

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO EM ÁREA DE PLANTIO DE BARRAGEM SUBTERRÂNEA NO MÉDIO SERTÃO DE ALAGOAS**

**SPATIAL VARIABILITY OF SOIL ATTRIBUTES IN AN UNDERGROUND DAM PLANTING AREA IN THE MIDDLE BACKLANDS OF ALAGOAS**

**VARIABILIDAD ESPACIAL DE LOS ATRIBUTOS DEL SUELO EN UN ÁREA DE PLANTACIÓN DE UNA PRESA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA MEDIA DEL SERRANO DE ALAGOAS**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n6-219>

**Data de submissão:** 17/05/2025

**Data de publicação:** 17/06/2025

**Maria Sonia Lopes da Silva**

Engenheira-agrônoma, doutora, pesquisadora – Embrapa Solos, UEP Recife, PE

**Hilton Luís Ferraz da Silveira**

Geógrafo, mestre, analista – Embrapa Territorial, Campinas, SP

**Alexandre Ferreira do Nascimento**

Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador – Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

**Flávio Adriano Marques**

Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador – Embrapa Solos, UEP Recife, PE

**Manoel Batista de Oliveira Neto**

Engenheiro-agrônomo, mestre, pesquisador – Embrapa Solos, UEP Recife, PE

**Tálysson Daniel Santos da Silva**

Engenheiro-agrônomo – Fazenda Vitória, Petrolina, PE

**Luana Maria Jesus Moraes**

Engenheira-agrônoma, autônoma – Bonito, PE

**Renata Andrade Lima**

Engenheira-agrônoma – Soloagri, Petrolina, PE

**Carla Cristina Marques de Santana**

Acadêmica de Geografia – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

**RESUMO**

Este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos e físicos do solo em área sob influência de uma barragem subterrânea (BS) localizada no município de São José da Tapera, Território do Médio Sertão de Alagoas, Semiárido brasileiro, com ênfase na identificação de padrões espaciais associados ao uso e manejo do solo. Foram coletadas amostras de solo na camada de 0–0,20 m em 16 pontos georreferenciados, abrangendo áreas de cultivo e não cultivadas, para análise de pH, fósforo disponível (P), soma de bases (valor S), carbono orgânico (CO), condutividade elétrica (CE), saturação por alumínio (PST) e granulometria. Os dados foram analisados por meio de

um interpolador determinístico (*Spline*), que permitiu observar a distribuição espacial dos atributos. Os resultados indicaram que os maiores valores de fertilidade do solo (valor S, P e CO) concentraram-se a montante da parede da barragem subterrânea, especialmente nos pontos sob cultivo intensivo de hortaliças com adubação orgânica. A granulometria revelou distribuição aleatória, com predomínio de areia nas proximidades da parede da barragem subterrânea, devido ao acúmulo de sedimentos mais grossos em leito de rio. A barragem subterrânea não demonstrou influência direta sobre a variabilidade dos atributos químicos, exceto pela possível atuação sobre a PST, mas contribuiu indiretamente para a melhoria da qualidade do solo por meio da retenção de água e sedimentos. Os resultados obtidos reforçam a importância do uso de práticas conservacionistas de manejo do solo e da água em áreas de barragens subterrâneas, visando a promoção de um ambiente mais produtivo e sustentável. O interpolador demonstrou eficiência para identificar padrões espaciais de distribuição, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento de ações de manejo adequado do solo voltadas à otimização do uso da barragem subterrânea.

**Palavras-chave:** Propriedades físicas e químicas do solo. Geoestatística. Manejo do solo. Hidrodinâmica do solo. Convivência com o Semiárido.

#### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the spatial variability of soil chemical and physical attributes in an area under the influence of an underground dam (BS) located in the municipality of São José da Tapera, Médio Sertão de Alagoas Territory, Brazilian semiarid region, with an emphasis on identifying spatial patterns associated with land use and management. Soil samples were collected in the 0–0.20 m layer at 16 georeferenced points, covering cultivated and non-cultivated areas, for analysis of pH, available phosphorus (P), sum of bases (S value), organic carbon (CO), electrical conductivity (EC), aluminum saturation (PST) and particle size. The data were analyzed using a deterministic interpolator (*Spline*), which allowed observing the spatial distribution of the attributes. The results indicated that the highest soil fertility values (S, P and CO values) were concentrated upstream of the underground dam wall, especially in points under intensive vegetable cultivation with organic fertilization. The granulometry revealed a random distribution, with a predominance of sand near the wall of the underground dam, due to the accumulation of coarser sediments in the riverbed. The underground dam did not demonstrate a direct influence on the variability of chemical attributes, except for its possible effect on the TSP, but it contributed indirectly to the improvement of soil quality through water and sediment retention. The results obtained reinforce the importance of using conservationist practices for soil and water management in areas of underground dams, aiming at promoting a more productive and sustainable environment. The interpolator demonstrated efficiency in identifying spatial patterns of distribution, providing technical support for the planning of appropriate soil management actions aimed at optimizing the use of the underground dam.

