa cerca de 18 dias após o plantio.

Cultivou-se a variedade “Markies” e outra denominada “Codificada”, que ainda não tem registro para produção no Brasil, por serem ambas indicadas para o processamento industrial, objeto de destino da produção de batata da fazenda, em quatro linhas de sete metros de comprimento e oitenta centímetros entre linhas, com três plantas por metro. A parcela útil considerou apenas as duas linhas centrais, desconsiderando 0,5 metro inicial e final de cada linha, cuja área útil total foi de 4,80 metros quadrados.

Seguindo recomendações técnicas e procedimentos padrões estabelecidos pelo sistema de manejo da propriedade, os tratos culturais da lavoura, como o controle de plantas infestantes indesejáveis, o monitoramento e o combate a pragas e doenças

foram aplicados em todo o experimento. O fornecimento de água às plantas ocorreu por sistema de pivô central, de modo a manter o solo próximo à sua capacidade de campo. O experimento foi conduzido até a colheita dos tubérculos, que ocorreu aos 100 dias após a semeadura.

INVERNO DE 2018

O experimento foi instalado em quatro blocos casualizados, em esquema fatorial (4x4+1), contemplando diferentes fertilizantes fosfatados (NPK 04-30-04; MAP; FOM 04-20-05; NPK 05-30-04) com doses distintas de fósforo (300; 400; 500 e 600 kg ha⁻¹ P₂O₅) e o tratamento controle (sem adubação fosfatada), perfazendo um total de 17 tratamentos. Cultivou-se a variedade “Markies”, amplamente utilizada para cultivos que se destinam ao processamento industrial, objeto de destino da produção de batata da fazenda.

O fertilizante organomineral FOM 4-20-05 foi fornecida pela empresa Vitória Fertilizantes. A aplicação dos fertilizantes ocorreu na ocasião do plantio, no dia 7 de junho de 2018, na linha de semeadura. Na época da amontoa, em adubação de cobertura, foi efetuada a equiparação do fornecimento de nitrogênio (N) e potássio (K₂O) utilizando ureia e cloreto de potássio como fertilizantes, respectivamente.

Adotaram-se como área de cada parcela quatro linhas de plantio, com sete metros de comprimento e oitenta centímetros entre linhas, com três plantas por metro. A parcela útil considerou apenas as duas linhas centrais, desconsiderando 0,5 metro inicial e final de cada linha, cuja área útil total foi de 4,8 metros quadrados.

Foram seguidos os procedimentos de monitoramento de pragas e doenças estabelecidos pelo manejo fitossanitário da propriedade em toda a área do presente experimento. O fornecimento de água às plantas ocorreu por sistema de pivô central, de modo a manter o solo próximo à sua capacidade de campo. O experimento foi conduzido até a colheita dos tubérculos, cerca de 100 dias após o plantio.

2.3. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

No período da colheita, realizou-se a coleta dos tubérculos produzidos pelas plantas localizadas nas duas linhas centrais, eliminando-se 0,5 m das bordas iniciais e

finais de cada parcela. Por contagem simples, foi determinada a quantidade de tubérculos produzidos por planta.

Após a colheita, os tubérculos foram lavados em água corrente, secos em temperatura ambiente à sombra e pesados em balança com capacidade mínima de 0,2 kg e máxima de 50 kg. A partir da massa de cada amostra, realizou-se a estimativa da produtividade.

Depois da pesagem, os tubérculos foram classificados de acordo com o diâmetro transversal, sendo enquadrados como “graúdos”, quando maior que 45 mm, e “miúdos”, quando menores que 45 mm, adaptando-se a classificação proposta por Luengo *et al.* (1999).

Durante a colheita dos tubérculos, coletaram-se quatro amostras simples de solo na profundidade de 0-20 cm dentro da área útil do experimento, e, a partir delas, após mistura e homogeneização, retirou-se amostra composta que foi encaminhada para o laboratório de fertilidade do solo do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM para determinação do teor de fósforo “disponível”, que foi quantificado pelo método colorimétrico em solução ácida de molibdato de amônio, enquanto que para a quantificação do potássio utilizou-se fotômetro tipo chama, seguindo procedimentos adotados na metodologia proposta pela EMBRAPA (2009).

No período do florescimento, realizou-se a amostragem de folhas coletando a folha mais nova totalmente aberta, conforme descrito por Ribeiro *et al.* (1999). As amostras foram encaminhadas para o laboratório de análises de solos do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, onde foram secas em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, a 65°C, até peso constante.

Posteriormente, o material foi triturado e moído em moinho de facas tipo inox (20 a 40 mesh) para determinação dos teores desejáveis, sendo o fósforo após digestão nitroperclórica (HNO₃ e HClO₄ concentrados) com espectrofotômetro de colorimetria com comprimento de onda de 725 nm, através de reação com ácido ascórbico, conforme descrito por EMBRAPA (2009), e o potássio foi quantificado por fotômetro de chama.

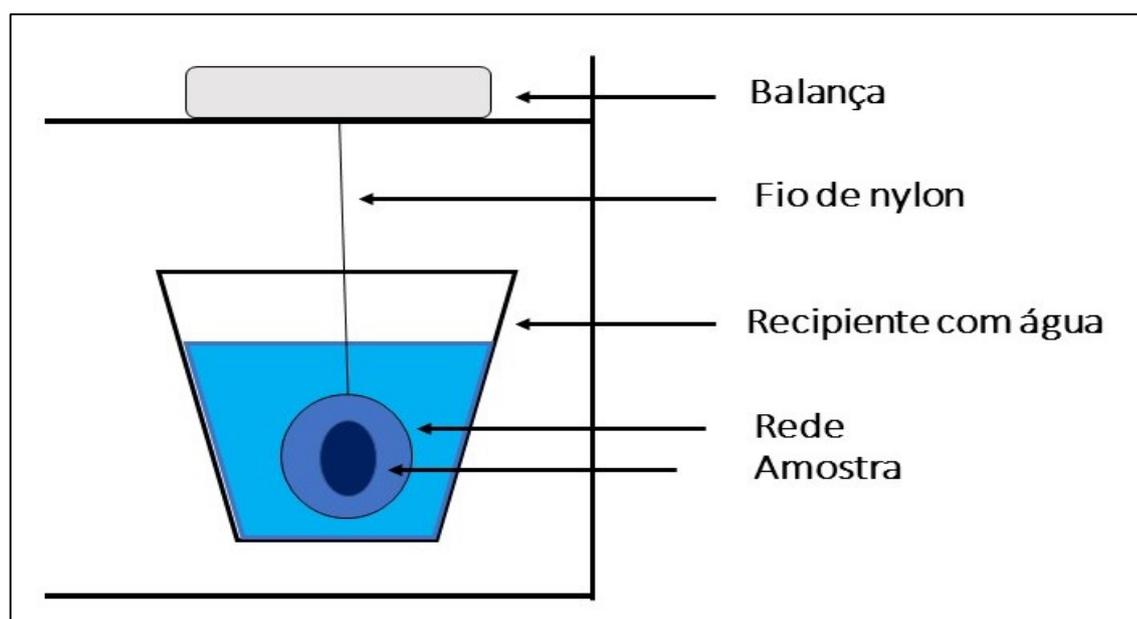
O teor de sólidos solúveis total dos tubérculos foi determinado pela metodologia proposta por Gold (1988), que apresenta a relação entre o peso específico dos tubérculos, teor de água, matéria seca e amido em batatas.

