

CENÁRIO DA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO NOS SOLOS DA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ

Adriely Vechiato Bordin^{1*}, Antonio Nolla¹, João Henrique Castaldo¹, Fernando Henrique da Silva¹, Thaynara Garcez da Silva², Maria Luiza da Silva Freitas¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus de Umuarama, Estrada da Paca s/nº, Bairro São Cristóvão, Umuarama – PR, CEP: 87020-900. E-mail:

adrielyvechiato@hotmail.com, anolla@uem.br, jhcastaldo2@uem.br, ferlopeira@gmail.com,
thaynaragarceztg@gmail.com, malufreitassilva0513@gmail.com

*autor correspondente: adrielyvechiato@hotmail.com

RESUMO: A maioria dos solos tropicais e intemperizados no Brasil apresentam indisponibilidade de fósforo em função de sua dinâmica de fixação específica, sendo um nutriente fundamental para processos vitais das plantas que precisa ser manejado adequadamente. Objetivou-se verificar a disponibilidade de fósforo nos solos do noroeste do estado do Paraná. Foram realizadas amostragens de solo na camada de 0-20 cm de profundidade, com o uso de pá de corte, em 51 municípios da região noroeste do Paraná, obtendo-se 100 amostras de solos de várias condições de uso. O solo foi seco ao ar, na sombra, em pratos de papel, moído e tamizado em malha de 2 mm. Realizou-se a caracterização do teor de fósforo disponível em triplicata laboratorial e a leitura foi feita em espectrofotômetro à 680 nm. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, utilizando o programa computacional Genes. Verificou-se grande variação do teor de fósforo disponível das amostras de solo devido aos diferentes manejos da adubação empregados em cada uso do solo. O teor de fósforo disponível para a maior parte dos solos do noroeste do Paraná analisados, foram caracterizados na faixa muito baixa e baixa, com valor médio de 12,39 mg dm⁻³, considerado teor baixo.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação fosfatada, características regionais, fixação específica.

GLYCINE MAX CULTIVATION UNDER TYPES AND COMBINATIONS OF ORGANIC AND MINERAL PHOSPHATE FERTILIZATION IN SANDY ARGISOL

ABSTRACT: Most tropical, highly weathered soils in Brazil exhibit phosphorus unavailability due to their specific fixation dynamics. Phosphorus is an essential nutrient for vital plant processes and must be managed appropriately. The objective of this study was to assess phosphorus availability in soils from the northwest region of Paraná state. Soil samples were collected from the 0-20 cm depth layer, using a cutting shovel across 51 municipalities in the northwest region of Paraná, yielding 100 soil samples under various land-use conditions. The soils were air-dried in the shade on paper trays, ground, and sieved through a 2 mm mesh. Available phosphorus content was determined in laboratory triplicate, with absorbance readings taken at 680 nm using a spectrophotometer. The data were subjected to descriptive statistical analysis using the Genes software. A wide variation in available phosphorus content was observed among the samples, attributable to different fertilization practices. For most soils in northwest Paraná, available phosphorus levels fell within the very low to low range, with a mean value of 12.39 mg dm⁻³, classified as low.

KEY WORDS: Phosphate fertilization, regional characteristics, specific fixation.

INTRODUÇÃO

O fósforo é um macronutriente essencial para processos vitais, crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas, visto que possui grande influência nos compostos energéticos, é constituinte da adenosina trifosfato (ATP), participa da fotossíntese, respiração, também é componente estrutural de ácidos nucleicos, açúcares, lipídios, além disso, é essencial no processo de germinação de sementes, estabelecimento de mudas, formação e crescimento de raízes, brotos, flores e sementes (Domingos et al., 2015; Malhotra et al., 2018; Novais et al., 2007).

Dessa forma, a deficiência de fósforo limita severamente o rendimento das culturas, proporcionando plantas de pequeno porte, folhas torcidas e com coloração arroxeadas ou avermelhadas aparecendo primeiramente nas folhas mais velhas, maturação atrasada e desenvolvimento radicular reduzido (Novais et al., 2007).

Ferreira (2012) observou em plantas de milho cultivadas em condições de deficiência de fósforo, baixa estatura, folhas mais velhas com coloração roxa que posteriormente se alastrou para as folhas mais novas e por fim, o sintoma evoluiu para necrose das folhas. Desta maneira, a deficiência de fósforo no início do ciclo vegetativo pode comprometer o desenvolvimento da planta de forma irreversível, mesmo que posteriormente o fornecimento de fósforo seja restabelecido (Zucareli et al., 2006).