**Keywords:** Physical and chemical properties of soil. Geostatistics. Soil management. Soil hydrodynamics. Coexistence with the Semiarid Region.

#### RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la variabilidad espacial de los atributos químicos y físicos del suelo en un área bajo la influencia de una presa subterrânea (BS) ubicada en el municipio de São José da Tapera, Territorio del Médio Sertão de Alagoas, región semiárida brasileña, con énfasis en la identificación de patrones espaciales asociados con el uso y manejo de la tierra. Se recolectaron muestras de suelo en la capa de 0 a 0,20 m en 16 puntos georreferenciados, que abarcan áreas cultivadas y no cultivadas, para análisis de pH, fósforo disponible (P), suma de bases (valor S), carbono orgánico (CO), conductividad eléctrica (CE), saturación de aluminio (PST) y tamaño de partícula. Los datos se

analizaron utilizando un interpolador determinista (Spline), que permitió observar la distribución espacial de los atributos. Los resultados indicaron que los mayores valores de fertilidad del suelo (valores de S, P y CO) se concentraron aguas arriba del muro de la presa subterránea, especialmente en puntos bajo cultivo intensivo de hortalizas con fertilización orgánica. La granulometría reveló una distribución aleatoria, con predominio de arena cerca del muro de la presa subterránea, debido a la acumulación de sedimentos más gruesos en el lecho del río. La presa subterránea no mostró una influencia directa en la variabilidad de los atributos químicos, salvo su posible efecto en la PTS, pero contribuyó indirectamente a la mejora de la calidad del suelo mediante la retención de agua y sedimentos. Los resultados obtenidos refuerzan la importancia de aplicar prácticas conservacionistas para la gestión del suelo y el agua en zonas con presas subterráneas, con el objetivo de promover un entorno más productivo y sostenible. El interpolador demostró eficacia en la identificación de patrones espaciales de distribución, proporcionando apoyo técnico para la planificación de acciones adecuadas de gestión del suelo destinadas a optimizar el uso de la presa subterránea.

**Palabras clave:** Propiedades físicas y químicas del suelo. Geoestadística. Gestión del suelo. Hidrodinámica del suelo. Coexistencia con la Región Semiárida.

## 1 INTRODUÇÃO

O manejo do solo exerce um papel fundamental na agricultura, pois é a partir dele que se planejam estratégias voltadas ao aumento da produtividade, à otimização do uso de recursos naturais e insumos agrícolas, como fertilizantes e à minimização dos impactos ambientais. Um manejo adequado contribui para a conservação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, promovendo sistemas de produção mais sustentáveis e resilientes (LIMA et al., 2018).

Uma das ferramentas mais eficazes para avaliar a distribuição dos atributos físicos e químicos do solo é a análise da variabilidade espacial, que resulta tanto de processos pedogenéticos naturais quanto de influências antrópicas (SILVA et al., 2010). Essa variabilidade pode ser evidenciada por meio de levantamentos e análises detalhadas do solo, bem como pelas diferenças observadas na produtividade das culturas, refletindo a heterogeneidade dos recursos disponíveis no ambiente edáfico (MEDEIROS et al., 2020).

Diversos estudos têm investigado a variabilidade espacial dos atributos do solo associada a práticas de manejo, como o plantio direto (GUEDES FILHO et al., 2016) e a adubação voltada à produtividade das culturas (MONTANARI et al., 2016).

Em áreas de deposição aluvionar, essa variabilidade espacial dos atributos do solo representa um fenômeno particularmente complexo, fortemente influenciado pelos processos hidrodinâmicos que ocorrem durante eventos de transbordamento e movimentação de sedimentos. Nessas regiões, a deposição sucessiva de materiais transportados por enxurradas ou por rios — ricos em frações texturais finas e nutrientes — contribui para a formação de solos heterogêneos, condicionados por fatores como relevo, declividade, granulometria dos sedimentos e intensidade dos fluxos hídricos (OLIVEIRA et al., 2021).