O cálculo do peso específico dos tubérculos considerou o peso da amostra ao natural e sua relação com a diferença entre o peso da amostra ao natural e o peso

dessa mesma amostra em água. Utilizou-se para a determinação do peso específico dos tubérculos o sistema disponível na Fazenda Água Santa, conforme descrito na figura 2.

$$\text{Peso Específico} = \frac{(\text{peso da amostra ao natural (g)})}{(\text{peso da amostra ao natural (g)} - \text{peso da amostra imersa em água (g)})}$$

FIGURA 2 – Representação esquemática do método para determinação do peso específico. Montagem para pesagem em água. Perdizes, MG. 2020.



Fonte: próprio autor.

2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

De início testaram-se as pressuposições do modelo, verificando a existência de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, todos a 0,01 de significância. Os resultados foram submetidos à análise de variância, comparando suas médias entre si pelo teste Skott-Knott a 0,05 de significância, utilizando o software R (R Core Team, 2018).

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

INVERNO DE 2017

A aplicação de fertilizantes fosfatados incrementou a produtividade de tubérculos de batata da variedade “Markies”, enquanto que no cultivo da variedade denominada “Codificada” não se verificou aumento de produtividade de tubérculos, com o fornecimento de fósforo pela prática da adubação.

A produtividade máxima obtida com a variedade “Markies” foi quando se utilizou fosfato monoamônico (MAP) como fonte de fósforo ($55,11 \text{ t ha}^{-1}$), seguida pelo uso do fertilizante organomineral FOM 05-24-08 ($54,84 \text{ t ha}^{-1}$) e pela adubação fosfatada adotada pela fazenda, denominada como Manejo 01 ($54,13 \text{ t ha}^{-1}$), que associa a aplicação do composto orgânico com o MAP.

Outros tratamentos apresentaram diferença estatística na produtividade de batata (tabela 3), com exceção daquele em que não houve fornecimento de fósforo (tratamento controle), da aplicação do fertilizante NPK 04-14-08 e da utilização do MAP polimerizado, que promoveram as menores produtividades de batata, com respectivamente $44,63 \text{ t ha}^{-1}$, $43,29 \text{ t ha}^{-1}$ e $42,55 \text{ t ha}^{-1}$ (tabela 3).

Todos os tratamentos avaliados neste experimento apresentaram produtividade superior à média de produtividade nacional de tubérculos de batata ($31,7 \text{ t ha}^{-1}$) de acordo com o IBGE (2020), em que a menor produtividade de tubérculos obtida ocorreu com a utilização da mistura de grânulos NPK 07-30-12 no cultivo da variedade “Codificada”, que ainda assim apresentou produtividade superior à média nacional na ordem de 13%. No cultivo da variedade “Markies”, com o uso do MAP como fonte de P, obteve-se a maior produtividade ($55,11 \text{ t ha}^{-1}$) no presente estudo. Este resultado se mostra superior à produtividade nacional em 74%.

O número total de tubérculos produzidos não foi comparado estatisticamente. Verificou-se, entretanto, que a variedade “Codificada” produziu em média 23% tubérculos a mais do que a variedade “Markies”, reforçando o seu potencial para o cultivo no Brasil. Entre os fertilizantes analisados, todos conferiram maior quantidade de tubérculos produzidos desta variedade, com exceção do MAP polimerizado.

TABELA 3 - Produtividade de tubérculos de batata, variedade "Markies" e "Codificada", submetidas à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG, 2021.

Tratamento	Produtividade (t ha ⁻¹)	
	Markies*	Codificada ^(ns)
MAP Polimerizado	42,55 b	42,20
MAP	55,11 a	40,70
NPK 04-30-04	48,81 a	41,10
NPK 07-30-12	50,64 a	35,90
NPK 04-14-08	43,29 b	39,60
NPK 04-20-10	49,51 a	38,60
MANEJO 01	54,13 a	44,40
MANEJO 02	53,33 a	42,20
POLIFOSFATO	53,49 a	37,90
FOM 04-20-05	53,43 a	46,10
FOM 05-24-08	54,85 a	38,30
CONTROLE	44,63 b	37,30

* Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre si estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 0,05 de probabilidade. (ns): não significativo pelo teste F.

Analisando o teor residual de P₂O₅, no cultivo da variedade "Codificada", observaram-se resultados significativos entre os fertilizantes fosfatados estudados. Verificaram-se resultados positivos nos teores de P disponível, com a aplicação de fertilizantes em relação ao tratamento controle, em que não houve fornecimento de P (Tabela 4). O tratamento que preconizava o manejo adotado pela fazenda (MANEJO 01), com o uso associado de fertilizante orgânico e MAP como fonte de P, promoveu teores residuais de P-me-1 da ordem de 72,1 mg dm⁻³, seguidos pelo uso do fertilizante revestido com a resina aniônica e do MAP, com 50,1 e 48,9 mg dm⁻³ respectivamente. Esses resultados representam incrementos nos teores de P no solo, de 450%, 282% e 273%, respectivamente, quando comparados ao tratamento controle.

TABELA 4 – Número total de tubérculos de batata produzidos pelas variedades “Markies” e “Codificada” submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Tratamentos (fertilizantes)	“Markies” ----- Número total de tubérculos -----	“Codificada”	Média ^(ns)
MAP Polimerizado	353	275	314
MAP	339	497	418
NPK 04-30-04	318	352	335
NPK 07-30-12	314	387	351
NPK 04-14-08	305	339	322
NPK 04-24-10	323	395	359
MANEJO 01	371	449	410
MANEJO 02	317	366	342
POLIFOSFATO	252	449	351
FOM 04-20-05	405	472	439
FOM 05-24-08	308	423	366
CONTROLE	340	445	393
Média	328	404	

(ns): não significativo pelo teste F.

No tocante à classificação dos tubérculos, a quantidade de tubérculos considerados “graúdos” foi estatisticamente igual quando do cultivo da variedade “Codificada”, independentemente do fertilizante fosfatado utilizado (figura 5). O uso do fertilizante FOM 04-20-05 promoveu a maior quantidade de tubérculos (259) nessa classe em relação aos demais tratamentos, superando em 16,67% a quantidade produzida pelo tratamento que não forneceu fósforo na adubação.

Para a Variedade “Markies”, percebeu-se que o fertilizante fosfatado utilizado na adubação da batata influenciou o tamanho do tubérculo (figura 6). O uso do MAP conferiu a maior quantidade de tubérculos (228) considerados como graúdos dentre os demais tratamentos. Comparativamente, foram obtidos 53,5% mais tubérculos classificados nessa categoria do que a quantidade obtida quando se usou o MAP polimerizado (127) como fonte de fósforo. Esse resultado se apresenta significativo, visto que o propósito a ser atingido ao se utilizar variedades que se destinam ao processamento industrial é a obtenção de grandes quantidades de tubérculos graúdos.

