

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS E GRANULOMÉTRICOS DOS SOLOS DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS NO SERTÃO DE ALAGOAS

Thaís F. Rodrigues¹; Victor R. Londres²; Flávio A. Marques³; Alexandre F. Nascimento⁴; Hilton Luís F. Silveira⁵; Manoel B. O. Neto³; Gustavo M. Vasques³; Sílvio R. L. Tavares³ & Maria Sônia L. Silva³

Abstract: Underground dams (UD) are low-cost constructions that impede the flow of rainwater in the subsurface and prevent its evaporation, constituting an efficient solution for minimizing the effects of the drought in the Semiarid region (*Sertão*) of the Brazilian Northeast. For the correct land use planning on the rural property, use of water stored by the UD and soil management in the UD area for agricultural and livestock production, the chemical and physical characteristics of the soil must be evaluated. The work characterized the spatial distribution of chemical (pH, sum of bases, available phosphorus content, organic carbon content, electrical conductivity and exchangeable sodium percent) and granulometric (sand, silt and clay contents) attributes of the soils of two areas with UD, located in the municipalities of Santana do Ipanema and Senador Rui Palmeira, in the interior of Alagoas state. In general, the soils in the UD areas showed a sandy texture, low salinity and sodicity, and variable pH, sum of bases, available P and organic carbon contents. The maps of these attributes derived by interpolation via splines show distinct patterns of spatial variation and little influence of the UD wall on the attribute values in both areas. Soil attribute maps support planning the use and management of the UD areas and indicate the locations that deserve greater attention for correcting soil acidity, increasing fertility and controlling soil salinity and sodium levels.

Resumo: As barragens subterrâneas (BS) são construções de baixo custo que impedem o escoamento das águas pluviais em subsuperfície e evitam a sua evaporação, sendo uma solução eficiente para a convivência com a seca no Sertão Nordestino. Para o correto planejamento do uso da terra na propriedade rural, uso da água armazenada pela BS e manejo do solo na área da BS para produção agrícola e pecuária, as características químicas e físicas do solo devem ser avaliadas. O trabalho caracterizou a distribuição espacial de atributos químicos (pH, soma de bases, teor de fósforo disponível, teor de carbono orgânico, condutividade elétrica e porcentagem de sódio trocável) e granulométricos (teores de areia, silte e argila) dos solos de duas áreas com BS, localizadas nos municípios de Santana do Ipanema e Senador Rui Palmeira, no interior do estado de Alagoas. No geral, os solos das áreas das BS apresentaram textura arenosa, baixas salinidade e sodicidade, e pH, soma de bases e teores de P disponível e carbono orgânico variáveis.

¹) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia. Av. Athos da Silveira Ramos 274, CCMN, Bloco G, Rio de Janeiro, RJ, 21941-916. rodrigues.thais@ufrj.br

²) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia. R. São Francisco Xavier 524, Rio de Janeiro, RJ, 20550-013. londresvictor@gmail.com

³) Embrapa Solos. R. Jardim Botânico 1024, Rio de Janeiro, RJ, 22460-000. flavio.marques@embrapa.br; manoel.neto@embrapa.br; gustavo.vasques@embrapa.br; silvio.tavares@embrapa.br; sonia.lopes@embrapa.br

⁴) Embrapa Agrossilvipastoril. Rodovia MT-222, km 2,5, Sinop, MT, 78550-000. alexandre.nascimento@embrapa.br

⁵) Embrapa Territorial. Av. Soldado Passarinho 303, Campinas, SP, 13070-115. hilton.ferraz@embrapa.br

Os mapas desses atributos gerados por interpolação via *splines* mostram padrões de variação espacial distintos e pouca influência da parede da BS nos valores dos atributos em ambas as áreas. Os mapas de atributos do solo permitem planejar o uso e manejo das áreas de BS e indicam os locais que merecem maior atenção para a correção da acidez do solo, aumento da fertilidade e controle da salinidade e dos níveis de sódio no solo.