As propriedades físicas e químicas do solo, como textura, densidade, porosidade, matéria orgânica, pH e teores de nutrientes, tendem a apresentar elevada variabilidade espacial nessas zonas de deposição, especialmente devido à natureza descontínua do processo sedimentar. Essa heterogeneidade é ainda intensificada por intervenções antrópicas, como práticas agrícolas e construções hidráulicas, que alteram os padrões naturais de redistribuição dos sedimentos (SILVA et al., 2020).

Estudos que empregam ferramentas de interpolação têm demonstrado que a análise espacial desses atributos permite identificar zonas de acúmulo e deficiência de nutrientes, bem como áreas com maior compactação, subsidiando o manejo localizado e o uso racional de insumos agrícolas (DALCHIAVON et al., 2017). Em áreas aluvionares, esse tipo de análise é essencial para o planejamento de práticas conservacionistas, assegurando o uso sustentável do solo e a manutenção da produtividade agrícola a longo prazo.

Pesquisas sobre variabilidade espacial dos atributos do solo em áreas com barragens subterrâneas (BS) ainda são escassos. As áreas de plantio associadas a esse tipo de intervenção configuram ambientes fortemente alterados, principalmente em função do acúmulo de sedimentos causado pela obstrução parcial das linhas de drenagem, o que favorece a retenção dos fluxos hídricos descendentes. Esse processo interfere na dinâmica natural de redistribuição de materiais no perfil do solo, favorecendo a deposição de sedimentos coluviais e aluvionares (RODRIGUES et al., 2023).

Nesse contexto, é essencial compreender a distribuição espacial dos atributos físicos e químicos do solo nessas áreas de contribuição, levando em consideração tanto os processos pedogenéticos quanto o histórico de uso e manejo. A combinação desses fatores resulta em alta heterogeneidade dos atributos do solo, impactando diretamente a produtividade agrícola e a sustentabilidade dos sistemas de uso da terra.

No campo da análise numérica, a interpolação consiste em calcular valores desconhecidos situados entre pontos de dados já existentes. O método *Spline* aplica uma equação matemática para reduzir ao máximo a curvatura da superfície, resultando em uma representação contínua e suave que intercepta precisamente os pontos amostrados (GHARAGOZLOU et al., 2014). De forma conceitual, eleva-se cada ponto conforme seu valor, e o *Spline* modela uma espécie de lâmina flexível que passa por todos eles, criando superfícies com variações suaves (FRANKE, 1982).

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo em área de plantio de barragem subterrânea localizada no território do Médio Sertão de Alagoas, visando fornecer subsídios para um manejo mais eficiente e sustentável do solo nessas condições específicas.