FIGURA 3 – Número de tubérculos de batata classificados como “graúdos”, produzidos pela variedade “Codificada” submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

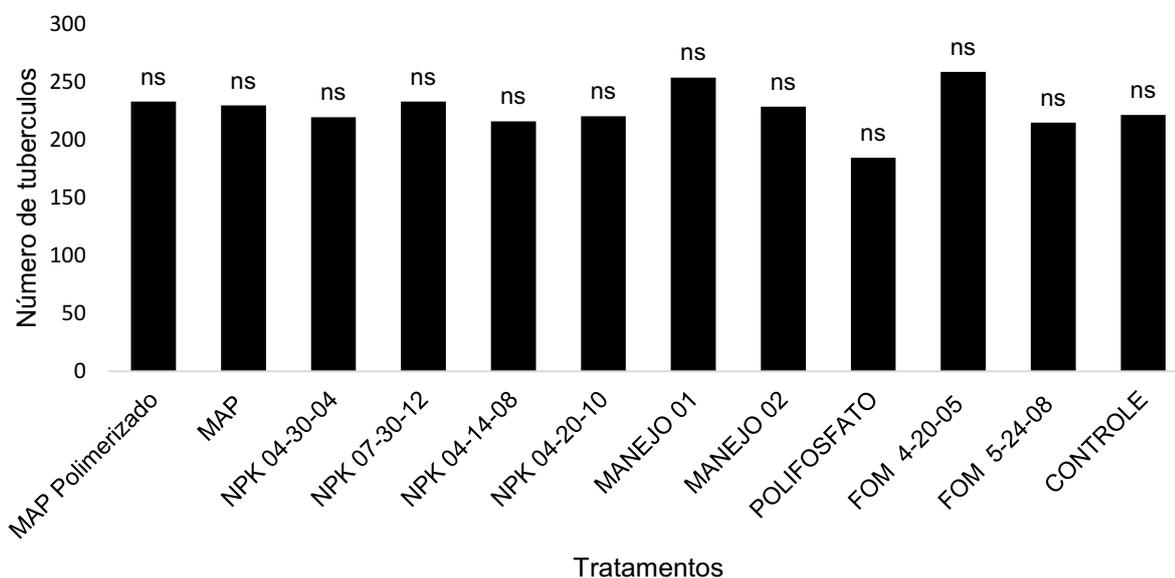
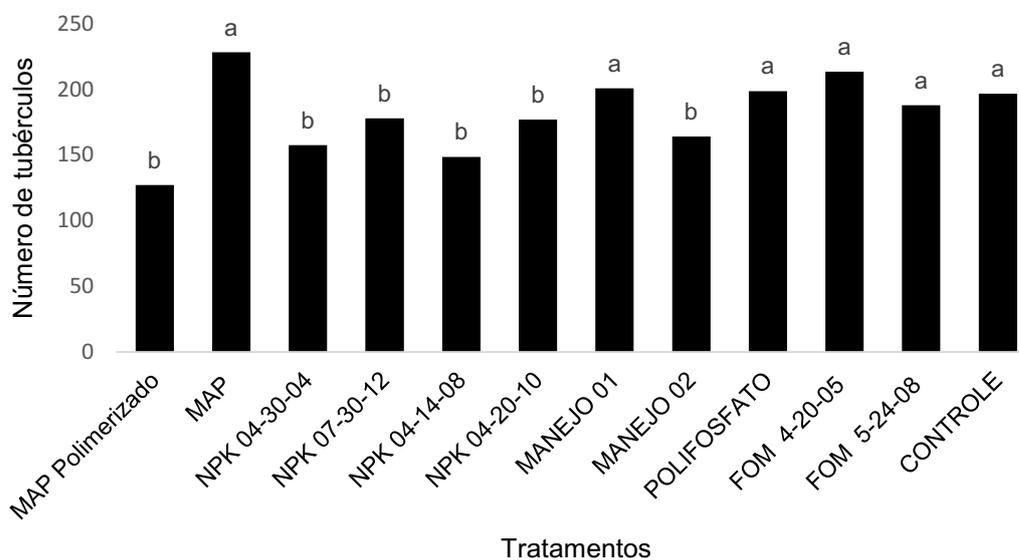


FIGURA 4 – Número de tubérculos de batata classificados como “graúdos” produzidos pela variedade “Markies” submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.



O teor residual de P (mg dm^{-3}) no solo promovido pelos fertilizantes objeto do presente estudo se mostrou superior ao descrito como “muito bom” por Ribeiro *et al.* (1999) para o cultivo de batata nas duas variedades cultivadas.

TABELA 5 – Teores de fósforo residual, P-Me-1 (mg dm^{-3}) do solo, depois do cultivo de batata, variedades “Markies” e “Codificada”, submetidas à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Tratamentos (fertilizantes)	“Markies” ^{ns} ----- P-Me-1 (mg dm^{-3}) -----	“Codificada”	Média
MAP Polimerizado	50,5	50,1 a	50,3
MAP	53,8	48,9 a	51,4
NPK 04-30-04	97,5	29,2 b	63,6
NPK 07-30-12	20,4	36,0 b	28,0
NPK 04-14-08	32,3	38,2 b	35,3
NPK 04-24-10	54,4	28,0 b	41,6
MANEJO 01	21,1	72,1 a	46,6
MANEJO 02	27,2	39,0 b	33,1
POLIFOSFATO	19,2	41,8 b	30,5
FOM 04-20-05	18,5	23,7 b	21,1
FOM 05-24-08	35,2	28,6 b	31,9
CONTROLE	13,7	13,1 b	13,4
CV:	22,95%	43,33%	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade. ^{ns} Resultados não significativos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para a variedade “Markies”, os resultados dos teores de P residual no solo não apresentaram diferença estatística significativa para os tipos de fertilizantes objetos do presente estudo. Contudo, percebeu-se incremento no teor desse nutriente no solo, variando entre 35 e 612% com o uso do fertilizante NPK 04-30-04 e do fertilizante organomineral FOM 04-20-05, respectivamente, em relação ao tratamento controle (Tabela 5).

Analisando os teores de K disponíveis no solo (mg dm^{-3}), notou-se que quando cultivada a variedade “Codificada”, não houve diferença estatística, embora a adoção do fornecimento desse nutriente via prática da adubação tenha promovido numericamente a elevação nos teores de K disponível no solo (tabela 6). No cultivo da variedade “Markies”, maiores teores de potássio no solo foram encontrados para todos os fertilizantes estudados, com exceção do MANEJO 1, em relação ao tratamento controle. Em todos os tratamentos, os teores residuais de K^+ no solo se mostraram superiores ao considerado como muito alto por Ribeiro *et al.* (1999).

TABELA 6 – Teor de potássio disponível no solo (mg dm^{-3}) depois de cultivada as batatas, variedades “Markies” e “Codificada”, submetidas à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Tratamentos (fertilizantes)	Variedade “Markies”	Variedade “Codificada”
	----- K disponível (mg dm^{-3}) -----	
MAP Polimerizado	312,4 a	303,6 a
MAP	255,1 a	254,9 a
NPK 04-30-04	255,9 a	232,3 a
NPK 07-30-12	246,6 a	246,8 a
NPK 4-14-8	220,3 a	280,5 a
NPK 4-24-10	185,8 b	231,8 a
MANEJO 01	145,0 b	237,3 a
MANEJO 02	211,2 a	292,0 a
POLIFOSFATO	251,0 a	239,8 a
FOM 04-20-05	242,1 a	203,7 a
FOM 05-24-08	238,6 a	230,3 a
CONTROLE	153,9 b	140,9 a
CV (%)	23,75	22,21

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade.