Palavras-Chave – Interpolação; Splines; Neossolos Flúvicos

INTRODUÇÃO

Consta na Resolução 64/292 formalizada em 2010 na Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU, 2010) a garantia universal do acesso à água. Até aquele ano, aproximadamente 884 milhões de pessoas eram vedadas ao acesso a esse bem comum. A resolução aprovada incentivou a que todos os chefes de Estado reconheçam o acesso à água tratada como um direito humano fundamental. Contudo, a facilitação do acesso à água é dependente da disponibilidade dos recursos hídricos nas regiões, sendo o seu volume variável sobretudo sazonalmente, como na região Nordeste do Brasil, que possui clima semiárido caracterizado por baixa pluviosidade anual, elevada evaporação e monções torrenciais periódicas.

Devido aos fatores climáticos, o nordeste brasileiro registra épocas de secas desde o século XVI, quando começaram os registros, resultando em diversas implicações no consumo hídrico. Com a intenção de mitigar os efeitos dos ciclos de estiagens, políticas públicas estruturais foram implementadas ao longo dos anos, como a construção de açudes, cisternas e poços, a dessalinização de água salobra encontrada em poços perfurados na região e a transferência de águas entre bacias hidrográficas, além de importantes programas assistenciais como o Programa Bolsa-Família (Brasil, 2004) e o Benefício Garantia-Safra (Brasil, 2003), os quais asseguram uma renda de subsistência aos agricultores familiares nesses períodos (Lima *et al.*, 2018).

Os açudes e cisternas são insuficientes para o combate à seca, apesar de sua extrema importância. Nos açudes a água concentrada em períodos chuvosos não resiste às épocas de estiagem em virtude de sua exposição ao calor, tendo como consequência a evaporação da água acumulada. As cisternas rurais e poços perfurados apresentam baixa vazão devido à baixa recarga. Já as usinas de dessalinização de água, apesar de eficazes, demandam um investimento alto para sua construção e manutenção, além de elevado nível tecnológico para seu projeto e estruturação. Igualmente, a transposição de águas entre bacias é caríssima e leva anos para ser concluída, estando sujeita à falta de recurso e à mudança de interesses e prioridades devido à transição de governos (Cirilo, 2008).

Como forma de contribuir com novos reservatórios em zonas rurais de maneira econômica, simples e eficiente, barragens subterrâneas são propostas para impedir o escoamento das águas pluviais no solo e evitar a sua evaporação. Essa tecnologia é utilizada no nordeste brasileiro desde o início do século XX para barrar a água de rios intermitentes em subsuperfície. A sua construção é constituída por trincheiras transversais ao leito dos rios, impermeabilizadas por lona plástica ou outro material posicionado transversalmente ao fluxo de água. Dessa forma, a água aprisionada no solo, ou seja, acima da zona impermeável e abaixo do nível do terreno, constitui um aquífero aluvial artificial. A técnica pode ser aplicada na maior parte do território nordestino, tendo como principais vantagens o seu baixo custo de projeto, construção e manutenção e o seu retorno em termos de

estocagem de água por longos períodos após a cessação das chuvas para produção agrícola, dessedentação animal e consumo familiar (Brito *et al.*, 1999).

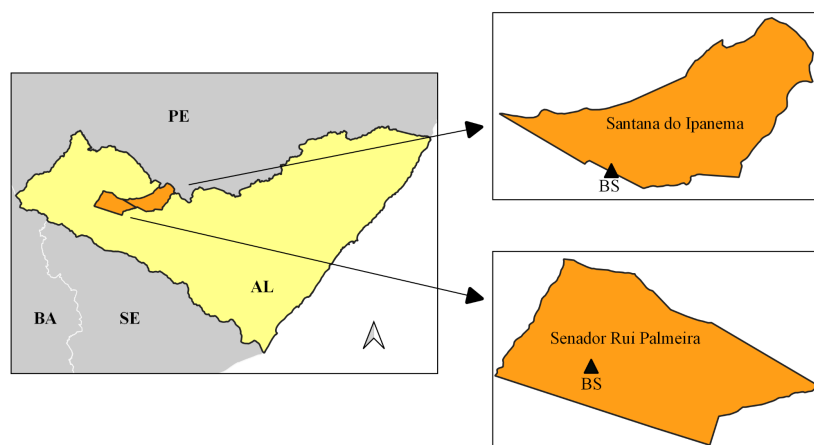
Alguns aspectos são considerados para a melhor escolha do local de instalação e dimensionamento da barragem subterrânea, entre eles a geomorfologia da microbacia hidrográfica que serve de área de contribuição para a barragem, o relevo local na área de instalação da barragem e o planejamento de uso do solo na propriedade. Além desses, o entendimento dos atributos físicos e químicos do solo é de extrema importância para o manejo e gestão das barragens subterrâneas dada a sua influência na infiltração, acumulação e transporte da água no solo, na qualidade da água para uso na propriedade e na indicação de uso e manejo da água para produção agrícola ou outros fins (Brito *et al.*, 1999; Silva *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2013).