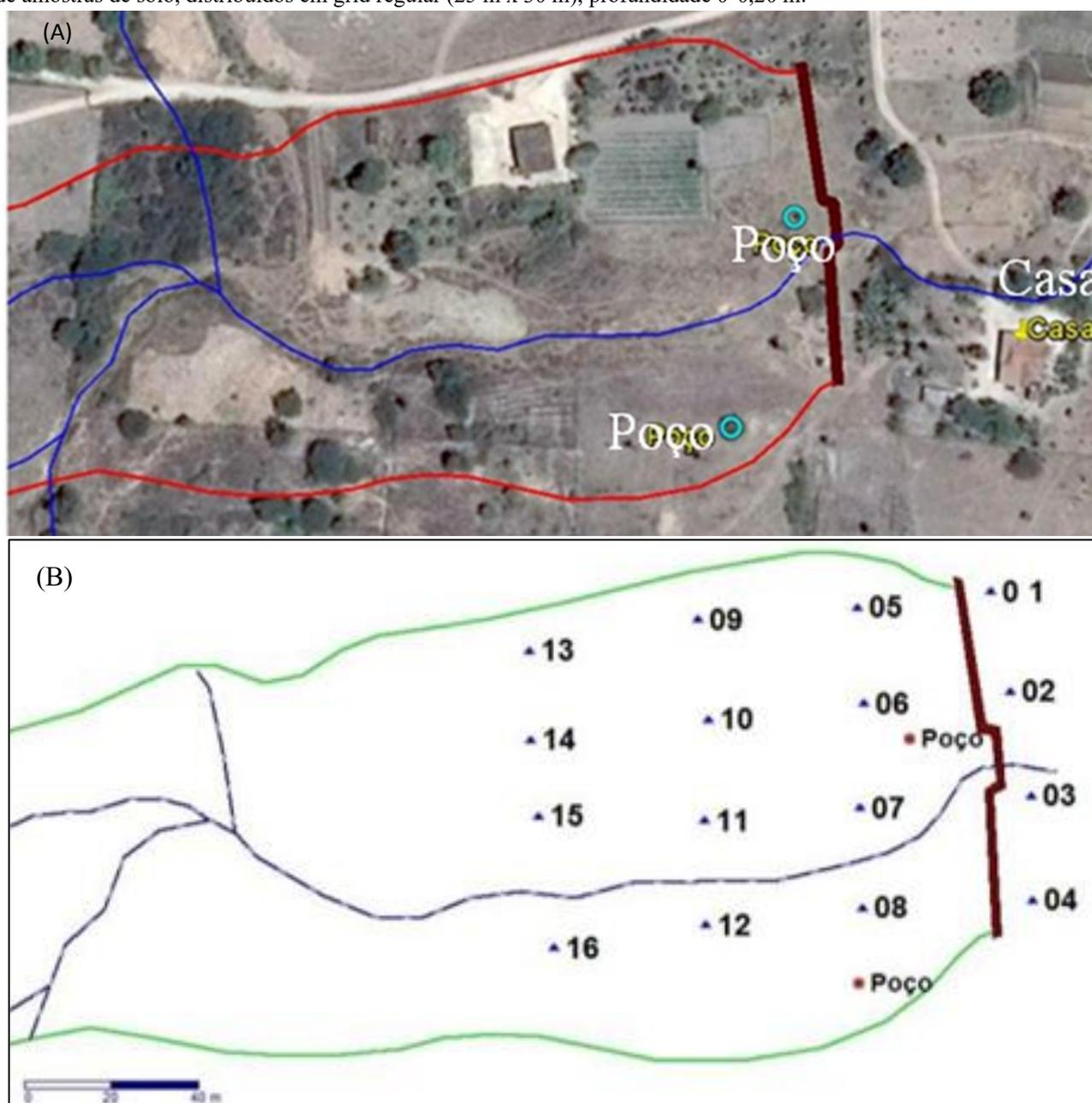
## 2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma barragem subterrânea localizada no Sítio Bananeiras, município de São José da Tapera, Território Rural do Médio Sertão de Alagoas, situada nas coordenadas geográficas 9° 32' 9,80" S e 37° 21' 53,21" W, altitude média de 262 m. A BS em estudo foi construída em 2008 em leito de riacho, em Neossolo Flúvico arenoso, com septo impermeável de plástico, sangradouro de alvenaria, dois poços em sua montante, comprimento de 80 m, com área de atuação de aproximadamente 1 ha.

O manejo foi realizado dentro dos princípios da agroecologia, com aplicação de esterco bovino curtido, cinzas e compostos orgânicos oriundos de restos vegetais. São cultivados principalmente hortaliças, fruteiras, capim e macaxeira. Nas áreas de hortaliças, a cada seis meses é feito a rotação com milho seguido de feijão visando nivelar a fertilidade do solo. O controle fitossanitário é feito

utilizando macerados de nim, urtiga, entre outros. Para a avaliação da variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo foram coletadas amostras deformadas em 16 pontos, num grid de 25 m x 30 m, na profundidade de 0 - 0,20 m, conforme figura 1.

**Figura 1.** Mapa do Sítio Bananeiras com delimitação área da barragem subterrânea (A); localização dos pontos de coleta de amostras de solo, distribuídos em grid regular (25 m x 30 m), profundidade 0-0,20 m.



Fonte: Autores

Nas amostras de solo coletadas foram realizadas análises granulométricas, dos atributos do complexo sortivo, pH, condutividade elétrica do extrato (CE), carbono orgânico (CO) e fósforo disponível (P). Adicionalmente, foram calculados o valor S (soma das bases trocáveis –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ) e a porcentagem de sódio trocável (PST), seguindo os procedimentos analíticos descritos por Teixeira et al. (2017).

A avaliação da variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo foi realizada por meio de técnicas interpolação espacial e a construção de modelos digitais aplicando-se o modelo matemático *Spline*, conforme proposto por Franke (1982), com base nos 16 pontos amostrais coletados e utilizando o software ArcGIS 10. Este método de interpolação já demonstrou bons resultados na análise da distribuição espacial de atributos do solo, como evidenciado no estudo de Omran (2012).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 RESULTADOS

Os mapas de variabilidade espacial dos atributos químicos do solo (Figura 2) indicam que os maiores valores se concentram a montante da parede da barragem subterrânea, enquanto valores menores foram observados nas laterais da BS e a jusante da referida parede.