A baixa disponibilidade natural de fósforo na maioria dos solos brasileiros de regiões tropicais é considerado como grande desafio no sistema de produção agrícola e fator limitante da produtividade (Cruz, 2015; Mendes, 2012). Isto é gerado pelo elevado grau de intemperismo do material de origem (Fink et al., 2016) e de forma a ocorrer predominância de óxidos de ferro e alumínio (Vilar e Vilar, 2013) no sistema solo, capazes de prover fixação específica do fósforo (Novais et al., 2007; Fontana et al., 2021), que é retido aos óxidos de forma irreversível, transformando-o em formas não lábeis.

Os solos predominantes no noroeste do estado do Paraná, oriundos do Arenito Caiuá, são altamente intemperizados. Destacam-se os Latossolos e os Argissolos (Santos et al., 2018) de textura média e arenosa (Gasparetto, 1999), caracterizados por alta acidez ($\text{pH H}_2\text{O} < 5,5$; $\text{Al}^{+3} > 5,0 \text{ mmol}_e \text{ kg}^{-1}$). Nesta condição, os óxidos de Fe e Al, muito presentes nos solos intemperizados, acabam retendo em sua superfície vários ânions de forma irreversível, predominantemente íons fosfatos. Esta condição gera ainda mais limitação na

disponibilidade de fósforo para as plantas (Novais et al., 2007; Valladares et al., 2003; Nolla et al., 2017; Pauletti e Motta, 2019).

Outra condição verificada, é a baixa fertilidade desses solos e a reduzida disponibilidade de fósforo assimilável pelas plantas ($< 12 \text{ mg dm}^{-3}$) (Bordin et al., 2021; Pauletti e Motta, 2019), o que acaba por restringir o crescimento vegetal e demanda estratégias de manejo específicas para mitigar as deficiências nutricionais.

Diante disso, verifica-se a necessidade de avaliar a fertilidade dos solos da região noroeste do Paraná. Isto pode ser realizado através das análises químicas, na qual, é possível identificar os nutrientes presentes no solo e quantificar os teores desses elementos. Assim, com base no resultado da análise de solo, é possível recomendar com maior exatidão e precisão práticas de adubação para suprir a deficiência nutricional, sendo requisito fundamental para o sucesso de qualquer sistema de produção rural (Pauletti e Motta, 2019).

Com base neste contexto, é fundamental analisar o teor de fósforo nos solos, para estabelecer práticas eficientes de manejo da adubação fosfatada quando necessário. Com isso, é possível promover o desenvolvimento de culturas agrícolas a partir da otimização da disponibilidade desse nutriente no solo. Objetivou-se avaliar a disponibilidade de fósforo nos solos do noroeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo foi a noroeste do Paraná, que abrange as três microrregiões, Paranavaí, Umuarama e Cianorte (Figura 1), nas quais foram realizadas coletas de solo em 51



Figura 1- Localização dos 51 municípios do Paraná, Brasil, inseridos nas três microrregiões do noroeste do estado onde foram coletadas as 100 amostras de solo para este estudo.

municípios, obtendo-se 100 amostras compostas de solos de diversas condições de uso. A amostragem foi realizada com pá de corte na camada de 0-0,20 m de profundidade para cada solo amostrado.

Utilizou-se o aplicativo Coordenadas Formatador GPS versão 7.5.0 (desenvolvido por Mapnitude Company Ltda.) para encontrar as coordenadas geográficas do local de coleta do solo, também foi observado em cada local onde foi realizada a amostragem, qual era o uso do solo (Tabela 1). Alocou-se a amostra composta de solo (aproximadamente 1000 gramas) em um balde, onde foi homogeneizada e posteriormente armazenada em saco plástico identificado.

O solo das amostras foi seco ao ar, moído e tamisado em malha de 2 mm, obtendo-se o solo fino seco ao ar (SFSA) devidamente acondicionado e identificado em sacos plásticos. No laboratório de análises de solos e plantas (LASP) da Universidade Estadual de Maringá, campus Fazenda em Umuarama-PR, realizou-se a caracterização do teor de fósforo disponível, procedida em triplicata laboratorial. Foram considerados os valores médios da triplicata na apresentação dos resultados.

