

**DESEMPENHO DE TIPOS E COMBINAÇÕES DE FERTILIZANTES
FOSFATADOS MINERAIS E ORGÂNICOS EM ARGISSOLO VERMELHO
DISTRÓFICO TÍPICO**

Maria Luiza da Silva Freitas¹, Antonio Nolla¹, Adriely Vechiato Bordin¹, João Henrique Castaldo¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail:

marialuizafreitas0810@gmail.com, anolla@uem.br, adrielyvechiato@hotmail.com, jhcastaldo@uem.br

*autor correspondente: marialuizafreitas0810@gmail.com

RESUMO: A baixa disponibilidade de fósforo no solo, decorrente de sua adsorção específica e precipitação, compromete a eficiência da adubação fosfatada. Nesse cenário, a associação entre fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos surge como estratégia para reduzir a fixação e aumentar a fração disponível desse nutriente no solo. Objetivou-se avaliar os atributos químicos de um Argissolo de textura arenosa submetido à tipos e combinações de adubos fosfatados químicos e orgânicos. Os tratamentos foram doses e combinações de fertilizantes fosfatados: Vinhaça, Esterco de frango, SSP, Termofosfato, ½ Vinhaça + ½ SSP, ½ Vinhaça + ½ Termofosfato, ½ Esterco de frango + ½ SSP, ½ Esterco de frango + ½ Termofosfato, Testemunha + calcário e Testemunha. A pesquisa foi conduzida em vasos de 250 L e em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Avaliou-se o pH CaCl₂, teor de alumínio trocável, teor de fósforo e potássio disponíveis. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos ao teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. A adubação incrementou a concentração de nutrientes no solo. A calagem foi eficiente na elevação do pH, redução da acidez e nos teores de alumínio. A vinhaça aumentou o potássio disponível, enquanto o termofosfato elevou o teor de fósforo.

PALAVRAS-CHAVE: Fósforo, solo textura arenosa, adubação.

**PERFORMANCE OF TYPES AND COMBINATIONS OF MINERAL AND
ORGANIC PHOSPHATE FERTILIZERS IN TYPIC DYSTROPHIC RED ULTISOL**

ABSTRACT: Low phosphorus availability in soil, resulting from specific adsorption and precipitation processes, compromises the efficiency of phosphate fertilization. In this context, the combination of mineral and organic phosphate fertilizers emerges as a strategy to reduce fixation and increase the available fraction of this nutrient in the soil. The objective was to evaluate the chemical attributes of a sandy-textured Ultisol subjected to types and combinations of chemical and organic phosphate fertilizers. The treatments included vinasse, chicken manure, SSP (sugar-based fertilizer), thermophosphate, ½ vinasse + ½ SSP, ½ vinasse + ½ thermophosphate, ½ chicken manure + ½ SSP, ½ chicken manure + ½ thermophosphate, control + limestone, and control. The research was conducted in 250 L pots in a randomized block design with four replications. pH CaCl₂, exchangeable aluminum content, and available phosphorus and potassium content were evaluated. Data were subjected to analysis of variance

and, when significant, to Tukey's test at 5% probability. Fertilization increased the concentration of nutrients in the soil. Liming was effective in raising pH, reducing acidity, and lowering aluminum levels. Vinasse increased available potassium, while thermophosphate increased phosphorus content.

KEY WORDS: Phosphorus, Sandy-texture soil, Fertilization.

INTRODUÇÃO

O fósforo é um nutriente essencial para as plantas, desempenhando papel fundamental em processos como a fotossíntese, o armazenamento e a transferência de energia por meio da adenosina trifosfato (ATP), além de atuar na divisão e no crescimento vegetal, sendo também componente das membranas fosfolipídicas (Caballero et al., 2023). O nutriente é indispensável na formação de ácidos nucleicos, coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios envolvidos nos processos fisiológicos das plantas (Zucareli et al., 2006). A disponibilização de P é essencial desde os primeiros estádios de desenvolvimento das plantas, de forma que a sua limitação gera danos vegetais que posteriormente não podem ser contornados (Freitas et al., 2025).