O objetivo do trabalho é caracterizar os atributos químicos (pH, soma de bases, teor de fósforo disponível, teor de carbono orgânico, condutividade elétrica e porcentagem de sódio trocável) e granulométricos (teores de areia, silte e argila) do solo nas áreas de duas barragens subterrâneas no sertão do estado de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

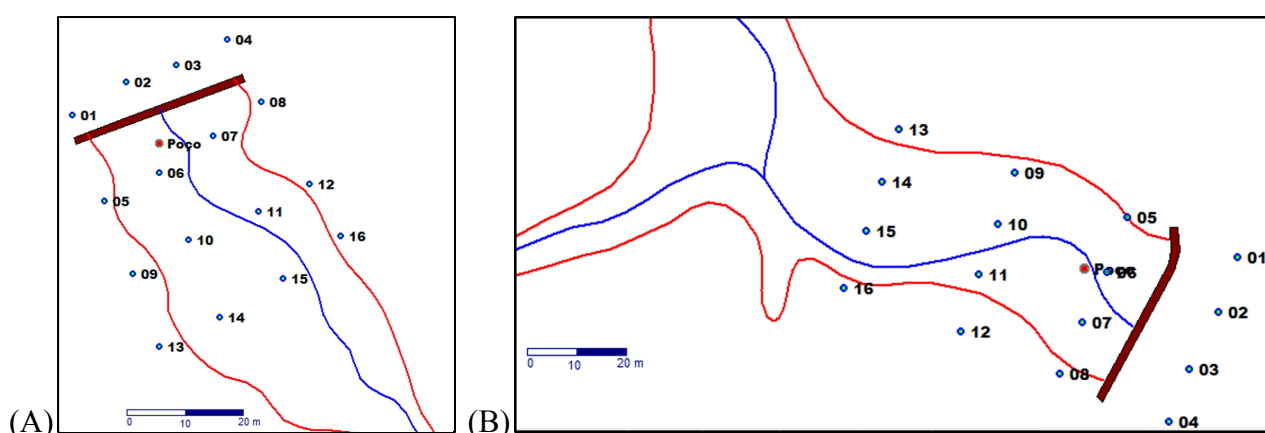
As áreas de estudo são duas áreas onde foram instaladas barragens subterrâneas (BS), nos municípios de Santana do Ipanema e Senador Rui Palmeira, com coordenadas 9°25'43,59" S, 37°18'33,10" O e 9°23'59,95" S, 37°33'40,53" O, respectivamente (Figura 1). Em cada área de BS, uma trincheira foi aberta na parte central da área para descrição morfológica e classificação do solo conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Santos *et al.*, 2018). Caracterizamos a variação espacial dos atributos do solo a 0-20 cm de profundidade nas duas áreas de BS. Para isso, coletamos amostras de solo a 0-20 cm em 16 pontos de amostragem distribuídos uniformemente em uma malha (*grid*) de 10 x 15 m na BS de Santana do Ipanema, perfazendo uma área de 1350 m², e de 12 x 25 m na BS de Senador Rui Palmeira, com área coberta de 2700 m². Doze pontos amostrais foram dispostos a montante da parede da BS e os outros quatro pontos a jusante (Figura 2).

Figura 1 - Localização das áreas de estudo nos municípios de Santana do Ipanema e Senador Rui Palmeira, AL. BS, barragem subterrânea.



As amostras coletadas foram secas ao ar, pesadas, destorroadas e peneiradas em malha de 2,0 mm, resultando em terra fina seca ao ar (TFSA). As avaliações granulométrica e química do solo foram realizadas em laboratório conforme Teixeira *et al.* (2017). Os atributos químicos medidos foram: pH em água; teores de Ca, Mg, K, Na e H+Al trocáveis; teor de P disponível; teor de carbono orgânico (CO); e condutividade elétrica (CE) em pasta saturada. Os atributos granulométricos incluíram os teores de argila, silte e areia medidos pelo método do densímetro. A soma de bases (Valor S) foi calculada pela soma dos cátions trocáveis Ca + Mg + K + Na, a capacidade de troca catiônica (Valor T) pela soma Valor S + H+Al e a porcentagem de sódio trocável (PST) pela fórmula $100 \times \text{Na} / \text{Valor T}$.