A determinação do teor de fósforo disponível nos solos seguiu a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995), através da solução extratora Mehlich-1, com determinação em espectrofotômetro em comprimento de onda de 680 nm.

Realizou-se a análise granulométrica das amostras de solo para obter o teor de areia, silte e argila e classificar o solo em relação à sua textura. Desta forma, foi procedida à interpretar o teor de fósforo disponível conforme o Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná (Pauletti e Motta, 2019). Para essa determinação, seguiu-se o método da pipeta, seguindo a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017). As frações areia, silte e argila foram calculadas de acordo com as equações apresentadas por Gil (2022). Posteriormente, as amostras de solo foram caracterizadas quanto à textura, com auxílio do triângulo textural apresentado por Santos et al. (2018), conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

Tabela 1- Descrição dos municípios do noroeste do Paraná na qual coletou-se solo e suas respectivas coordenadas geográficas

Município de coleta do solo analisado	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Município de coleta do solo analisado	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)
Umuarama ¹	23° 47' 34"	53° 15' 20"	São Tomé ¹⁰	23° 33' 54"	52° 37' 15"
Umuarama ²	23° 47' 3"	53° 20' 33"	Indianópolis ⁵	23° 30' 23"	52° 42' 13"
Umuarama ²	23° 40' 36"	53° 33' 26"	Indianópolis ²	23° 29' 49"	52° 42' 5"
Pérola ³	23° 47' 12"	53° 42' 18"	Xambrê ¹⁵	23° 42' 40"	53° 34' 45"
Pérola ⁴	23° 46' 55"	53° 39' 33"	Xambrê ²	23° 42' 56"	53° 34' 54"
Pérola ²	23° 47' 45"	53° 39' 53"	Xambrê ²	23° 43' 8"	53° 35' 14"
Esperança Nova ²	23° 46' 28"	53° 45' 44"	Iporã ²	23° 57' 14"	53° 43' 23"
Esperança Nova ²	23° 46' 51"	53° 45' 9"	Iporã ²	23° 57' 28"	53° 43' 6"
São Jorge do Patrocínio ⁵	23° 48' 33"	53° 46' 39"	Santa Cruz do Monte Castelo ²	23° 11' 39"	53° 21' 12"
São Jorge do Patrocínio ⁶	23° 48' 29"	53° 46' 46"	Santa Cruz do Monte Castelo ²	23° 8' 56"	53° 22' 35"
Altônia ⁷	23° 49' 36"	53° 47' 37"	Querência do Norte ¹⁰	23° 5' 45"	53° 27' 16"
Altônia ⁸	23° 49' 24"	53° 47' 50"	Querência do Norte ⁹	23° 4' 25"	53° 26' 5"
Cafezal ⁹	23° 51' 51"	53° 35' 20"	Santa Isabel do Ivaí ²	22° 58' 54"	53° 13' 1"
Perobal ¹⁰	23° 53' 22"	53° 28' 35"	Santa Isabel do Ivaí ¹⁰	23° 3' 6"	53° 12' 25"
Perobal ¹¹	23° 53' 42"	53° 24' 16"	Santa Mônica ¹⁰	23° 5' 28"	53° 8' 42"
Perobal ¹⁰	23° 57' 26"	53° 27' 51"	Santa Mônica ¹⁰	23° 5' 44"	53° 8' 10"
Alto Piquiri ¹²	24° 0' 19"	53° 27' 49"	Loanda ²	22° 58' 42"	53° 10' 28"
Alto Piquiri ¹⁰	24° 0' 5"	53° 28' 23"	Loanda ³	22° 55' 1"	53° 9' 46"
Brasilândia ⁹	24° 8' 9"	53° 31' 26"	São Pedro do Paraná ²	22° 50' 4"	53° 13' 27"