Os solos tropicais apresentam baixos teores de nutrientes devido ao elevado grau de intemperismo, o que resulta em solos ácidos, com baixa fertilidade e elevada capacidade de fixação de fósforo (Souza, 200; Mendes, 2012). Além disso, grande parte do fósforo aplicado ao solo torna-se indisponível às plantas, em decorrência de processos como adsorção em colóides minerais, precipitação ou transformação em formas orgânicas (Holford, 1997). Além disso, a disponibilidade de fósforo é fortemente influenciada pela adsorção específica pelos óxidos e pela precipitação com ferro e alumínio (Bedin et al., 2003; Novais; Smyth, 1999; Silva et al., 2007). Esses fatores contribuem para a baixa disponibilidade desse nutriente no solo, limitando o potencial produtivo das culturas de interesse comercial (Fernandes et al., 2013).

A disponibilização de fósforo (P) e sua reposição em solos com teores abaixo do nível crítico constituem práticas fundamentais para a manutenção da fertilidade e da produtividade agrícola. Nesse contexto, tanto fertilizantes orgânicos quanto minerais desempenham papel relevante. Os fertilizantes minerais destacam-se pela rápida solubilidade e disponibilidade de P, permitindo que culturas anuais absorvam esse nutriente desde os estágios iniciais de desenvolvimento, sendo fundamental para o estabelecimento das plantas. Contudo, fontes fosfatadas solúveis, como superfosfato simples, superfosfato triplo, monoamônio fosfato e

diamônio fosfato, tendem a apresentar redução na eficiência em curto prazo, especialmente em solos tropicais altamente intemperizados, devido à fixação de P por óxidos de ferro e alumínio, limitando sua disponibilidade às plantas (Bissani et al., 2008; Novais et al., 2007; Hinsinger, 2001; Sample et al., 1980).

Estudos indicam que o aumento do teor de fósforo no solo pode ser favorecido pela adição de materiais orgânicos, os quais contribuem para a elevação da matéria orgânica do solo. De acordo com Souza (2005), a matéria orgânica exerce importante influência na dinâmica do fósforo, pois sua decomposição gera ácidos orgânicos que aumentam as cargas negativas do solo e competem por sítios de adsorção presentes nos óxidos de Fe e Al. Dessa forma, há redução da fixação de fósforo, além da formação de complexos com alumínio, diminuindo sua toxicidade e a precipitação de compostos de P-Al. A utilização de fontes orgânicas permite conciliar a rápida disponibilização de fósforo com a liberação gradual de nutrientes, promovendo maior efeito residual no solo (Raij, 2011). Portanto, o manejo adequado da matéria orgânica pode resultar em maior disponibilidade e aproveitamento do fósforo pelas plantas (Almeida et al., 2003).

A utilização combinada de fertilizantes orgânicos e minerais tem se mostrado estratégia eficiente para otimizar a disponibilidade de fósforo no solo e aumentar a eficiência do uso de nutrientes pelas culturas. Essa estratégia integra os benefícios da liberação imediata proporcionada pelos fertilizantes minerais com o efeito residual e a melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo promovidas pela matéria orgânica. Além disso, a aplicação conjunta pode reduzir perdas por fixação e aumentar a sustentabilidade dos sistemas produtivos, favorecendo a ciclagem de nutrientes e a atividade microbiana do solo (Novais et al., 2007; Raij, 2011; Haynes, 1982; Sanyal e Datta, 1991).

Objetivou-se avaliar os atributos químicos de fertilidade de um Argissolo de textura arenosa submetido à aplicação fontes e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do laboratório de solos da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus regional de Umuarama. Cultivou-se sorgo granífero em

vasos de 250 litros, que foram preenchidos com Argissolo Vermelho Distrófico típico (Santos et al., 2025), que se apresentava originalmente em condições de campo natural, cujos atributos químicos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química e teor de argila de um Argissolo Vermelho Distrófico típico (0-20 cm) originalmente sob campo natural, utilizado como base experimental

pH CaCl ₂	pH H ₂ O	Al -----cmol _c dm ⁻³ -----	Ca	Mg	K ----mg dm ⁻³ ----	P	V %	Argila g kg ⁻¹
4,3	5,2	0,50	0,48	0,23	19,15	2,40	19,28	120,00

Ca⁺², Mg⁺² e Al⁺³ – extrator KCl 1 mol L⁻¹; P e K – Mehlich 1pH- potencial hidrogeniônico; Al³⁺- alumínio tóxico; Ca²⁺- cálcio; Mg²⁺- magnésio; K⁺- potássio; P- fósforo; V saturação por bases; m- saturação por alumínio. Fonte: Autores, 2024.