Os teores de sólidos solúveis obtidos para as variedades “Markies” e Codificada” são apresentados na tabela 6. De acordo com Grizottto (2005), para os tubérculos destinados à indústria, é desejável que apresentem teor de sólidos solúveis acima de 18%, para obtenção de *chips* de qualidade, o que pode ser verificado neste trabalho.

TABELA 7 – Sólidos solúveis dos tubérculos de batata variedade “Codificada”, submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Tratamentos (fertilizantes)	Sólidos solúveis totais (%)	
	“Codificada”	“Markies” ^{ns}
MAP Polimerizado	19,70 b	19,38
MAP	19,25 b	19,25
NPK 04-30-04	19,27 b	19,15
NPK 07-30-12	19,45 b	19,48
NPK 4-14-8	19,45 b	19,33
NPK 4-24-10	19,33 b	19,60
MANEJO 01	19,00 b	19,45
MANEJO 02	19,67 b	18,98
POLIFOSFATO	19,28 b	19,95
FOM 04-20-05	19,58 b	19,75
FOM 05-24-08	19,10 b	19,40
CONTROLE	21,20 a	19,25
CV (%):	3,0	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade. ^{ns}. não significativo pelo teste F ($\alpha > 0,05$).

Os teores foliares de fósforo (P) e potássio (K) expressados na tabela 8 apontam significância para a variedade “Markies” apenas no teor de P, enquanto que para a variedade “Codificada”, os teores de P e K nos tecidos foliares apresentaram diferença estatística pelo teste de Skott-knott a 5% de probabilidade. Todos os tratamentos estudados promoveram maiores teores foliares desses nutrientes quando comparados com o tratamento controle (tabela 8).

Ribeiro *et al.* (1999) ilustram os valores de referência para interpretação os teores foliares de P variando entre 0,29 a 0,50 dag kg⁻¹ e K entre 9,3 a 11,5 dag kg⁻¹ respectivamente.

TABELA 8 - Teores foliares de Fósforo e Potássio em batata, variedades “Codificada” e “Markies”, submetida à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Tratamentos (Fertilizantes)	Variedades Markies		Variedade (Codificada)	
	P Foliar ^{ns}	K Foliar	P Foliar	K Foliar
	----- g kg ⁻¹ -----			
MAP Polimerizado	3,2	104,8 a	2,1 c	68,5 b
MAP	3,4	74,3 b	2,2 c	74,4 a
NPK 04-30-04	2,9	103,9 a	2,7 a	75,6 a
NPK 07-30-12	2,9	111,1 a	2,1 c	63,4 b
NPK 4-14-8	3,0	95,2 a	2,0 c	64,6 b
NPK 4-24-10	2,7	100,1 a	2,2 b	71,2 a
MANEJO 01	3,0	99,1 a	2,5 b	61,5 b
MANEJO 02	2,3	82,2 a	2,0 c	67,5 b
POLIFOSFATO	3,2	93,1 a	2,3 b	72,0 a
FOM 04-20-05	2,3	77,5 b	1,9 c	61,9 b
FOM 05-24-08	3,6	91,1 a	2,3 b	77,8 a
CONTROLE	2,6	74,3 b	1,8 c	71,6 a
CV (%)	20,05	13,97	9,94	20,05

ns: não significativo pelo teste F. * Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste Skott-knott a 5% de probabilidade

INVERNO DE 2018

Verificou-se efeito isolado da quantidade dos fertilizantes fosfatados sobre a produtividade de tubérculos. O aumento na dose de P₂O₅ promoveu efeito quadrático na produtividade dos tubérculos. Não se observou interação significativa entre as fontes e as doses dos fertilizantes objetos do presente estudo. Apesar de ter sido detectada diferença estatística entre as doses de P₂O₅ para o peso dos tubérculos classificados

como grãos e miúdos, os modelos de regressão não foram ajustados. Não se verificou diferença estatística no peso dos tubérculos denominados “descarte”.

Ao comparar a produtividade dos tubérculos de batata quando se utilizou a maior dose de P_2O_5 (600 kg ha^{-1}) com o não fornecimento de fósforo (tabela 9), verificou-se incremento na ordem de 66% com pouco mais de 16.000 kg de tubérculos produzidos a mais. A batata se apresenta nutricionalmente como grande demandador por este nutriente e também muito responsiva ao seu fornecimento (MARTINS *et al.*, 2018).

Ressalta-se que a produtividade mínima de tubérculos de batata obtida no presente estudo foi de 37,6 t ha^{-1} , sendo esta superior à média nacional de produtividade no ano de 2019 de acordo com o IBGE (2020), em 18,8% (31,68 t ha^{-1}).

TABELA 9 – Produtividade de tubérculos de batata submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Fertilizantes	Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})					Média
	0	300	400	500	600	
Produtividade (t ha^{-1})						
NPK 04-30-04	25,4	39,2	41,7	37,8	37,8	36,4
MAP	25,4	37,9	41,0	42,4	43,9	38,1
ORGANOMINERAL	25,4	41,7	40,8	42,4	43,8	38,8
NPK 05-30-04	25,4	40,4	40,5	37,6	43,6	36,0
Média	25,4	39,8	41,0	40,1	42,3	

Entre os fertilizantes estudados, a utilização do fertilizante organomineral conferiu maior produtividade de tubérculos, com 38,8 t ha^{-1} . Essa tecnologia tem sido utilizada em diferentes cultivos agrícolas e tem demonstrado bons resultados de produtividade.

Luz *et al.* (2013) obtiveram produtividade máxima de 49,11 t ha^{-1} com a aplicação de 700 kg ha^{-1} de P_2O_5 e confirmaram que a cultura da batata apresenta incremento de produtividade com a adição de doses crescentes de fósforo. Resultado semelhante foi obtido por Cardoso (2012), que na safra de inverno não observou diferenças, quando se aplicou o fertilizante mineral e organomineral, na produtividade total dos tubérculos, que apresentou efeito quadrático com o aumento da dose de P_2O_5 aplicado na adubação.

Quando cultivada em condição de elevado suprimento de P, a batateira responde com maior produtividade devido ao maior desenvolvimento das hastes laterais, área

foliar (FLEISHER *et al.*, 2013) e produção de massa seca (FERNANDES; SORATTO, 2016).

O aumento na produção de maiores tubérculos sugere que P é um elemento importante para o desenvolvimento do tubérculo, maximizando o metabolismo e processos das plantas, como a translocação de fotoassimilados.

TABELA 10 – Percentual de tubérculos de batata classificados como graúdos, submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Fertilizantes	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Média ^(ns)
	0	300	400	500	600	
	Percentual de tubérculos “graúdos”					
NPK 04-30-04	35,0%	27,0%	27,0%	29,0%	30,0%	30,0%
MAP	40,0%	32,0%	32,0%	35,0%	37,0%	35,0%
ORGANOMINERAL	30,0%	21,0%	21,0%	31,0%	34,0%	29,0%
NPK 05-30-04	35,0%	24,0%	24,0%	27,0%	35,0%	30,0%
Média	30,0%	35,0%	26,0%	31,0%	34,0%	

(ns): não significativo pelo teste F.