Mariluz ²	23° 57' 55"	53° 10' 46"	São Pedro do Paraná ¹⁰	22° 49' 26"	53° 13' 54"
Alto Paraíso ²	23° 33' 36"	53° 42' 25"	Porto Rico ¹⁰	22° 45' 59"	53° 14' 35"
Alto Paraíso ¹²	23° 29' 49"	53° 43' 42"	Porto Rico ²	22° 46' 1"	53° 14' 31"
Icaraíma ²	23° 24' 14"	53° 37' 48"	Marilena ⁵	22° 43' 20"	53° 6' 17"
Icaraíma ¹⁰	23° 24' 8"	53° 35' 5"	Nova Londrina ⁵	22° 45' 6"	52° 58' 50"
Icaraíma ³	23° 23' 21"	53° 29' 45"	Nova Londrina ²	22° 45' 7"	52° 58' 51"
Ivaté ³	23° 23' 48"	53° 23' 41"	Itaúna do Sul ¹⁸	22° 44' 52"	52° 55' 56"
Ivaté ²	23° 23' 26"	53° 20' 46"	Itaúna do Sul ²	22° 44' 51"	52° 54' 53"
Douradina ²	23° 23' 27"	53° 16' 43"	Diamante do Norte ⁵	22° 40' 38"	52° 52' 18"
Douradina ¹³	23° 23' 27"	53° 15' 37"	Diamante do Norte ¹⁰	22° 39' 57"	52° 46' 58"
Tapira ⁵	23° 22' 22"	53° 8' 45"	Terra Rica ²	22° 40' 17"	52° 46' 35"
Tapira ¹⁰	23° 19' 33"	53° 4' 41"	Terra Rica ¹⁰	22° 41' 17"	52° 43' 46"
Cidade Gaúcha ²	23° 21' 41"	52° 55' 50"	Guairaçá ³	22° 55' 1"	52° 40' 13"
Cidade Gaúcha ¹⁰	23° 24' 41"	52° 58' 17"	Guairaçá ¹⁰	22° 57' 7"	52° 42' 1"
Rondon ¹¹	23° 25' 29"	52° 46' 56"	Paranavaí ¹⁰	23° 5' 43"	52° 30' 7"
Rondon ¹⁴	23° 21' 59"	52° 46' 5"	Paranavaí ²	23° 5' 16"	52° 31' 3"
Guaporema ²	23° 22' 19"	52° 46' 21"	Mirador ²	23° 7' 9"	52° 42' 37"
Guaporema ⁵	23° 21' 59"	52° 46' 6"	Amaporã ²	23° 6' 25"	52° 45' 13"
Nova Olímpia ³	23° 27' 8"	53° 5' 3"	Amaporã ¹⁰	23° 4' 55"	52° 48' 22"
Nova Olímpia ¹⁵	23° 28' 59"	53° 5' 29"	Planaltina do Paraná ⁷	23° 1' 36"	52° 54' 26"
Maria Helena ¹⁶	23° 34' 57"	53° 11' 42"	Planaltina do Paraná ¹⁰	23° 1' 38"	52° 54' 2"
Maria Helena ¹¹	23° 38' 29"	53° 12' 37"	Alto Paraná ¹⁹	23° 7' 10"	52° 20' 5"
Cruzeiro do Oeste ²	23° 46' 6"	53° 9' 14"	Alto Paraná ¹⁰	23° 8' 1"	52° 17' 45"
Cruzeiro do Oeste ⁵	23° 47' 51"	53° 4' 16"	Cruzeiro do Sul ¹⁰	22° 57' 31"	52° 9' 18"
Tapejara ¹⁰	23° 44' 3"	52° 55' 18"	Paranacity ³	22° 55' 12"	52° 9' 5"
Tapejara ¹⁷	23° 44' 33"	52° 50' 43"	Paranacity ²⁰	22° 53' 53"	52° 8' 41"
Tuneiras do Oeste ⁵	23° 49' 57"	52° 52' 40"	São João do Caiuá ¹⁰	22° 51' 42"	52° 18' 45"
Tuneiras do Oeste ²	23° 49' 47"	52° 52' 44"	São João do Caiuá ¹⁰	22° 52' 1"	52° 20' 27"
Cianorte ¹⁰	23° 44' 3"	52° 41' 14"	Tamboara ²	23° 11' 20"	52° 28' 54"
Cianorte ⁵	23° 38' 8"	52° 38' 47"	Tamboara ¹⁰	23° 11' 46"	52° 29' 13"
São Tomé ³	23° 33' 49"	52° 37' 37"	Paraíso do Norte ²	23° 15' 26"	52° 35' 46"

Uso do solo: ¹Mata natural; ²Pastagem; ³Cultivo de cana-de-açúcar; ⁴Abacateiro e cafeeiro; ⁵Cultivo de mandioca; ⁶Consórcio café e milho; ⁷Cultivo de eucalipto; ⁸Cultivo de capim-elefante; ⁹Cultivo de soja; ¹⁰Vegetação de beira de estrada; ¹¹Sem atividade agrícola; ¹²Pastagem degradada; ¹³Cultivo de amora; ¹⁴Mata; ¹⁵Coqueiral; ¹⁶Canavial em beira de estrada; ¹⁷Cultivo de milho; ¹⁸Cultivo de bananeira; ¹⁹Cultivo de laranjeira; ²⁰Cultivo de urucum.