Os tratamentos consistiram de aplicações de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos, sendo: esterco de frango, vinhaça, superfosfato simples (SSP), Termofosfato, ½ Vinhaça + ½ Superfosfato simples, ½ Vinhaça + ½ Termofosfato, ½ Esterco de frango + ½ Superfosfato simples e ½ Esterco de frango + ½ Termofosfato, além de uma testemunha com calcário e outra sem a aplicação de adubos e corretivos. Aplicou-se, nos vasos, calcário para elevar a saturação por bases à 60% recomendado para a cultura do sorgo granífero.

Cultivou-se sorgo por um ciclo completo (95 dias). No final do cultivo, o solo dos vasos foi amostrado (0-10 cm) seco, tamisado (2 mm) e reservado. Posteriormente, analisou-se o pH (CaCl₂), teor de alumínio trocável extraído com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinado por colorimetria por meio do indicador fenolftaleína e com titulação de NaOH 0,025 N, teor de fósforo e potássio disponível extraídos pela solução Mehlich-1, sendo que o teor de K foi determinado pelo fotômetro de chama e o P foi determinado por colorimetria em espectrofotômetro (680 nm), todos conforme a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e quando significativos, foram comparados por teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de calcário foi eficiente em elevar o pH do solo e neutralizar o Al⁺³ tóxico

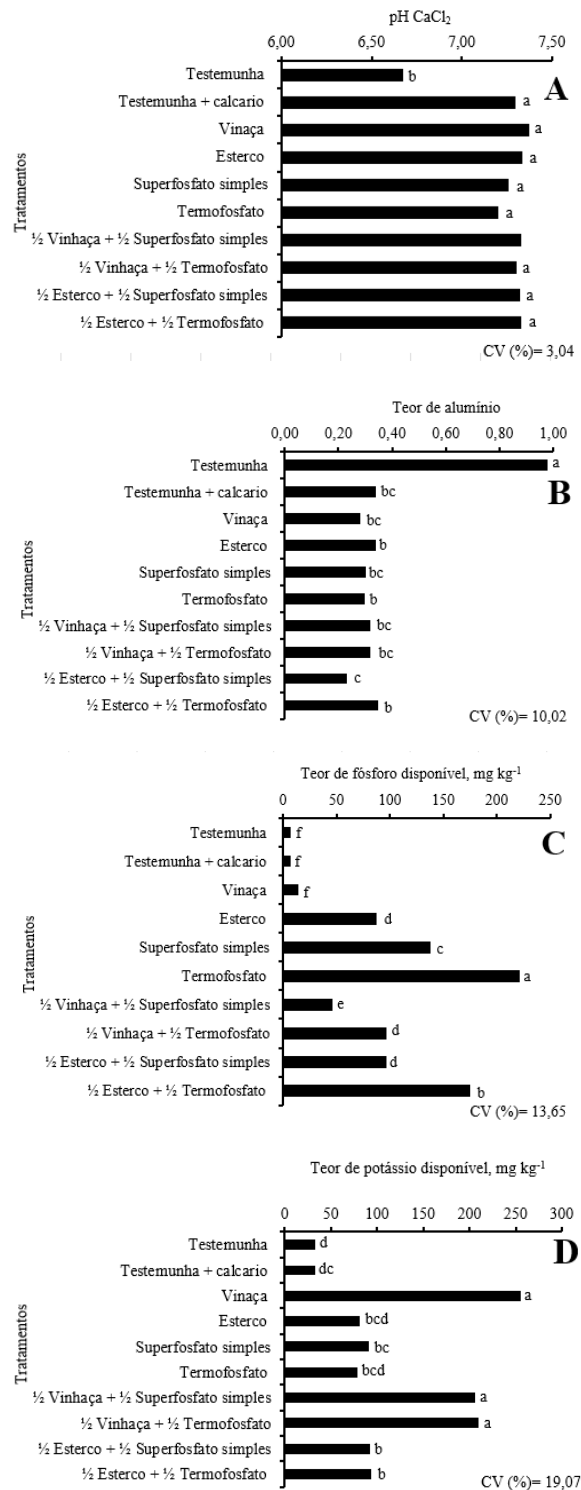
em comparação ao tratamento sem calagem (Figura 1A, B). A neutralização do Al^{+3} tóxico pelas oxidrilas disponibilizadas após a reação do calcário no solo promoveu liberação das cargas elétricas negativas do sistema coloidal, de forma que os nutrientes catiônicos (Ca, Mg e K) possam ser adsorvidos e disponibilizados na solução do solo, para que seja possível a absorção radicular via solução do solo (Bissani et al., 2008).