O mapa do pH revelou uma variação espacial entre 5,8 e 7,5 unidades, com os maiores valores localizados nos pontos 10 e 6, e os menores nos pontos 16, 3 e 2, indicando que a camada superficial do solo (0–0,20 m) da BS apresenta condições que variam de moderadamente ácidas a moderadamente alcalinas.

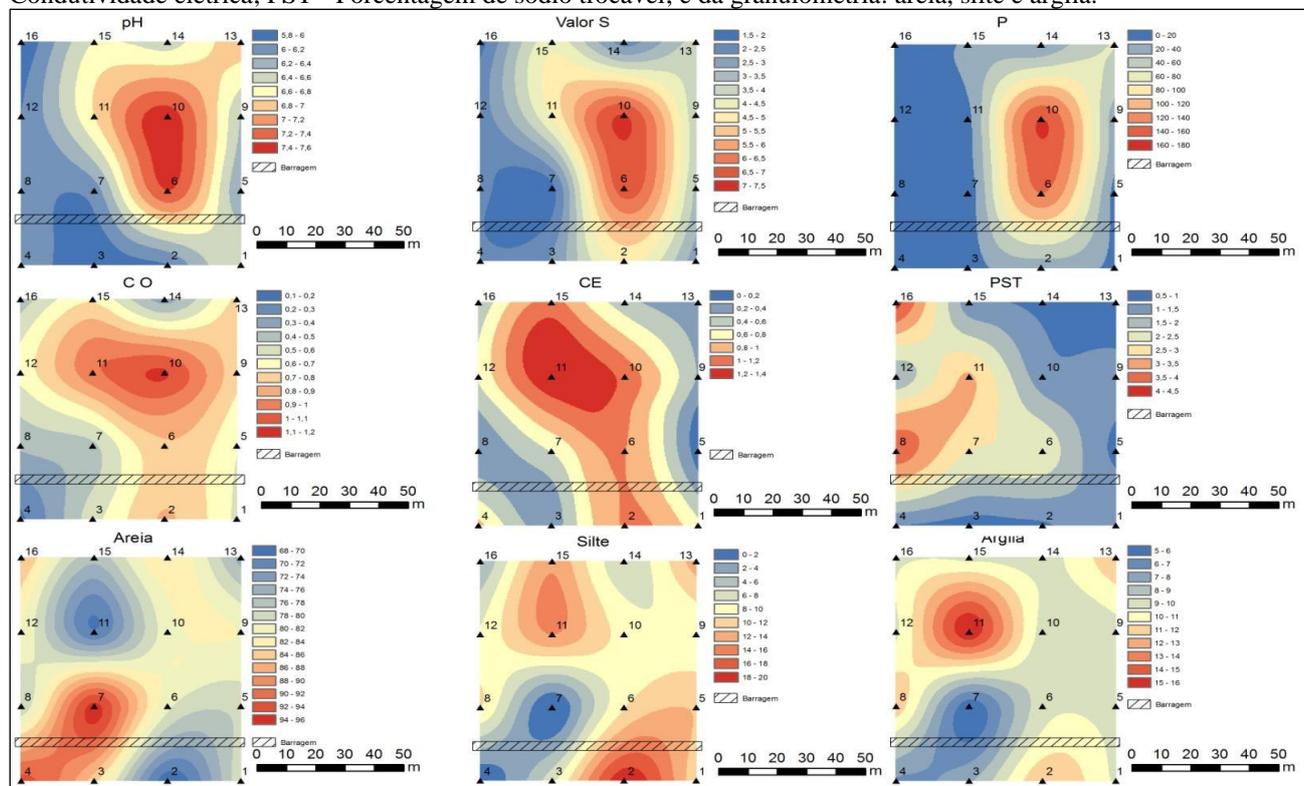
A soma de bases (valor S) apresentou ampla variação, entre 1,79 e 7,01  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ , com o menor valor registrado no ponto 7 e os maiores nos pontos 10 e 6, classificando-se em níveis que vão de baixa a alta fertilidade, conforme os critérios estabelecidos por Raij et al. (1997).

O mapa do fósforo disponível (P) evidenciou ampla variação, com teores que oscilaram entre 2 e 160  $\text{mg dm}^{-3}$ , predominando valores entre 12 e 60  $\text{mg dm}^{-3}$ . Os maiores teores de P (140 e 160  $\text{mg dm}^{-3}$ ) foram registrados nos pontos localizados em área de cultivo anual (pontos 6 e 10).