O teor de fósforo disponível avaliado foi submetido à análise estatística descritiva, na qual foram analisadas a média, variância, desvio padrão e coeficiente de variação, utilizando o programa computacional estatístico Genes versão 1990.2018.39 (Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos coletados e analisados da região noroeste do Paraná, apresentaram respectivamente predominância de textura arenosa, com teor de argila $\leq 150 \text{ g kg}^{-1}$ (92 amostras) e textura média, com teor de argila entre 150 e 350 g kg^{-1} (8 amostras). Assim, nenhum dos solos foi caracterizado com textura argilosa (teor de argila entre 350 e 600 g kg^{-1}) (Santos et al., 2018).

Dentre os solos analisados, o que apresentou maior teor de argila, obteve valor de 222 g kg^{-1} . A partir disso, foi possível realizar a interpretação dos resultados da análise do teor de fósforo disponível nos solos, com aptidão entre 1,47 e $43,78 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 2). Conforme a interpretação do Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (Pauletti e Motta, 2019), acerca do teor de fósforo disponível extraído por Mehlich-1, observou-se que para solos com teor de argila inferiores a 250 g kg^{-1} , a faixa de disponibilidade está caracterizada entre muito baixo e muito alto.

Observou-se que 36 amostras encontraram-se na faixa muito baixa ($< 6 \text{ mg dm}^{-3}$), 29 amostras na faixa baixa ($6-12 \text{ mg dm}^{-3}$), 16 amostras na faixa de teor médio ($13-18 \text{ mg dm}^{-3}$), 5 amostras na faixa de teor de fósforo considerado alto ($19-24 \text{ mg dm}^{-3}$) e 14 amostras com teores na faixa classificada como muito alto ($> 24 \text{ mg dm}^{-3}$), verificando também que nenhum dos 100 solos encontrou-se na faixa de condição a ser evitada ($> 120 \text{ mg dm}^{-3}$), conforme interpretação baseada em Pauletti e Motta (2019).

A maioria das amostras de solo apresentaram teor de fósforo disponível situado na faixa muito baixa e baixa, bem como a média dos 100 solos analisados apresentou-se com teor considerado baixo ($12,39 \text{ mg dm}^{-3}$) (Tabela 2). Esse resultado pode ser visualizado na Figura 2, que demonstra a maior parte dos dados agrupados no primeiro compartimento.

Os solos do noroeste do Paraná estão presentes em locais com condições climáticas tropicais, cuja temperatura e umidade são altas, favorecendo o intemperismo químico, que remove nutrientes solúveis do solo ao longo do tempo, inclusive o fósforo (Becker et al., 2012), condição que justifica os baixos teores de fósforo presentes nesses solos, uma vez que algumas

amostras foram coletadas em locais onde dificilmente há manejo da adubação, como nas áreas periféricas das estradas.