Figura 2 - Delineamento amostral nas áreas de barragens subterrâneas nos municípios de: (A) Santana do Ipanema; e (B) Senador Rui Palmeira, AL.



Mapas de distribuição espacial dos atributos químicos (pH, Valor S, P disponível, CO, CE e PST) e granulométricos (argila, silte e areia) do solo foram gerados para cada área de BS utilizando o interpolador do tipo *regularized thin plate splines* (Franke, 1982) a partir dos valores observados nos 16 pontos amostrais da respectiva área, sendo considerados os oito vizinhos mais próximo para interpolação. Os mapas foram gerados com *pixels* de 5 cm em Santana do Ipanema (área menor com 1350 m²) e de 10 cm em Senador Rui Palmeira (área maior com 2700 m²), respectivamente. Esse procedimento foi realizado usando a extensão Spatial Analyst do programa ArcGIS versão 10 (ESRI, Redlands, EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Santana do Ipanema

O solo da parte central da área da BS foi classificado como Neossolo Flúvico. Nas 16 amostras de solo a 0-20 cm de profundidade, o pH variou entre 5,3 e 7,4, indicando solo moderadamente ácido a moderadamente alcalino (Figura 3). Na área a montante da parede da BS são encontrados valores de pH mais elevados, salvo o ponto 11, possivelmente influenciado pela presença de material orgânico. A soma de bases apresentou variação entre 2,3 e 7,2 cmol_c dm⁻³ entre os 16 pontos amostrais. Dos cátions presentes no complexo sortivo, o Ca mostra-se de maneira predominante, sucedido por magnésio. A relação encontrada pode causar implicações na produção do solo e, por este motivo, deve ser levada em consideração em seu manejo, sobretudo para adubação.