Com base nos resultados da análise do pH ($CaCl_2$), o tratamento testemunha apresentou valor de pH mais baixo (4,33) estando em condição de maior acidez quando comparado com os demais tratamentos, que receberam aplicação de calcário (Figura 1A). Nos gráficos de pH (Figura 1A) e teor de alumínio (Figura 1B) percebe-se que os tratamentos que receberam a aplicação de calcário não foram considerados ácidos, pois o calcário desempenha um papel crucial no solo, pois realiza a liberação de OH^- que reage neutralizando o Al^{+3} presente no solo, também associando as hidroxilas com os íons de H^+ e elevando o pH do meio (Almeida, 2018).

A testemunha apresentou maior teor de alumínio ($0,99\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$), e os demais tratamentos testados apresentaram teores abaixo de $0,35$. Destacou-se o tratamento $\frac{1}{2}$ Esterco + $\frac{1}{2}$ Superfosfato simples, por apresentar o menor teor de alumínio trocável ($0,23\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$). Segundo Pauletti e Motta (2019), concentrações de alumínio abaixo de $0,3\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ no solo são consideradas baixas, enquanto valores superiores podem causar limitações no desenvolvimento do feijoeiro, afetando diretamente sua produtividade (Bissani et al., 2008). Os resultados corroboram com Bordin et al. (2024) ao concluir que os adubos orgânicos foram eficientes em elevar o pH do solo e neutralização do alumínio trocável. Segundo Pedrotti et al. (2003) a matéria orgânica disponibilizada pelos compostos orgânicos tem a capacidade de fixar fortemente o alumínio, diminuindo os problemas proporcionados por esse elemento.

A vinhaça apresentou baixos, que teve esse resultado por ser rica em potássio, conforme a (Figura 1D) que comprova que o nutriente predominante em sua composição é o potássio, pois os tratamentos que receberam vinhaça foram eficientes na disponibilização de K no solo aos demais tratamentos que foram diferentes do tratamento testemunha. Em relação aos resultados representados no teor de fósforo, pode-se observar na (Figura 1C) que o termofosfato forneceu maior teor de P no solo ($220,99\text{ mg kg}^{-1}$). Os demais tratamentos diferiram-se dos tratamentos testemunha.

Apesar do termofosfato não ser solúvel em água, é considerado um fertilizante que fornece fósforo de forma eficiente (Moretto, 2017) como observado na (Figura 1C). Isto está



Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. CV (%) = Coeficiente de variação.

Figura 1 - Valores de pH CaCl₂ (A), teor de alumínio (B), fósforo (C), e potássio (D) disponíveis de um Argissolo Vermelho Distrófico típico em função da aplicação de tipos e combinações de fertilizantes fosfatados minerais e orgânicos.

relacionado com a alta solubilidade dos fertilizantes minerais, que liberam íons de fosfato rapidamente e em grande quantidade, aumentando a concentração de fósforo na solução do solo (Bordin et al., 2024). Miranda et al. (1970) conduziram um experimento testando a eficiência de vários adubos fosfatados minerais e concluíram que o termofosfato foi o adubo mais eficiente. O alto teor de P na produção agrícola, produzem sementes com mais massa seca e maior vigor em relação plantas mal nutridas de P (Vieira, 1986).