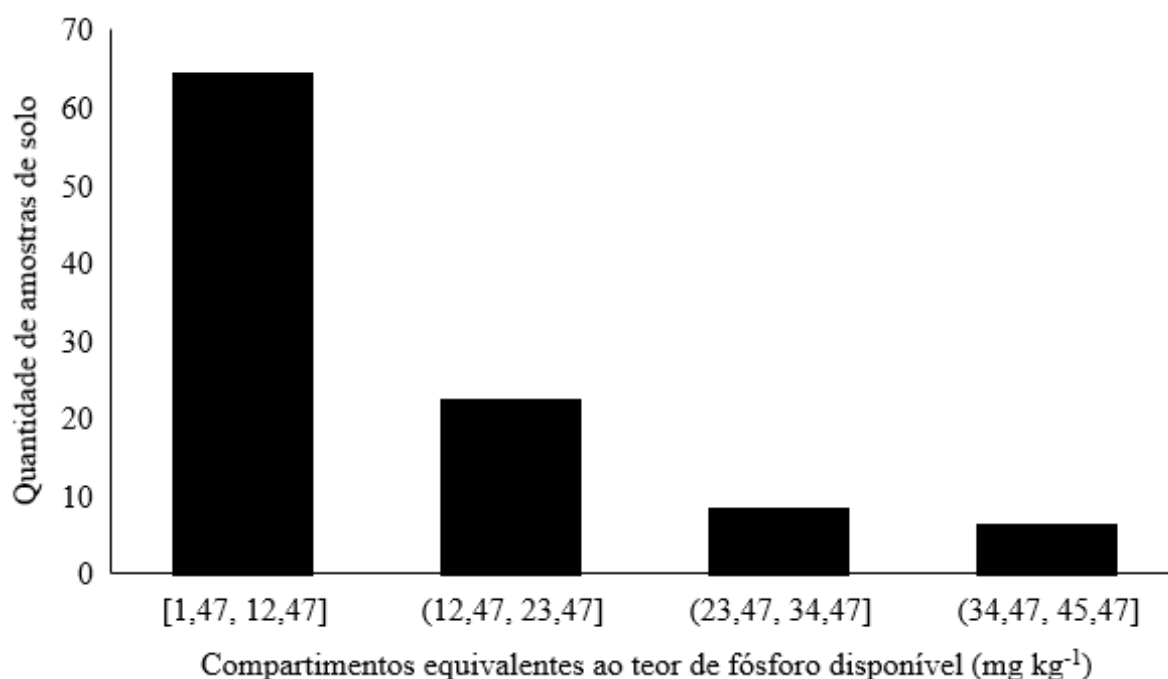


Figura 2- Resultado do teor de fósforo disponível (mg kg⁻¹) encontrado nas 100 amostras de solo coletadas no noroeste do Paraná, agrupado em compartimentos.

Assim, esses solos da região, predominantemente da classe dos Latossolos, apresentam baixa fertilidade natural, reduzida capacidade de retenção de nutrientes (baixa CTC e CTA), geralmente elevada acidez e baixo teor de matéria orgânica (Raij et al., 2011; Santos et al., 2008; Costa et al., 2020). Assim, justifica-se a obtenção de baixo teor de fósforo disponível na maior parte das amostras de solo analisadas (Figura 2). Esse fato ocorre, inclusive, em função da presença de grandes quantidades de óxidos de ferro e alumínio em solos fortemente intemperizados (Vilar e Vilar, 2013; Brady e Weil, 2013), que apresentam elevada afinidade pelo ânion fosfato, estabelecendo ligações covalentes com o fósforo, o que resulta na formação de um complexo correspondente ao fósforo não-lábil (Silva et al., 2023).

De acordo com essa dinâmica da fixação específica do fósforo no solo, esse nutriente se torna indisponível para as plantas, tendo em vista que os íons fosfatos são adsorvidos através de uma elevada energia de ligação nos óxidos de Fe e Al, caracterizados como os principais

responsáveis por esse fenômeno que é irreversível (Novais et al., 2007; Santos et al., 2008; Vilar e Vilar, 2013).

Fontana et al. (2021), apontaram a baixa capacidade dos solos arenosos do noroeste do Paraná em reter e disponibilizar nutrientes e o baixo poder tampão desses solos, requerendo correção de acidez e fertilização, principalmente de fósforo. O uso de corretivo de acidez do solo em doses recomendadas, elevando o pH-H₂O para o nível recomendado (6,0), otimiza o efeito da adubação fosfatada, pois a solubilidade dos óxidos de ferro e alumínio é reduzida, visto que se caracterizam como parte da fração mineral do solo que possuem cargas elétricas dependentes de pH, amenizando a fixação específica do fósforo (Nolla et al., 2020).

Os resultados revelaram grande variação para o teor de fósforo disponível das amostras de solo analisadas (Tabela 2). Isso ocorreu em função dos diferentes manejos da adubação empregados em cada sistema de cultivo e uso do solo, nos quais solos com atividade agrícola com culturas de interesse comercial (soja, mandioca, cana-de-açúcar, café e laranja) apontaram os maiores teores de fósforo (40,49; 33,68; 43,78; 30,96 e 38,75 mg kg⁻¹, respectivamente).

Tabela 2- Resultado da análise estatística descritiva, média, coeficiente de variação, variância e desvio padrão e os valores mínimos e máximos da variável teor de fósforo disponível dos solos analisados (número de observações = 100)

Variável	$\bar{x}$	Mínimo	Máximo	CV	Variância	DP
				(%)		
Fósforo disponível (mg kg ⁻¹)	12,39	1,47	43,78	85,4	112,10	10,59

$\bar{x}$ = média; CV = coeficiente de variação; DP = desvio padrão.