A utilização de fertilizantes minerais em relação ao fertilizante organomineral, de maneira em geral, promoveu maiores percentuais de tubérculos classificados como graúdos, com diâmetro transversal acima de 45 mm, com destaque para o fosfato monoamônico (MAP), que proporcionou 21% a mais desses tubérculos quando comparado ao fertilizante organomineral. Esse fertilizante, entre os integrantes do presente estudo, conferiu percentuais superiores de tubérculos nessa classe em relação ao tratamento controle.

Entre as doses de P₂O₅ utilizadas, a aplicação de 300 kg ha⁻¹ promoveu percentual de tubérculos classificados como graúdos superior às demais doses estudadas (tabela 10). Essa dose foi suficiente para promover a produção dos maiores percentuais de tubérculos destinados ao beneficiamento industrial. Este resultado se mostra contrário a descrição de que a disponibilidade de P na solução do solo seria a principal limitante produtiva.

A produtividade de tubérculos não está associada exclusivamente à quantidade de P disponível. Fatores extrínsecos, como os ambientais, assim como fatores intrínsecos, como o número de hastes e a densidade de hastes por planta, podem afetar a quantidade e o peso dos tubérculos produzidos.

O maior percentual (68%) de tubérculos classificados como “miúdos” foi obtido com a aplicação de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esse percentual conferiu 13% a mais de tubérculos dessa classe em relação à dose de 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que promoveu o menor percentual de tubérculos com diâmetro transversal inferior a 45 mm (tabela 11).

TABELA 11 – Percentual de tubérculos de batata, classificados como “miúdos”, submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Fertilizantes	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Média (ns)
	0	300	400	500	600	
	Percentual de tubérculos “miúdos”					
NPK 04-30-04	67,0%	60,0%	67,0%	67,0%	64,0%	65,0%
MAP	67,0%	56,0%	63,0%	60,0%	59,0%	61,0%
ORGANOMINERAL	67,0%	64,0%	74,0%	61,0%	62,0%	66,0%
NPK 05-30-04	67,0%	61,0%	70,0%	70,0%	61,0%	66,0%
Média	67,0%	60,0%	68,0%	64,0%	62,0%	

(ns): não significativo pelo teste F.

Os tubérculos destinados ao descarte representaram apenas 4,4% da produção quando se utilizou a maior dose de P₂O₅ no presente estudo (tabela 12); a maior quantidade de tubérculos com essa característica foi obtida na dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O uso do fertilizante organomineral, entre as fontes testadas, proporcionou os maiores percentuais de tubérculos destinados ao descarte (5,6%), enquanto que a aplicação do MAP proporcionou a menor quantidade com essa característica (tabela 12).

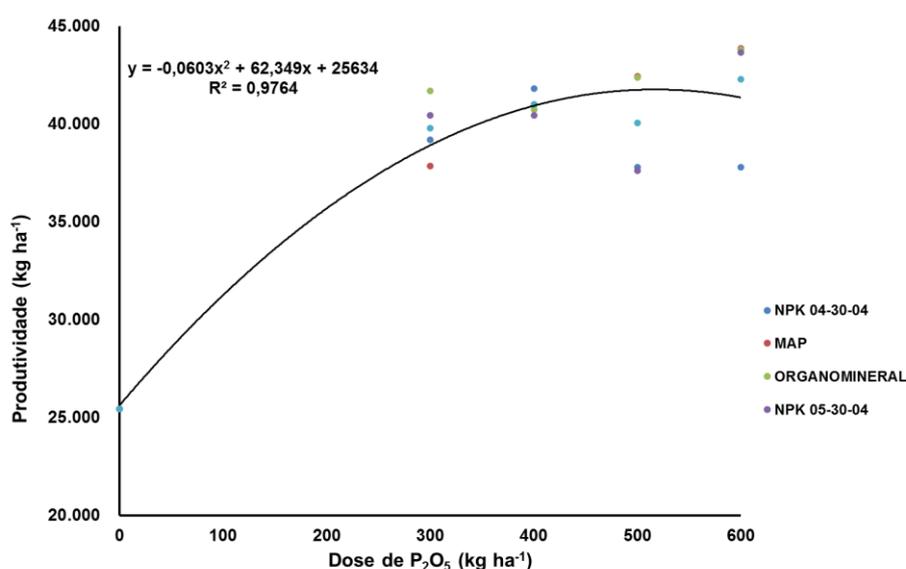
Fontes *et al.* (2005) concluíram que a dose do adubo otimiza a produtividade de tubérculos pelo incremento na produção de tubérculos de maior tamanho, além de aumentar a eficiência do adubo. Entre os fertilizantes testados, a dose de 516,99 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi a que promoveu a máxima produtividade de tubérculos (figura 5).

TABELA 12 – Percentual de tubérculos de batata destinados ao descarte, submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Fertilizantes	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Média
	0	300	400	500	600	
	Percentual de tubérculos para descarte ^{ns}					
NPK 04-30-04	3,0%	5,0%	6,0%	3,0%	6,0%	4,6%
MAP	3,0%	3,0%	4,0%	5,0%	4,0%	4,0%
ORGANOMINERAL	3,0%	6,0%	6,0%	8,0%	4,0%	5,6%
NPK 05-30-04	3,0%	4,0%	6,0%	4,0%	4,0%	4,3%
Média	3,2%	4,6%	5,6%	5,1%	4,4%	

ns. Não significativo pelo teste F

FIGURA 5 – Produtividade de tubérculos de batata submetidos à adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.



O teor foliar de P foi influenciado pela adubação fosfatada quanto à dose de P₂O₅ aplicada de forma linear crescente (figura 6). Em seus trabalhos, Fernandes, Soratto e Pilon (2016) observaram redução na concentração de P na folha diagnose da batateira em função da baixa disponibilidade de P no solo.

A adubação com fósforo aumentou linearmente a concentração foliar de P em batateiras cultivadas em solo com textura arenosa, enquanto que o comportamento verificado, em solo argiloso, por Martins *et al.* (2018), ocorreu de forma quadrática, corroborando os resultados obtidos neste trabalho.

Na ausência da adubação fosfatada, o teor foliar de P ($3,04 \text{ g kg}^{-1}$) ficou muito próximo do limite inferior daquela faixa ($2,90$ a 530 g kg^{-1}) descrita por RIBEIRO *et al.* (1999) como sendo a referência para interpretação dos resultados de análise de tecidos. A análise de tecido foliar mostrou que os teores de P nas folhas de batateira estavam dentro da referida faixa de referência (tabela 13).