A variabilidade do carbono orgânico (CO) situou-se entre 0,36 e 0,74  $\text{g dm}^{-3}$ , valores baixos, característicos dos solos do Semiárido brasileiro.

A condutividade elétrica (CE), que indica a concentração de sais solúveis potencialmente tóxicos às plantas, apresentou variação entre 0,22 e 1,36  $\text{dS m}^{-1}$ , permanecendo abaixo do limite estabelecido para salinidade (4  $\text{dS m}^{-1}$ ), conforme os critérios de Raij et al. (1997).

**Figura 2.** Mapas de variabilidade espacial dos atributos químicos do solo da área de plantio de uma barragem subterrânea: pH - potencial hidrogeniônico; Valor S - Soma de bases trocáveis; P - Fósforo disponível; CO - Carbono orgânico; CE - Condutividade elétrica; PST - Porcentagem de sódio trocável; e da granulometria: areia, silte e argila.



Fonte: Autores

Embora a porcentagem de saturação por alumínio (PST) tenha se mantido abaixo do limite crítico para as plantas, variando entre 0,5 e 4,2%, os maiores valores foram observados próximos à linha de drenagem (pontos 16, 8, 11 e 7), possivelmente associados ao transporte aluvial. Já os menores valores foram registrados nos pontos 14, 13, 5, 3 e 2.

Fazendo uma análise conjunta dos mapas de variabilidade espacial dos atributos químicos do solo observou-se similaridades na distribuição espacial do pH, soma de bases (Valor S), fósforo disponível (P), carbono orgânico (CO) e condutividade elétrica (CE). Os maiores valores desses atributos (representados pelas manchas avermelhadas nos mapas) foram observados nos pontos 6, 10 e 11, indicando níveis de fertilidade que variaram de média a alta, conforme classificação de Raij et al. (1997). Em geral, constatou-se uma forte correlação entre os valores dos atributos e o uso do solo na área estudada.

Os pontos 6 e 10 correspondem a áreas de cultivo de hortaliças, com rotação de milho e feijão, submetidas a frequentes adições de matéria orgânica. Esse manejo contribui para os elevados valores da soma de bases (6,8 e 7,01  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ), evidenciando alta fertilidade na camada superficial do solo (0–0,20 m). O ponto 11, embora esteja fora da área de cultivo atual, apresenta fertilidade média, possivelmente devido ao histórico de cultivo com hortaliças e à ocupação atual por plantas espontâneas.

Os pontos 4, 8, 12 e 16 exibem valores mais homogêneos e inferiores de pH, Valor S e fósforo disponível, o que pode estar relacionado à proximidade com o riacho, que promove a movimentação e redistribuição de materiais durante eventos pluviométricos.

Os atributos químicos dos pontos localizados a jusante da parede da barragem subterrânea (1, 2, 3 e 4) apresentaram baixos valores, exceto o ponto 2, que mostrou fertilidade média, provavelmente em decorrência da decomposição de material vegetal (serrapilheira) oriundo da copa de uma mangueira. Esses baixos valores a jusante não parecem ser decorrentes da interrupção do fluxo de água e sedimentos pela barragem subterrânea, mas sim à ausência de cultivos na área, refletindo a baixa ou inexistente adição de adubação orgânica.

Quanto à composição granulométrica, os mapas indicaram variação próxima a aleatória, resultado da baixa dependência espacial, com maiores teores de areia próximos à parede da barragem subterrânea, devido ao acúmulo de sedimentos provocado pelo barramento do fluxo hídrico. Em contrapartida, as frações mais finas (silte e argila) concentraram-se nos pontos de menor energia hidráulica.

### 3.2 DISCUSSÃO

Os mapas de variabilidade espacial dos atributos químicos do solo revelaram padrões consistentes com a dinâmica hidrossedimentar e as práticas de manejo na área de plantio da barragem subterrânea evidenciando o papel desta tecnologia na modulação da fertilidade do solo no Semiárido brasileiro.

A concentração dos maiores valores dos atributos químicos a montante da parede da BS indica que o acúmulo de nutrientes e matéria orgânica está associado à retenção de sedimentos e à atividade agrícola intensiva, especialmente nos pontos 6 e 10. Estes locais, que correspondem a áreas de cultivo de hortaliças com rotação de milho e feijão, apresentam elevada fertilidade, refletida nos altos valores de soma de bases, fósforo disponível e pH mais neutro a alcalino. Esse padrão confirma a influência positiva do manejo agrícola, incluindo a aplicação frequente de matéria orgânica, na melhoria da qualidade do solo, conforme destacado em estudos anteriores que relacionam o uso intensivo e a adição de resíduos orgânicos com o aumento da fertilidade do solo (RAIJ et al., 1997; SILVA et al., 2018).