O manejo periódico da adubação fosfatada é fundamental para otimizar a produtividade em sistemas agrícolas comerciais. Segundo Roy et al. (2017) e Mariussi et al. (2019), os produtores que cultivam nos solos do cerrado brasileiro, por exemplo, compreendem sobre as limitações químicas dos solos, como a fixação específica do fósforo em coloides minerais. Desta maneira, a prática da adubação fosfatada, com aplicação de fertilizantes, se consolidou

como uma medida rotineira para conseguir excelentes resultados com o cultivo da soja na região.

A análise estatística descritiva do teor de fósforo disponível dos solos analisados está apresentada na Tabela 2 e revelou que as medidas de dispersão, coeficiente de variação, variância e desvio padrão, não apresentaram grande proximidade de cada valor do conjunto de dados com a média. No entanto, observou-se alta dispersão ($CV \geq 30\%$) (Faria, 2022) e variabilidade, com distribuições heterogêneas para os dados dessa variável. Esta condição pode ser consequência da diversidade de manejo da fertilidade e adubação para cada solo, que apresenta uma condição distinta, podendo ter sido considerados solos com adubação fosfatada e solos sem adubação, aumentando a amplitude de variação dos valores.

Na pesquisa realizada por Gil (2022) com 150 amostras de solos distribuídas em todo o estado do Paraná, foi observado também grande variação entre o teor mínimo e máximo de fósforo disponível nos solos (0,50 a 196,50 mg kg⁻¹), sendo considerado como fator responsável, a adubação fosfatada.

Cortivo et al. (2023) buscando determinar parâmetros físicos e químicos de solos agricultáveis e solos de mata no entorno do Parque Nacional do Iguaçu, próximo a microrregião de Foz do Iguaçu, no Paraná, também observaram para o teor de fósforo disponível nos solos, que entre os diferentes usos do solo, houve grande variação entre as médias, sendo 19,32 mg kg⁻¹ para os solos de agricultura e 2,83 mg kg⁻¹ para os solos de mata.

A região noroeste do Paraná conta com 70% de sua área agrícola ocupada com pastagens (Fidalski, 1999). Geralmente os solos com pastagem na região, não são manejados com adubação mineral, apresentando baixos teores de fósforo, como comprova Fidalski (1997) ao verificar que 80,5% dos resultados das análises químicas de solo sob pastagem oriundos da formação Arenito Caiuá foram inferiores à 5,8 mg dm⁻³ de fósforo.

Fatores como a baixa fertilidade natural dos solos e o uso insuficiente de fertilizantes limitam significativamente a produtividade, especialmente em regiões tropicais (Lopes e Guilherme, 2007; Novais et al., 2007; Rajj et al., 1997), justificando a necessidade da adubação fosfatada em áreas agrícolas (Cortivo et al., 2023), seja ela de correção ou manutenção, objetivando o incremento de fósforo no solo (Santos et al., 2008).

No entanto, para que a adubação seja realizada com doses corretas de fertilizantes e o teor do nutriente seja mantido adequadamente no solo, é primordial analisar periodicamente o

teor de fósforo disponível (Santos et al., 2008). Isto porque geralmente o fósforo em solos de regiões tropicais, se encontra em baixa concentração e, quando adicionado por meio de fertilização química, sofre reações que diminuem sua eficiência (Hinsinger, 2001; Novais e Smyth, 1999).

CONCLUSÕES

O teor de fósforo disponível para a maior parte dos solos do noroeste do Paraná analisados foram caracterizados nos níveis de interpretação baixo e muito baixo, com valor médio de 12,39 mg dm⁻³.

REFERÊNCIAS

- BECKER, E.L.S.; BURIOL, G.A.; STRECK, N.A. Clima e Intemperismo na Formação dos Solos do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.5, n.1, p.33-46, 2012.
- BORDIN, A.V.; NOLLA, A.; SILVA, T.G. (Ed.). **Desenvolvimento de girassol submetido à dosagens de torta de filtro em Latossolo Vermelho distrófico típico**. Ponta grossa: Atena, 2021. p.121-132.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 668p.
- CORTIVO, N.S.D.; COSTA JUNIOR, I.L.; PLETSCHE, A.L. Parâmetros físico-químicos em diferentes frações e classes de solos florestais agrícolas, no entorno do Parque Nacional do Iguaçu - PR. **Geoambiente On-line**, Goiânia, v.1, n.47, p.1-26, 2023.
- COSTA, A.C.S.; SOUZA JUNIOR, I.G.; CANTON, L.C.; GIL, L.G.; FIGUEIREDO, R. Contribution of the chemical and mineralogical properties of sandy-loam tropical soils to the cation exchange capacity. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.44, n.3, p.1-18, 2020.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES - versão windows. Aplicativo computacional em Genética e Estatística**. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648p.
- CRUZ, C.V. **Efeito residual de fontes de fósforo e adubação fosfatada no crescimento do milho**. 2015. 54p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015.