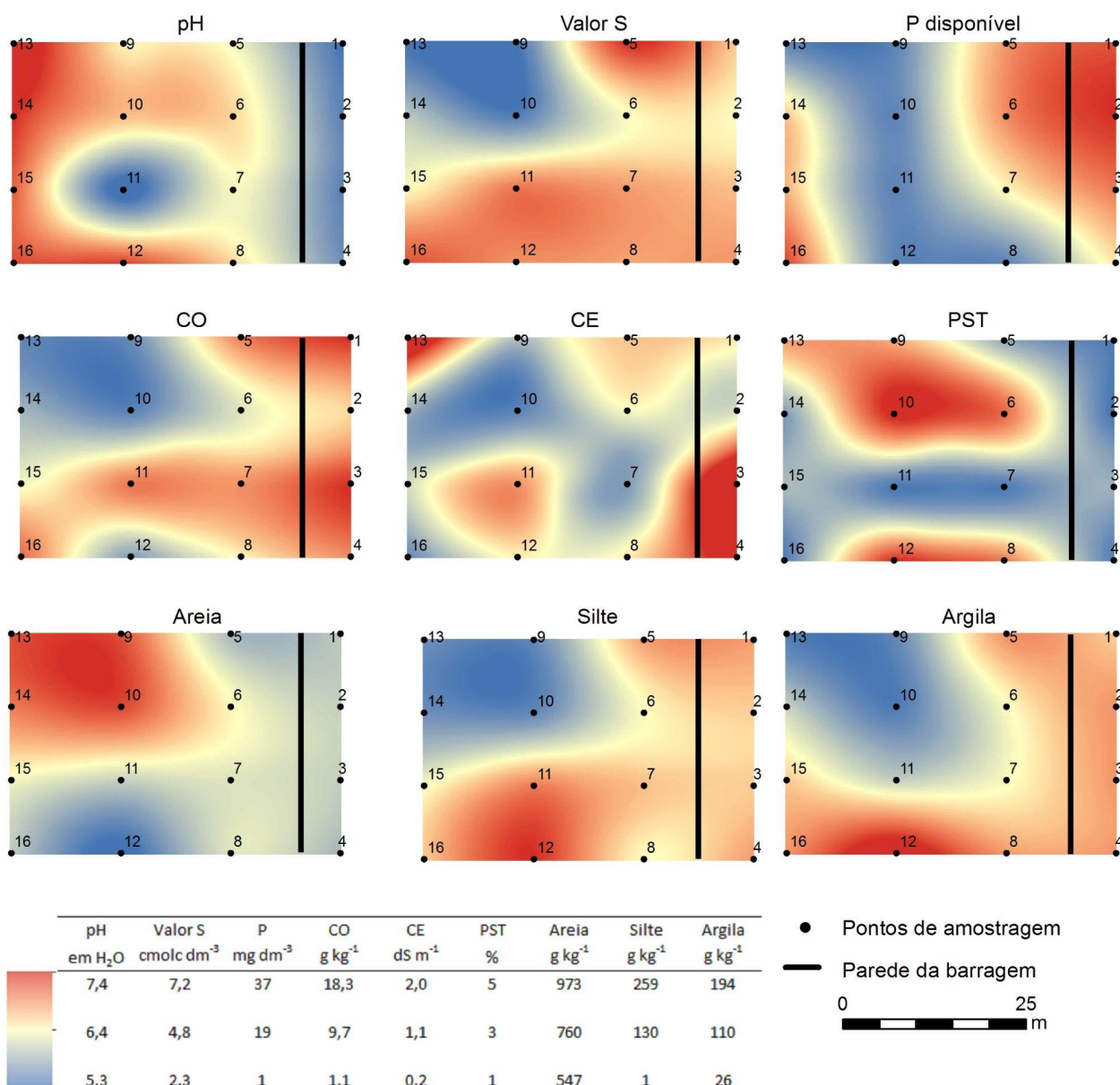
O teor de P disponível variou consideravelmente na área da BS. Os pontos 8 a 13 apresentam 1 mg dm^{-3} de P disponível, enquanto nos demais pontos foram observados valores entre 18 e 37 mg dm^{-3} . Isso explica a mancha de baixo P disponível na porção central da área (Figura 3). Esses teores de P disponíveis são semelhantes aos encontrados por Cardoso *et al.* (2011) nos municípios de Canudos e Uauá, na Bahia. Os maiores teores de CO estão presentes à jusante da BS e os menores estão presentes no noroeste da área. As amostras colhidas à jusante encontram-se sob vegetação de caatinga hipoxerófila secundária (pontos 1 e 4) ou gramíneas forrageiras (pontos 2 e 3). Ressalta-se que os solos dessa BS têm dificuldade de acumular CO em virtude da textura essencialmente arenosa (média de 773 g kg^{-1} de areia) e pequeno aporte de resíduos da biomassa vegetal. Esses valores são apropriados para solos com textura arenosa em regiões de clima semiárido (Salcedo e Sampaio, 2008).

A CE variou de 0,2 a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, contudo esses valores não configuram necessariamente problemas de acumulação excessiva de sais solúveis (Ribeiro *et al.*, 2009). Os valores de PST são relativamente baixos (1 a 5%) e não guardam relação com os valores de CE, indicando que os sais solúveis no solo são na maioria representados por outros sais, como Ca, Mg e K. Os pontos 7, 11 e 16, a montante da BS e na posição central da drenagem (talvegue) (Figura 3), apresentam os menores valores de PST, sugerindo boa drenagem e lavagem do Na pela água da chuva acumulada principalmente nessa porção do reservatório da BS. Os pontos 6, 8, 9, 10 e 12, localizados a montante da BS, apresentam valores de PST no limite para o caráter solódico (Santos *et al.*, 2018), assim indicando a necessidade de monitoramento.

Os mapas de distribuição espacial dos atributos granulométricos (argila, silte e areia) e químicos do solo (pH, Valor S, P disponível, CO, CE e PST) na área da BS de Santana do Ipanema não apresentam tendências similares, com exceção dos mapas de areia e silte, que possuem variação oposta, e dos mapas de soma de bases e CO, com distribuição similar (Figura 3). Pelo contrário, nesse ambiente colúvio-aluvionar há diferenças marcantes entre os mapas de atributos do solo, o que torna o manejo do solo mais complexo e dependente do atributo especificamente considerado para o manejo, seja para correção do pH, correção da fertilidade do solo, ou mesmo para o planejamento do uso da área da BS considerando a salinidade (CE), a sodicidade (PST) e a sua capacidade de infiltração e retenção influenciada pela granulometria do solo e pelo teor de CO.