Em contraste, os menores valores observados nas laterais e a jusante da BS sugerem menor influência do aporte de nutrientes, possivelmente devido à ausência de cultivos anuais, conseqüentemente menor adição de fertilizantes orgânicos nestas áreas. Os baixos valores químicos nessas regiões não parecem ser consequência direta da interrupção do fluxo hídrico pela barragem

subterrânea, mas sim da gestão do solo e da cobertura vegetal local, por ser uma área que, em via de regra, a família não cultiva.

A variação do pH entre moderadamente ácido e alcalino reforça a heterogeneidade espacial típica de solos sob influência de práticas agrícolas diferenciadas e processos naturais de transporte aluvial. A presença de maiores valores de pH e fertilidade próximos a áreas cultivadas pode favorecer a disponibilidade de nutrientes essenciais, como o fósforo e as bases trocáveis, corroborando a necessidade de monitoramento espacial detalhado para o planejamento de práticas de manejo mais eficientes (SANTOS et al., 2020), como a calagem.

A concentração relativamente baixa de carbono orgânico, mesmo nas áreas cultivadas, aponta para condições inerente aos solos do Semiárido, relativas ao rápido processo de decomposição da matéria orgânica. Este ambiente proporciona condições favoráveis, como temperaturas mais elevadas, associadas a maior disponibilidade de água na barragem subterrânea, fatores que aceleram o processo de decomposição do material orgânico adicionado via esterco e compostos para a produção de hortaliças. Isso reforça a importância de estratégias agrícolas sustentáveis para aumentar a matéria orgânica do solo e melhorar sua qualidade a longo prazo (OLIVEIRA et al., 2017), como plantas de cobertura e rotação de cultivos.

A condutividade elétrica abaixo do limite crítico indica que a salinidade não é um fator limitante para o desenvolvimento das culturas na área estudada, positivo para a sustentabilidade do sistema agrícola local. No entanto, os valores de saturação por alumínio, embora baixos, mostram uma maior concentração próxima à linha de drenagem, sugerindo um transporte aluvial ativo que pode influenciar negativamente a disponibilidade de nutrientes em áreas específicas (ZONTA et al., 2014).

A granulometria revelou distribuição espacial aleatória e baixa dependência, porém com tendência ao acúmulo de partículas mais grossas (areia) junto à parede da barragem, devido à redução da energia hidráulica e consequente deposição de sedimentos. Esse fenômeno é característico de áreas com barragens subterrâneas e tem implicações importantes para a estabilidade do solo e sua capacidade de retenção de água e nutrientes (KLEIN; KLEIN et al., 2015). As frações finas (silte e argila) concentraram-se em áreas de menor energia, o que pode favorecer a retenção de nutrientes e a atividade microbiana.

Em síntese, os resultados indicam que a interação entre a estrutura física do solo, o manejo agrícola e a dinâmica hídrica modulada pela BS determinam a variabilidade espacial dos atributos químicos, impactando diretamente a fertilidade do solo e o potencial produtivo da área. Estratégias integradas de manejo que considerem essa variabilidade são essenciais para otimizar a utilização dos

recursos naturais e promover a sustentabilidade das atividades agrícolas barragem subterrânea, conseqüentemente do agroecossistema.

#### **4 CONCLUSÕES**

A análise da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo na camada de 0–0,20 m evidenciou estreita relação com o uso e manejo agrícola praticado na área de influência da barragem subterrânea. As áreas cultivadas com hortaliças, submetidas à adubação orgânica sistemática, apresentaram os maiores níveis de fertilidade, refletidos em valores elevados de pH, soma de bases, fósforo disponível e carbono orgânico. Esses resultados demonstram a eficácia do manejo agrícola na melhoria da qualidade química do solo em ambiente de barragem subterrânea, mesmo em condições edafoclimáticas restritivas.

A composição granulométrica revelou influência de processos alúvio-colúvionares, especialmente nos pontos situados próximos à linha de drenagem e à estrutura da barragem subterrânea. A variação nas frações areia, silte e argila nesses locais reforça o papel da dinâmica hidrossedimentar na redistribuição dos materiais do solo, com implicações diretas sobre sua estrutura e capacidade de retenção de nutrientes.