FIGURA 6 – Teor foliar de P (g kg^{-1}) de plantas de batata produzidos sob cultivo com a adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

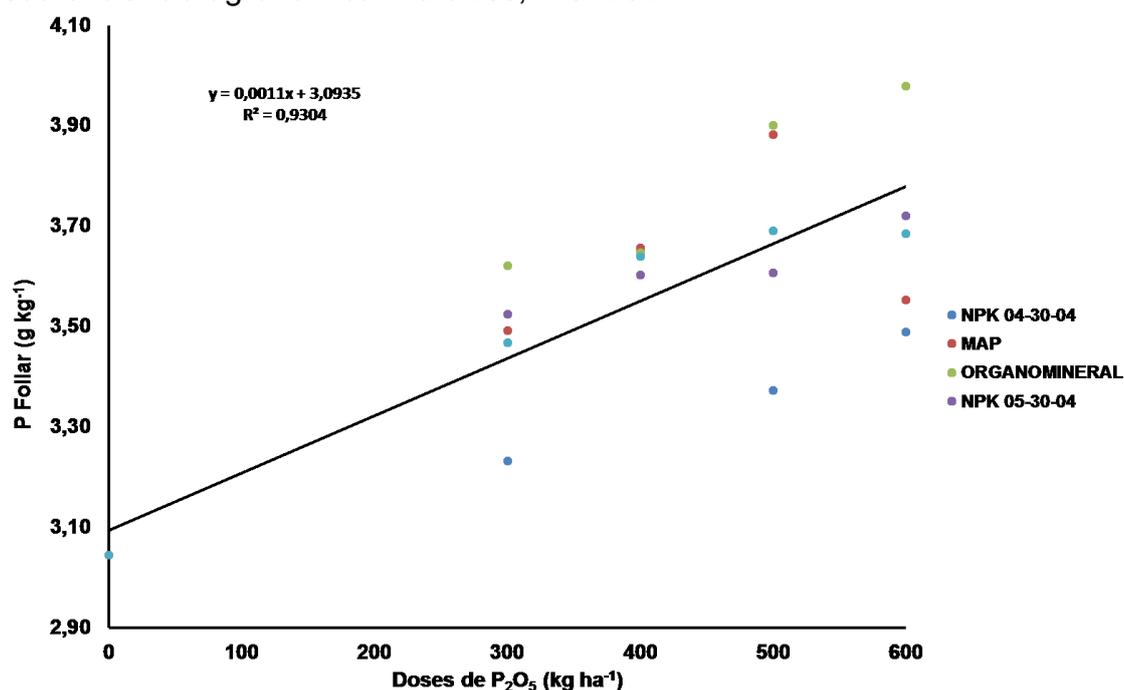


TABELA 13 – Teor foliar de P (g kg^{-1}) de plantas de batata produzidas sob cultivo com a adubação fosfatada com fertilizantes com tecnologias associadas para incremento de sua eficiência agrônômica. Perdizes, MG. 2021.

Fertilizantes	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Média
	0	300	400	500	600	
	(g kg ⁻¹)					
NPK 04-30-04	3,04	3,23	3,65	3,37	3,49	3,44
MAP	3,04	3,49	3,66	3,88	3,55	3,53
ORGANOMINERAL	3,04	3,62	3,65	3,90	3,98	3,64
NPK 05-30-04	3,04	3,52	3,60	3,61	3,72	3,50
Média	3,04	3,47	3,64	3,69	3,69	3,51

2.6. CONCLUSÃO

A aplicação de fertilizantes fosfatados com tecnologia associada para incremento de sua eficiência agronômica, em relação ao fertilizante convencional, não gerou aumento de produtividade de batata destinada ao processamento industrial, em áreas cuja disponibilidade de P no solo é elevada.

REFERÊNCIAS

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação / Eds.: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. Viçosa, MG, 1999. 359p.

DONAGEMA, G.K. Manual de métodos de análise de solos / organizadores, Guilherme Kangussú Donagema... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230 p. - (Documentos / EMBRAPA Solos, ISSN 1517-2627; 132)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Ed.: SILVA, F.C. 627p. 2009

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Response of potato cultivars to phosphate fertilization in tropical soils with different phosphorus availabilities. **Potato Research**, v. 59, n. 3, p. 259-278, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11540-016-9330-z>

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; EVANGELISTA, R.M.; JOB, A.L.G. Influência do fósforo na qualidade e produtividade de tubérculos de cultivares de batata de duplo propósito. **Horticultura Brasileira**, v.34, p.346-355. 2016. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362016003007>

FLEISHER, D. H. et al. Effects of carbon dioxide and phosphorus supply on potato dry matter allocation and canopy morphology. **Journal of Plant Nutrition**, v. 36, n. 4, p. 566-586, 2013.

FONTES, P.C.R. Batata. In: **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais - 5ª Aproximação**, Eds: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.C.; ALVAREZ, V.H. Viçosa: CFSEMG. 1999.

GOLD, W.A. Studin oil content from the ground up. **Snack Word**, Fort Atkinson, v.45, n.4, p.30-31, 1988

GRIZOTTO, R.K. Processamento e rendimento industrial de batata chips e palha. Seminário brasileiro sobre processamento de batatas, Pouso Alegre. 2005. Disponível em: http://www.abbabatabrasileira.com.br/brasil_eventos_minas2005.htm Acesso em: 05 jun 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Produção agrícola municipal: Batata inglesa. 2020. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em 09/01/2021.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G.; ANA, M.M.; MORETTI, C.L.; HENZ, G.P. **Classificação de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1999. 61 p. (Documentos, 22).

LUZ, J.M.Q.; QUEIROZ, A.A.; BORGES, M.; OLIVEIRA, R.Q.; LEITE, S.S.; CARDOSO, R.R. Influência da adubação fosfatada no teor foliar de fósforo e na produtividade de tubérculos de batata, cv. Ágata. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina - PR, v. 34, n. 2, p. 649-656, mar./abr. 2013. DOI: <http://www.dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p649>

MARTINS, J.D.L.; SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; DIAS, P.H.M. Phosphorus fertilization and soil texture affect potato yield. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN. v. 31, n. 3, p. 541 – 550, jul./set. 2018.

- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Austria, 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 21 jun. 2019.
- SILVA, F.C. et al. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2009.
- ANDRIOLO, J.L.; FALCÃO, L.L.; DUARTE, T.S.; SKRESKY, E.C. Defoliation of greenhouse tomato plants and its effects on dry matter accumulations and distribution to frutis. **Acta Horticulture**, [s.l.] v.559, p.123-126, 2001. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.559.16>
- ARTUZZO, F.D.; FOGUESSATTO, C.R.; SOUZA, A.R.L.; SILVA, L.X. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, São Paulo – SP, v. 20, n.2., apr./jun., 2018.
- ASSOCIACAO BRASILEIRA DA BATATA - ABBA. **Variedades**. Itapetininga, SP. 2017. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/variedades.asp>. Acesso em: 09 dez. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL - ABISOLO – *IN*: Anuário Brasileiro de Tecnologia em Nutrição Vegetal. 2020. Disponível em: <https://www.abisolo.com.br> Acesso em: 19 fev. 2021.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DO ADUBO – ANDA. Investimentos no Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimidia/investimentos.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2019.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DO ADUBO – ANDA. *IN*: REETZ, H.F. **Fertilizantes e seu uso eficiente**. Tradução: LOPES, A.S. São Paulo, Brasil. 2016. 178p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO NACIONAL DE ADUBOS – ANDA. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes**. São Paulo: ANDA. 2017.
- BENEDITO, D.S. *et al.* Eficiência agronômica de compostos organominerais obtidos pelo Processo Humifert. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 191-199, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100024>
- BENITES *et al.* Production of granulated organomineral fertilizer from pig slurry and poultry litter in Brazil. *IN*: 15 TH WORLD FERTILIZER CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CENTRE FOR FERTILIZERS, 2010. Bucarest. **Anais [...]**. Bucareste, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1039-7>
- BINDRABAN, P.S. *et al.* Revisiting fertilizers and fertilization strategies for improved nutrient uptake by plants. **Biology and Fertility of Soils**, Berlim, v. 51, n. 8, p. 897–911, nov. 2015.
- BISOGNIN, D. A.; STRECK, N.A. **Desenvolvimento e manejo das plantas para alta produtividade e qualidade da batata**. Itapetininga, SP: Associação Brasileira da Batata, 2009. 30 p.; il.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 146, n. 142, p. 20-24, 28 jul. 2009.