A granulometria do solo a 0-20 cm mostra maiores teores de areia nos pontos 9, 10, 13 e 14, localizados a montante da BS na porção noroeste da área, enquanto que as frações argila e silte acumulam-se mais na parte leste a jusante da parede da BS (Figura 3). Os teores de areia na BS são bem expressivos, alcançando 973 g kg^{-1} . De modo geral, os elevados teores de areia na BS são decorrentes do transporte e deposição (barramento) de sedimentos grossos originados do escoamento superficial e/ou da interrupção dos fluxos descendentes. São, portanto, condizentes com esse tipo de ambiente.

Figura 3 - Distribuição espacial e estatística descritiva dos atributos químicos e granulométricos do solo na área da barragem subterrânea em Santana do Ipanema, AL. Valor S, soma de bases; CO, teor de carbono orgânico; CE, condutividade elétrica; PST, porcentagem de sódio trocável.



Senador Rui Palmeira

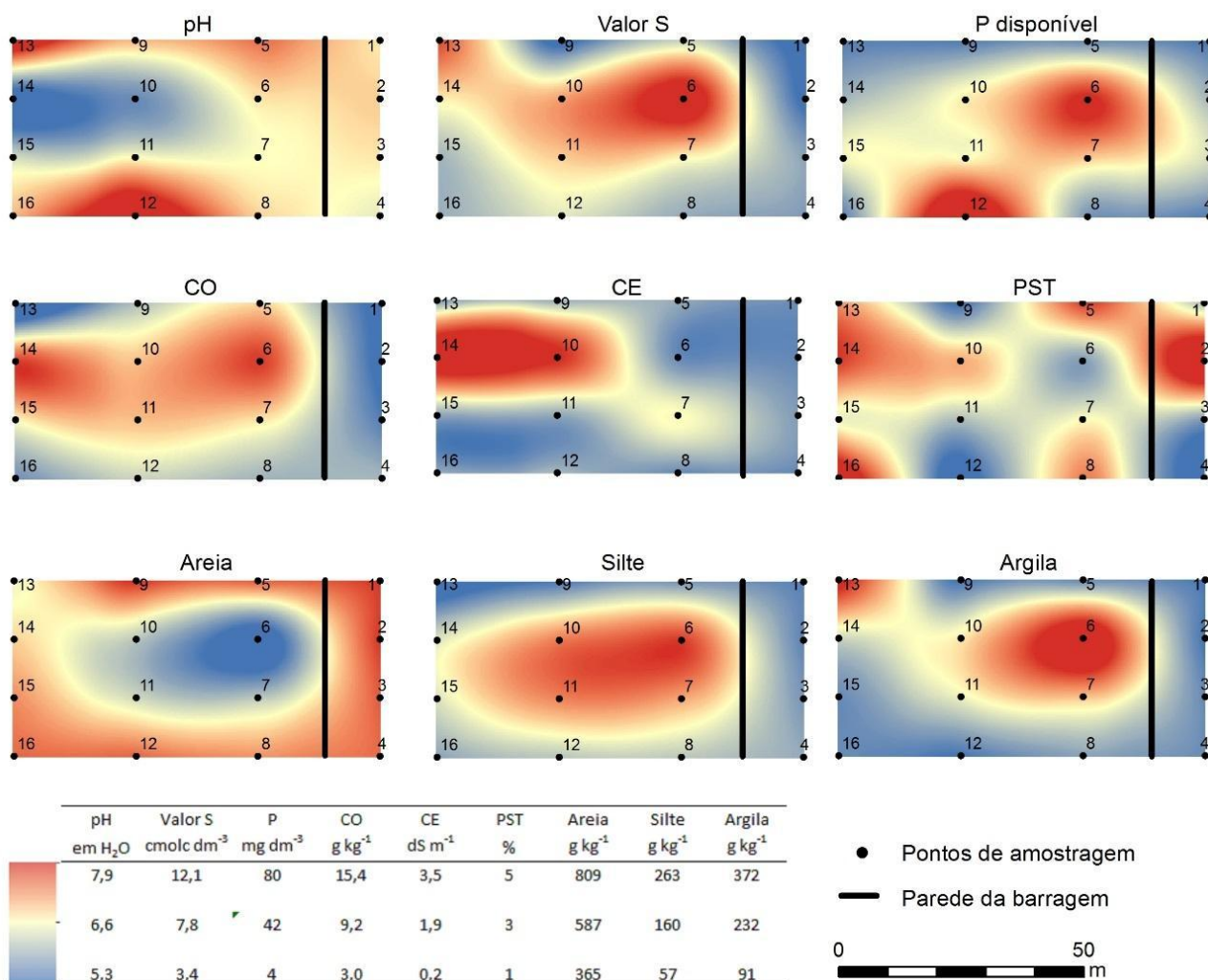
Como em Santana do Ipanema, o solo da parte central da área da BS em Senador Rui Palmeira foi classificado como Neossolo Flúvico. Em termos de acidez, o solo na área da BS é de moderadamente ácido a moderadamente alcalino, com valores de pH variando entre 5,3 e 7,9 (Figura 4). Nos pontos 14 e 10, na região central da área, são encontrados os menores valores de pH, enquanto que os maiores valores estão nos pontos 12 e 13, que correspondem às porções laterais da área de acumulação da BS, respectivamente. Os menores valores de pH nos pontos 10 e 14 podem estar relacionados aos altos teores de CO observados nesses pontos, os quais estão no leito da BS e recebem sedimentos enriquecidos com materiais orgânicos. O maior Valor S foi observado no ponto 6, destacando-se também os pontos 7, 10, 11, 13 e 14, todos eles localizados na posição central da drenagem. Os menores valores foram observados nos pontos a jusante da BS e no ponto 9 (Figura 4).