DOMINGOS, C.S.; LIMA, L.H.S.; BRACCINI, A.L. Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.14, n.3, p.132-140, 2015.

FARIA, B.A.F. **Determinação da interceptação luminosa, índice de área foliar e altura de genótipos de *Megathyrus maximus* (Syn. *Panicum maximum*) em condições de pré-pastejo.** 2022. 27p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

FERREIRA, M.M.M. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.6, n.1, p.74-83, 2012.

FIDALSKI, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região noroeste do Paraná. **Revista Unimar**, Maringá, v.19, n.3, p.853-861, 1997.

FIDALSKI, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1353-1359, 1999.

FINK, J.R.; INDA, A.V.; TIECHER, T.; BARRÓN, V. Iron oxides and organic matter on soil phosphorus availability. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.40, n.4, p.369-379, 2016.

FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; SANTOS, J.J.S.; DONAGEMMA, G.K.; SANTOS, O.A.Q. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de textura arenosa com fertilidade construída. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.13, n.3, p.606-614, 2021.

GASPARETTO, N.V.L. **As formações superficiais do noroeste do Paraná e sua relação com o Arenito Caiuá.** 1999, 209p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

GIL, L.G. **Development, test and calibration of a new potential acidity method and interaction with the main attributes of soils from Paraná State-Brazil.** 2022. 217p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2022.

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.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. A produtividade dos solos tropicais altamente intemperizados: desafios e oportunidades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p.787-794, 2007.

MALHOTRA, H.; VANDANA, S.S.; PANDEY, R. (2018). Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. In: HASANUZZAMAN, M., FUJITA, M., OKU, H., NAHAR, K., HAWRYLAK-NOWAK, B. (Ed.). **Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance**. Singapore: Springer, 2018. p.171-190.

MARIUSSI, L.M.; LEITE, R.C.; FREITAS, G.A.; LEITE, R.C.; SANTOS, A.C.M.; CARNEIRO, J.S.S.; SILVA, R.R. Phosphate fertilization on soils with improved fertility in the Brazilian Cerrado. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.37, n.1, p.39-46, 2019.

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

NOLLA, A.; ALVES, E.O.S.; SILVA, T.G.; BORDIN, A.V. Correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho Distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.3, n.3, p.2478-2487, 2020.

NOLLA, A.; FUMAGALLI, G.; BRANDALISE, F.A.; ROSSATO, R.A.; CREPALDI, M.O.C.; CASTALDO, J.H.; SORACE, M. Desenvolvimento e Produção de Soja Submetido à Doses de Torta de filtro em Latossolo Arenoso. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.6, n.1, p.1-11, 2017.

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

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

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.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p.

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

ROY, E.D.; WILLIG, E.; RICHARDS, P.D.; MARTINELLI, L.A.; VAZQUEZ, F.F.; PEGORINI, L.; SPERA, S.A.; PORDER, S. Soil phosphorus sorption capacity after three decades of intensive fertilization in Mato Grosso, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.249, p.206-214, 2017.

SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.576-586, 2008.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA,

T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. revista e ampliada, Brasília, Embrapa, 2018.

SILVA, T.G.; NOLLA, A.; CASTALDO, J.H.; BORDIN, A.V. Recomendações de fertilização fosfatada para *Helianthus annuus* em sistemas agrícolas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.12, n. especial, p.137-154, 2023.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, 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, 174p. 1995.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 577p.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.111-118, 2003.

VILAR, C.C.; VILAR, F.C.M. Comportamento do fósforo em solo e planta. **Revista Campo Digital**, Campo Mourão, v.8, n.2, p.37-44, 2013.

ZUCARELI, C.; RAMOS JÚNIOR, E.U.; BARREIRO, A.P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28, n.1, p.9-15, 2006.