CALABY-FLOODY, M.; MEDINA, J.; RUMPEL, C.; CONDRON, L.M.; HERNANDEZ, M.; DUMONT, M.; LUZ MORA, M. "Chapter three—Smart fertilizers as a strategy for sustainable agriculture". **Advances in Agronomy**, Basel, v.147, p. 119–157, 2018. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.003>

CARMELO, Q.A.C.; DEON, M.D.I.; DECHEN, A.R. Sintomatologia de deficiência dos macronutrientes na batateira. **Batata Show**, Itapetininga, SP, n.16, ano 6, p.15, 2006.

CARMO, D.L.; TAKAHASHI, H.Y.U.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G. Crescimento de mudas de cafeeiro recém-plantadas: efeito de fontes e doses de fósforo. **Coffee Science**, Lavras, MG, v. 9, p. 196-206, 2014.

CHAMPMAN, K.S.R., SPARROW, L.A.; HARDMAN, P.R., WRIGHT, D.N.; THORP, J.R.A. Potassium nutrition of Kennebec and Russet Burbank Potatoes in Tasmania: Effects of soil and fertilizer potassium on yield, petiole and tuber potassium concentrations, and tuber quality. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Devonport, v.32, p.521-527, 1992. <https://doi.org/10.1071/EA9920521>

COGO, C. M. *et al.* Relação potássio-nitrogênio para o diagnóstico e manejo nutricional da cultura da batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 12, p. 1781-1786, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006001200013>

CORDELL, D.; DRANGERT, J-O.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, [s.l.] v. 19 (2009): 292-305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>. Acesso em: 9 dez. 2019.

CRUZ, A.C.; PEREIRA, F.S.; FIGUEREDO, V.S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial** 45, Rio de Janeiro, v. 1, n. 45, p. 137-187, mar. 2017. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11734>. Acesso em: 9 dez. 2019.

DE FIGUEIREDO, C.C.; BARBOSA, D.V.; de OLIVEIRA, S.A.; FAGIOLI, M.; SATO, J.H. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, UFC, Fortaleza, CE, v. 43, n. 3, p. 446–452, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000300005>

DECHASSA, N. *et al.* Phosphorus efficiency of cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata*), carrot (*Daucus carota* L.), and potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 250, n. 2, p. 215-224, 2003.

DHILLON, J. *et al.* (2017). World Phosphorus Use Efficiency in Cereal Crops. **Agronomy Journal**, vol. 109, n. 4, p.1670-1677. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.08.0483>

DHILLON, J.S.; EICKHOFF, E.M.; MULLEN, R.W.; RAUN, W.R. World Potassium Use Efficiency in Cereal Crops. **Agronomy Journal**, vol. 111, n. 2, p. 1-8. 2019 <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0462>

DORAHY, C.G.; ROCHESTER, I.J.; BLAIR, G.J.; TILL, A.R. Phosphorus Use-Efficiency by Cotton Grown in an Alkaline Soil as Determined Using 32 Phosphorus and 33 Phosphorus Radio-Isotopes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, p. 1877-1888. 2008. <https://doi.org/10.1080/01904160802402716>

EBERHARDT, D.N.; VENDRAME, P.R.S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M.F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagem de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300010>

EGHBALL, B.; SANDER, D.H.; SKOPP, J. Diffusion, Adsorption, and Predicted Longevity of Banded Phosphorus Fertilizer in Three Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.54, n. 4, p. 1161-1165. 1990. <https://doi.org/10.2136/sssaj1990.0361599500540004004>

EVERAERT, M. *et al.* Agronomic effectiveness of granulated and powdered P-exchanged Mg-Al LDH relative to struvite and MAP. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 65, n. 32, p. 6736-6744. 2017. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01031>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Relatório anual da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura** – FAO, New York, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Relatório anual da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura** – FAO, New York, 2020.

FELTRAN, J.C. **Adubação mineral na cultura da batata e do residual no feijoeiro**. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP. 2005.

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

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; EVANGELISTA, R.M.; NARDIN, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, BA, v. 28, n. 3, p. 299-304, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300010>

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; PILON, C. Soil phosphorus increases dry matter and nutrient accumulation and allocation in potato cultivars. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 92, n. 1, 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**. 2011; 35: 2039-56. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600020>

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

FIGUEIREDO, P.G. *et al.* Cultivares, qualidade de tubérculos e comercialização da batata no Brasil. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, SP, v. 7, p. 42-52, 2011.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 412 p. 2003.

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

FONTES, P.C.R. Batata. *IN*: Ribeiro *et al.* Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Ed. UFV. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Ed. UFV. Viçosa, MG. UFV. 2001. 122p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO/FAOSTAT. Production. Potatoes. 2015. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Acesso em: 27 jun. 2016.

GAZOLA, R.N. *et al.* Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG. v. 60, n.6, p. 876-884, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000600016>

GERALDINI, F.; JULIÃO, L.; BORGATO, E. Procuram-se agroindústrias. **Hortifuti Brasil**, Piracicaba, v.10, n.104, p.8-13, ago. 2011.

GNOCATO, F.S.; *et al.* 2014. Genetic gain variation for processing quality traits of potato tubers in the southern region of Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS. v. 44, n. 1, p. 50–56.

HAMDI, W.; PELSTER, D.; SEFFEN, M. Phosphorus sorption kinetics in different types of alkaline soils. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 60, n. 4, p.577-586, 2014. <https://doi.org/10.1080/03650340.2013.830287>

HENZ, G.P.; BRUNE, S. Redução de perdas pós-colheita em batata para consumo. **Circular técnica**, EMBRAPA HORTALIÇAS, Brasília, DF. n. 34, 10p. 2004.

HOUGHLAND, G.V.C. The influence of phosphorus on the growth and physiology of the potato plant. **American Potato Journal**. [s.l.] v. 37, p. 127-138. 1960; <https://doi.org/10.1007/BF02855950>

International Plant Nutrition Institute (IPNI). **Manejo de nutrientes 4C**. 2017. Disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3262> Acesso em: 20 jun. 2019.

International Plant Nutrition Institute (IPNI). **Phosphorus fertilizer sources**. Winter 2009-2010, n. 8. Disponível em: <http://www.ipni.net/pnt> Acesso em: 20 jun. 2019.