Embora a barragem subterrânea não tenha promovido alterações diretas e significativas na distribuição dos atributos químicos avaliados, sua presença contribui de forma indireta para a melhoria da qualidade do solo, ao favorecer a retenção de água e sedimentos nas áreas a montante. Essa retenção, aliada às práticas de manejo adotadas, potencializa os efeitos benéficos sobre os atributos químicos e físicos do solo. A exceção observada foi a saturação por alumínio (PST), que apresentou maior variabilidade em áreas próximas à linha de drenagem, demandando investigações complementares para melhor compreensão de sua dinâmica.

Os resultados obtidos reforçam a importância do uso de práticas conservacionistas de manejo do solo e da água em áreas de barragens subterrâneas, visando a promoção de um ambiente mais produtivo e sustentável. A abordagem da interpolação determinística demonstrou eficiência para identificar padrões espaciais de variabilidade, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento de ações de manejo adequado voltadas à otimização do uso da barragem subterrânea

#### **AGRADECIMENTOS**

À família agricultora detentora da barragem subterrânea estudada, pela receptividade, participação e cessão de seu agroecossistema para a realização desta pesquisa. À ASA Alagoas, representada pelo

Centro de Apoio Comunitário de Tapera, no município de União dos Palmares (Cactus), pela parceria e apoio institucional ao desenvolvimento do estudo.

## REFERÊNCIAS

DALCHIAVON, F. C.; RODRIGUES, A. R.; LIMA, E. S. de; LOVERA, L. H.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com soja sob plantio direto. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 16, n. 2, p. 144-154, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/223811711622017144>. Acesso em: 18 abr. 2025.

FRANKE, R. Smooth interpolation of scattered data by local thin plate splines. *Computers and Mathematics with Applications*, v. 8, n. 4, p. 273-281, 1982. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0898-1221\(82\)90009-8](https://doi.org/10.1016/0898-1221(82)90009-8). Acesso em: 12 abr. 2025.

GHARAGOZLOU, A.; TAYEBA, A.; DADASHI, M.; ABDOLAH, H. Zoning of CO emissions in Tehran in the medium term by using third quartile as the exposure candidate. *Journal of Geographic Information System*, v. 6, n. 5, p. 526-532, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/jgis.2014.65043>. Acesso em: 30 maio 2025.

GUEDES FILHO, L. C.; SILVA, A. P.; SOUZA, J. R. Efeito do plantio direto na variabilidade espacial dos atributos químicos do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 7, p. 1154-1162, 2016.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. V. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117014990>. Acesso em: 28 maio 2025.

LIMA, L. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de terraços em região semiárida. 2018. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MEDEIROS, C. L.; SANTOS, P. R.; OLIVEIRA, R. S. Variabilidade espacial dos atributos do solo e sua relação com a produtividade agrícola. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 44, e012020, 2020.

MONTANARI, R.; SOUZA, T. M.; SILVA, F. C. Análise da variabilidade espacial dos nutrientes do solo em função da adubação para culturas agrícolas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, e0150175, 2016.

OLIVEIRA, M. T.; ALMEIDA, L. G.; BARBOSA, M. A. Influência dos processos hidrodinâmicos na variabilidade espacial de solos aluvionares. *Geoderma Regional*, v. 25, e00385, 2021.

OMRAN, E. S. E. Improving the prediction accuracy of soil mapping through geostatistics. *International Journal of Geosciences*, v. 3, n. 3, p. 574-590, 2012.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. et al. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, T. F.; LONDRES, V. R.; MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F. do; SILVEIRA, H. L. F. da; OLIVEIRA NETO, M. B. de; VASQUES, G. M.; TAVARES, S. R. de L.; SILVA, M. S. L. da. Distribuição espacial de atributos químicos e granulométricos dos solos de barragens subterrâneas no sertão de Alagoas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 25., 2023, Aracaju. Anais [...]. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2023.

SANTOS, R. C. de V. Variabilidade espacial da condutividade hidráulica do solo saturado e implicações no escoamento superficial direto em escala de bacia hidrográfica. 2020. 128 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2020.

SILVA, E. F.; COSTA, M. A.; PEREIRA, G. M. Variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo: uma revisão. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 4, p. 723-734, 2010.

SILVA, R. T.; SOUZA, H. F.; LIMA, P. V. Influência das práticas agrícolas na variabilidade espacial dos atributos do solo em áreas aluvionares. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 24, n. 5, p. 320-327, 2018.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1085209/1/ManualdeMetodosdeAnali sedeSolo2017.pdf>. Acesso em: 22 maio 2025.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; MEDEIROS, J. C.; SANA, R. S.; SOFIATTI, V. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 6, p. 595-602, 2014.