Os elevados teores de fósforo observados (Figura 1C) podem ser atribuídos no tratamento com utilização de Termofosfato magnésiano deve ter ocorrido devido à utilização do extrator Mehlich-1. Este reagente apresenta capacidade de solubilizar formas de fósforo presentes nos fertilizantes fosfatados que ainda não passaram por completa reação no sistema solo, especialmente as frações mais reativas, podendo extrair quantidades que não necessariamente representam o P prontamente disponível às plantas. Dessa forma, o método pode superestimar os teores de fósforo no solo em situações com aplicação recente de fertilizantes fosfatados minerais, como o termofosfato (Raj et al., 2001).

Os tratamentos testemunha que não receberam adubação fosfatada e quando se aplicou exclusivamente vinhaça, apresentaram teor abaixo dos demais tratamentos de fósforo, esse resultado se deu pela falta de adubação no tratamento testemunha, resultando no baixo teor de fósforo (Figura 1C). O tratamento que recebeu exclusivamente vinhaça não apresentou diferença em relação à testemunha, provavelmente em função de que esse adubo não possui alto teor de fósforo em sua composição. A vinhaça apresenta baixo fornecimento de fósforo no solo, pois é considerado um resíduo agroindustrial rico em diversos nutrientes como potássio, nitrogênio, cálcio, magnésio e cobre (Embrapa, 2022), destacando-se o potássio (Barros et al., 2010) conforme observado no presente ensaio (Figura 1D).

A vinhaça é um resíduo gerado no processo de destilação da cana-de-açúcar para a produção de etanol, sendo composta predominantemente por água (93%) e uma fração menor de sólidos (7%) (Lucena, 2014). A fração sólida desse resíduo é composta por diversos elementos minerais, destacando-se o potássio que representa cerca de 20% dessa porção (Marques, 2006). Tais fatos explicam os resultados obtidos através da adubação com vinhaça no fornecimento do potássio, sendo entre os adubos minerais e orgânicos testados nesse trabalho o mais eficiente (Figura 1D).

Os resultados obtidos corroboram a necessidade da adubação fosfatada nos solos brasileiros, indicando que a associação entre fertilizantes minerais e orgânicos pode potencializar os benefícios às culturas. Tal efeito decorre do aporte diversificado de nutrientes promovido pela adubação orgânica, porém não é capaz de substituir a eficiência dos fertilizantes minerais na rápida disponibilização de fósforo em curto prazo (Silverol, 2006). Dessa forma, destaca-se o uso combinado dessas fontes como a estratégia mais eficiente para a disponibilização de nutrientes ao longo do ciclo da cultura.

CONCLUSÕES

Os tratamentos que receberam a aplicação de calcário foram eficientes em elevar os valores do pH (CaCl_2) e diminuir a concentração de alumínio no solo. O Termofosfato proporcionou o maior teor de fósforo no solo. A Vinhaça destacou-se por apresentar os maiores teores de potássio no solo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas de fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.985-1002, 2003.

ALMEIDA, R. A. S.; **Influência da umidade de dois calcários sobre a distribuição a lanço com equipamento centrífugo**. 2018. 47p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018.

BARROS, R.P. et al. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.3, p.341-346, 2010.

BEDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 639–646, 2003.

BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 Ed. Porto Alegre: Genesis, 2008. 344 p.

BORDIN, A. V.; NOLLA, A.; SILVA, T. G. de torta de filtro e vinhaça para o cultivo de *Helianthus annuus* em argissolo vermelho distrófico típico. **Revista caderno pedagógico**, Curitiba, v.22, n.3, p.1-22, 2024.