JASINSKI, S.M. *IN: Mineral Commodity Summaries*. US Geological Survey (ed.), 204 p. St. Louis, MO. 2018. <https://doi.org/10.3133/70194932>

JENKINS, P.D.; MAHMOOD, S. Dry matter production and partitioning in potato plants subjected to combined deficiencies of nitrogen, phosphorus and potassium. **Annals of Applied Biology**. v. 143, n.2, p. 215-229. 2003. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00288.x>

KAWAKAMI, J. Redução da adubação e doses e parcelamento de nitrogênio no crescimento e produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, BA. v.33, n.2, p. 168-173. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-53620150000200006>

LEVRERO, C.T. Fertilizante organomineral: a serviço do mundo. In: **Agroanalysis**, v. 29, n.2, p. 21, 2009.

LOPES, C.A.; BUSO, J.A. **Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 35 p. (Embrapa-CNPQ. Instruções técnicas da Embrapa Hortaliças, 8).

LYNCH, D.R.; KAWCHUK, R.; YADA, R.; ARMSTRONG, J.D. Inheritance of the response of fry color to low temperature storage. **American Potato Journal**, Idaho, v.80, p.341-344, 2003. <https://doi.org/10.1007/BF02854319>

MACHADO, V.J.E.; SOUZA, C.H.E. Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG. Vol. 28, n.1, p.1-7. 2012

MACHADO, V.J. **Aplicação de fertilizantes com diferentes tecnologias: volatilização de NH₃**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 2015.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALLMANN, N.; LUCCHESI, L.A.C. Efeito da adubação na produtividade, qualidade e sanidade de batata cultivada no centro-oeste paranaense. **Scientia Agraria**, Curitiba, PR. v.3, n.1-2, p.113-132, 2002. <https://doi.org/10.5380/rsa.v3i1.1047>

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Agricultura **CultivarWeb**. Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.

Acesso em: 09 dez. 2020.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2012.

MARTINS, J.D.L.; SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; DIAS, P.H.M. Phosphorus fertilization and soil texture affect potato yield. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN. v. 31, n. 3, p. 541 – 550, jul./set. 2018. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n302rc>

MATSON, P.; LOHSE, K.A.; HALL, S.J. The Globalization of Nitrogen Deposition: Consequences for Terrestrial Ecosystems. **Ambio**, Arizona. v. 31, n. 2, p. 113-119, 2002.

MAUROELLI, W.A.; GUIMARÃES, T.G. **Irrigação na cultura da batata**. Itapetininga – SP. Associação Brasileira da Batata, 2006.

McLAUGHLIN, M.J. et al. The chemical nature of P accumulation in agricultural soils implications for fertilizer management and design: an Australian perspective. **Plant and Soil**, [s.l.] v. 349, n. 1-2, p. 69–87, Dec. 2011. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0907-7>

NAZ, M.Y., SULAIMAN, S.A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. **Journal of Controlled Release**, [s.l.], v. 225, p.109–120, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2016.01.037>

NOVAIS, R.F. *et al.* **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira da Ciência do Solo Ed. SBCS. Viçosa, MG, 2007. 1017p.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Ed. SBCS. Viçosa, MG. 2007. 1017p.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. 1 ed. Viçosa, MG. Ed. UFV. 1999.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITARO, W.B. **Comparação de custos de sistemas de adubação para mudas de citros: fontes liberação lenta e solúveis**. Pelotas, RS. EMBRAPA Clima Temperado, 2002.

PEREIRA, G.E.; MELO, J.W.P.; RAGASSI, C.F.; CARVALHO, A.D.F.; SILVA, J.; SILVA, G.O.; VILELA, M.S. Macronutrient accumulation curves in potato genotypes in the Brazilian Savanna. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO. v. 50, e64416, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5064416>

QUEIROZ, A.A. **Produtividade e qualidade de cultivares de batata em função de doses de NPK**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Uberlândia, MG. 2011.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. 1 ed. Piracicaba, Agronômica Ceres, Piracicaba, SP. 1991.

REIS JR, R.A.; SILVA, D.R.G. Avaliação das características físicas e físico químicas de fertilizantes nitrogenados e fosfatados revestidos por polímeros. **Magistra**, Cruz das Almas, BA. vol. 24, n. 2, p. 145-150. 2012.

ROCHETTE, P. *et al.* Banding of urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, WI, v. 38, p. 1383-1390, 2009. <https://doi.org/10.2134/jeq2008.0295>

ROJAS, C.A.L. *et al.* Volatilização de amônia da ureia alterada por sistemas de preparo de solo e plantas de cobertura invernais no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 261-270, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000100027>

ROSEN, C.J.; BIERMAN, P.M. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. **American Journal of Potato Research**. v. 85: 110-120. 2008. <https://doi.org/10.1007/s12230-008-9001-y>

ROY, E.D.; RICHARDS, P.D.; MARTINELLI, L.A.; COLETTA, L.D.; LINS, S.R.M.; VAZQUEZ, F.F.; WILLIG, E.; SPERA, S.A.; VANWEY, L.K.; PORTER, S. The phosphorus cost of agricultural intensification in the tropics. **Nature Plants**. v.2, n.5, p. 1-6. 2016. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.43>

SANGOI, L. *et al.* Volatilização de N-N₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 33, p. 87-692, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000400016>

SCHOLZ, R.W.; HELLUMS, D.T.; ROY, A.A. *In*: Sustainable Phosphorus Management. Global sustainable phosphorus management: a transdisciplinary venture. **Current Science**, v. 108, n. 7, 10 april 2015. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7250-2>

SILVA, J.G.; ARAÚJO, A.P.; VIEIRA, S.M.; FRANÇA, M.G.C. Tuber Chemical Composition and Acrylamide Formation Potential in three Potato Cultivars Supplied with two Nitrogen Sources. **American Journal of Potato Research**. v.93, p.572–580. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-016-9537-1>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719 p.

TEJADA, M.; BENITEZ. C.; GONZALEZ, J.L. Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, p.960-967, 2005. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0092>

TRENKEL, M.E. **Slow and controlled release and stabilized fertilizers: na option for enhancing nutrient efficiency in agriculture**. Second edition, Ed. IFA. Paris. France, 2010.

VEGRO, C.L.R. Mercado de fertilizantes: aumento das importações preocupa. **Análises de indicadores do agronegócio**. Instituto de Economia Agrícola, IPEA/USP. São Paulo, SP. v. 13, n. 4, abril, 2018. Disponível em: <http://www.iea.usp.gov.br> Acesso em: 22 out 2019

WEEKS JR., J.J.; HETTIARACHCHI, G.M. A Review of the Latest. In: Phosphorus Fertilizer Technology: Possibilities and Pragmatism. **Journal of Environmental Quality**. [s.l.] v. 48, n. 5, p. 1300-1313. 2019. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.02.0067>

WESTERMANN, D.T.; TINDALL, T.A.; JAMES, D.W.; HURST, R.L. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. **American Potato Journal**, Orono, v. 71, p. 433-454, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF02849098>

WITHERS, P.J.A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T.S.; GUILHERME, L.R.G.; BENITES, V.M.; GATIBONI, L.C.; SOUSA, D.M.G.; NUNES, R.S.; ROSOLEM, C.A.; ANDREOTE, F.D.; OLIVEIRA JR., A.; COUTINHO, E.L.M.; PAVINATO, P.S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. *IN: Nature: Scientific Reports*, [s.l.], v.8, p.1-13. 2018. <https://doi:10.1038/s41598-018-20887-z>