Os teores de P disponível foram maiores na porção central da área (Figura 4), variando de 30 a 37 mg dm⁻³ nos pontos 7, 10 e 11, sendo valores adequados para o cultivo de plantas. Por outro lado, o P disponível nos extremos leste, a jusante da BS, e oeste da área, a montante da BS, é baixo, indicando a necessidade de adubação para uso agrícola. Os teores de CO tiveram valores mais altos na região central da BS e menores valores a jusante da BS. Assim como em Santana do Ipanema, a distribuição do CO se assemelhou à da soma de bases (com exceção do ponto 13), enquanto os mapas de areia e silte tiveram tendência de variação espacial oposta. A CE variou de 0,2 a 3,5 dS m⁻¹, com maiores valores concentrados na parte noroeste da área. Nessa parte da área há necessidade de monitoramento da salinidade, especialmente para uso agrícola. A PST variou de 1 a 5% e teve distribuição espacial errática e não relacionada à distribuição da CE na área.

Quanto à granulometria, os teores de areia são maiores nas laterais ao redor da área da BS, enquanto, em tendência oposta, os maiores teores de argila e silte concentram-se no centro da área (Figura 4). Os solos dessa área são predominantemente arenosos, contudo os teores de argila são maiores do que aqueles encontrados na área da BS de Santana do Ipanema, chegando a 372 g kg⁻¹.

De todos os atributos analisados, a composição granulométrica da camada de 0-20 cm da BS de Senador Rui Palmeira apresenta a relação mais evidente com a área direta de influência da BS. A construção da parede da BS para contenção do movimento natural da água proporcionou maior acúmulo de sedimentos finos, como silte e argila, na linha de drenagem devido à diminuição da velocidade da água que favorece a deposição das partículas (Nichols, 2009), originando, assim, os depósitos de argila e silte na região do talvegue próxima à parede da BS (Figura 4).

Figura 4 - Distribuição espacial e estatística descritiva dos atributos químicos e granulométricos do solo na área da barragem subterrânea em Senador Rui Palmeira, AL. Valor S, soma de bases; CO, teor de carbono orgânico; CE, condutividade elétrica; PST, porcentagem de sódio trocável.



CONCLUSÕES

As BS instaladas por pequenos agricultores do Sertão Alagoano influenciam pouco ou nada no comportamento espacial dos atributos químicos e granulométricos do solo a 0-20 cm de profundidade. No geral, os atributos químicos (pH, som de bases, P disponível, CO, CE e PST) e granulométricos (argila, silte e areia) apresentaram variações espaciais marcantes, porém com padrões espaciais distintos e pouco relacionados com a posição da parede da BS. As exceções foram a soma de bases e CO, que possuem distribuição similar nas duas áreas com BS, e os teores de areia e silte, que possuem padrões de distribuição espacial opostos em ambas as áreas.