CABALLERO, E.; DURANGO, E. M. P; PÉREZ-POLO, D. J. Nutritional content of pastures with phosphate fertilization in 2 calcareous soils. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 36, n. 1, p. 87-95, 2023.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante a correlação entre pH e saturação de bases. **Revista Agricultura**, Piracicaba, v.30, p.49-60, 1995.

BERGO, C. L.; RICCI, M. S. F.; ROSÁRIO, A. A. S.; BRAGA, R. R. Adubação orgânica. In: WADT, P. G. S. (Ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p. 325-350.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sorgo granífero: estenda a sua safrinha com segurança**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 65 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos 176). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1020186/1/doc176.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2026.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v.37, n.4, p.529–535, 2019.

FERNANDES, A. R. 2013. Produtividade de feijão caupi em função da calagem e fósforo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n.1, p.54-62.

FREITAS, M. L. S.; NOLLA, A.; DELANHESE, R. G. P.; BORDIN, A. V.; NUNES, J. V. P. Desempenho de *Sorghum bicolor* em Argissolo submetido a tipos e combinações de adubos fosfatados minerais e orgânicos. **Journal of Agronomical Sciences**, Umuarama, v.14, n. especial seagro, p. 27-42, 2025.

HAYNES, R.J. Effects of liming on phosphate availability in acid soils: a review. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.68, n.3, p.289-308, 1982.

HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.237, n.2, p.173-195, 2001.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal Soil Research**, Collingwood, v.35, n.2, p.227-239, 1997.

LUCENA, E. H. L. **Efeito da aplicação de vinhaça e torta de filtro na cultura do sorgo sacarino visando produção de biomassa e rendimento de caldo**. 2014. 67p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

MARQUES, O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Viçosa: Editora UFV, 2006. p. 369-375.

MENDES, F.F. **Controle genético da eficiência no uso de fósforo em milho tropical**. Lavras: UFLA, 2012. 134p.

MERTEN, G. M.; PATEL, M.; RICHART, A. Potencial acidificante de diferentes fertilizantes fosfatados aplicados em dois solos do Paraná. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.12, n.3, p.32-42, 2019.

MIRANDA, L. T.; VIÉGAS, G. P.; FREIRE, E. S.; IGUE, T. Adubação do milho, XXVII — Ensaio com diversos fosfatos (10ª série). **Bragantia**, Campinas, v. 29 n. 28. 1970.

MORETTO, J. L. **Termofosfatos: Eficiência Agronômica e Alterações Químicas em Solos com Diferentes Concentrações Iniciais de Fósforo**. 2017. 83p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) –Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

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

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Manual de calagem e adubação para o estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019. 289p.

PEECH, M. **Exchange acidity. Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.905-913.

PEDROTTI, A.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; SILVA, M. L. N.; LIMA, J. M.; CARVALHO, R. Relação entre atributos físicos, mineralogia da fração argila e formas de alumínio no solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.1-9, 2003.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

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

SAMPLE, E.C.; SOPER, R.J.; RACZ, G.J. Reactions of phosphate fertilizers in soils. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: ASA, 1980. p.263-310.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6 Ed. Brasília: Embrapa, 2025. 393p.

SANYAL, S.K.; DE DATTA, S.K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in Soil Science**, New York, v.16, p.1-120, 1991.

SILVA, M. O.; DUDA, G. P.; MENDES, A. M. S.; OLIVEIRA, D. A. Desempenho da mucuna preta quando adubada com diferentes tipos de fosfato. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 07, n. 01, p. 127-132, 2007.

SILVEROL, A. C. **Processo Humifert para fertilizantes alternativos organofosfatados: obtenção a partir do minério de Angico dos Dias, caracterização dos compostos e avaliação da eficiência agrônômica**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP, Piracicaba, 2006.

SOUZA, D.M.G. Fósforo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. p.147-168.

SOUZA, R. F.; **Dinâmica de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica, cultivados com feijoeiro**. 2005. 141p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 Ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p.

VIEIRA, R. F. Influência de teores de P no solo sobre a composição química, qualidade fisiológica e desempenho no campo de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.33, n.186, p.173-188, 1986.

ZUCARELI, C.; JUNIOE, E. U. R.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANE, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28, n.1, p.09-15, 2006.