O pH, a soma de bases e os teores de P disponível e CO indicam locais mais e menos férteis dentro das áreas das BS, que necessitam de manejo de correção de acidez e adubação de maneira a sustentar a produção agrícola na área da BS. A CE e a PST, apesar de ainda não problemáticas, devem ser monitoradas e controladas para evitar problemas de salinização e excesso de sal.

AGRADECIMENTOS

Às famílias agricultoras pela troca de experiências e de conhecimentos e à Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (Prêmio Mandacaru projeto BRA-007-B 032/2013), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (projeto 484219/2010-3), Banco do Nordeste do Brasil S.A. (projeto 1402) e Embrapa (projetos 03.08.06.038.00.00 e 30.22.91.019.00.00) pelo financiamento do trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. (2003). “Lei nº 10.700, de 9 de Julho de 2003. Altera as Leis nºs 10.420, de 10 de abril de 2002, e 10.674, de 16 de maio de 2003, e dá outras providências”. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2003/lei-10700-9-julho-2003-329869-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 26 de Maio de 2023.

BRASIL. (2004). “Lei nº 10.836, de 9 de Janeiro de 2004. Cria o Programa Bolsa Família, altera a Lei nº 10.689, de 13 de junho de 2003, e dá outras providências”. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2004/lei-10836-9-janeiro-2004-490604-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 26 de Maio de 2023.

BRITO, L.T.L.; SILVA, D.A.; CAVALCANTI, N.B.; ANJOS, J.B.; REGO, M.M. (1999). “Alternativa para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 3, pp. 111–115.

CARDOSO, L.B.; SILVA, M.S.L.; MOTA, C.L.; SILVA, L.S.; PARAHYBA, R.B.V.; FERREIRA, G.B.; NETO, M.B.O.; CUNHA, T.J.F. (2011). “Atributos químicos de solos da área de plantio de barragens subterrâneas do Semiárido da Bahia”, in Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia, Jul. 2011, pp. 1–4.

CIRILO, J.A. (2008). “Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido”. Estudos Avançados 22, pp. 61–82.

FRANKE, R. (1982). “Smooth interpolation of scattered data by local thin plate splines”. Computer & Mathematics with Applications 8, pp. 273–281.

LIMA, R.; MAGALHÃES, A.R. (2018). “Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21”. Parcerias Estratégicas 23, pp. 191–212.

NICHOLS, G. (2009). “Sedimentology and Stratigraphy”, 2ª ed. Wiley-Blackwell, Reino Unido.

ONU (Organização das Nações Unidas). (2010). “The human right to water and sanitation. resolution”. ONU, Nova Iorque. (Resolução 64/292)

RIBEIRO, M.R.; BARROS, M.F.C.; FREIRE, M.B.G.S. (2009). “Química dos solos salinos e sódicos”, in Química e mineralogia do solo vol. 2. Ed. por MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, pp. 449–484.

SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. (2008). “*Dinâmica da matéria orgânica no bioma Caatinga*”, in *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais 2ª ed. rev. atual.* Ed. por SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.O. Metrópole, Porto Alegre, pp. 419–441.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. (2018). “*Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 5ª ed. rev. ampl.*”. Embrapa, Brasília.

SILVA, M.S.L.; ANJOS, J.B.; FERREIRA, G.B.; CUNHA, T.J.F.; PARAHYBA, R.B.V.; NETO, M.B.O.; SANTOS, J.C.P. (2008). “*Caracterização de atributos do solo em áreas de barragem subterrânea no semiárido brasileiro*”. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. (Boletim de Pesquisa 128)

SILVA, M.S.L.; FERREIRA, G.B.; MOREIRA, M.M.; ARAÚJO, A.H.R.C. (2013). “*Avaliação de atributos físicos do solo da área de plantio de barragens subterrâneas*”, in *Anais da I Reunião Nordestina de Ciência do Solo, Areia, Set. 2013*, pp. 1–4.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. (2017). “*Manual de Métodos de análise de solo 3ª ed. rev. ampl.*”. Embrapa, Brasília.