



## **EFEITO DA APLICAÇÃO DE SEDIMENTO ASSOREADO EM RESERVATÓRIO, AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO- HÍDRICOS DO SOLO**

Daniel de Oliveira Sena<sup>1</sup>, Gabriela Domingos Lima<sup>2</sup>, Brennda Bezerra Braga<sup>2</sup>, Carlos Alexandre Gomes Costa<sup>3</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>3</sup>, Pedro Henrique Augusto Medeiros<sup>4</sup>

**RESUMO:** O assoreamento de açudes causa impacto tanto no volume de água armazenado quanto na qualidade da água como consequência de processos erosivos. Partículas finas são deslocadas da bacia hidrográfica para a bacia hidráulica. Dessa forma, a retirada do sedimento do açude pode tanto recuperar o volume original do açude como melhorar a qualidade água. Além disso, esse material é rico em nutrientes que podem ser reutilizados na agricultura, sobretudo, no que se refere aos aspectos físico-hídricos do solo. Portanto, este trabalho visa avaliar o efeito da aplicação de doses de sedimentos em parâmetros físico-hídricos do substrato formado por solo e sedimento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, no qual foram utilizados cinco tratamentos, com diferentes níveis de sedimento do reservatório São Nicolau (SN), Madalena – CE. A concentração variou de 0 a 100 t ha<sup>-1</sup> sendo SN 0 (0 t ha<sup>-1</sup>), SN25 (25 t ha<sup>-1</sup>), SN50 (50 t ha<sup>-1</sup>), SN75 (75 t ha<sup>-1</sup>) e SN100 (100 t ha<sup>-1</sup>). Os parâmetros medidos em laboratório foram densidade global (Ds); densidade de partículas (Dp); porosidade (P); e condutividade hidráulica saturada (Ks). Observou-se diferença significativa ( $\alpha = 0,05$ ) para os resultados de Ks, observou-se diminuição do Ks em função do aumento das doses de sedimento, provavelmente devido ao maior acúmulo de partículas finas no substrato.

**PALAVRAS-CHAVE:** conservação da água, manejo do solo, hidrologia.

## **EFFECT OF SILTING SEDIMENT APPLICATION IN RESERVOIRS ON SOIL PHYSICAL-HYDRIC PARAMETERS**

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, UFC, Campus do Pici, Fortaleza, CE

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFC, Campus do Pici, CEP 60455-760, Fortaleza, CE. (85) 3366-9756, gabrieladomingoslima@gmail.com

<sup>3</sup> Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Campus Pici, Fortaleza, CE

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Civil, IFCE, Campus Fortaleza, Fortaleza, CE

**ABSTRACT:** Siltation of weirs impacts both the volume of water stored and water quality as a consequence of erosion processes. Fine particles are moved from the catchment to the hydraulic basin. Therefore, removing sediment from the weir can both restore the original volume of the weir and improve water quality. In addition, this material is rich in nutrients that can be reused in agriculture, especially with regard to the physical-water aspects of the soil. Therefore, this work aims to evaluate the effect of the application of sediment doses on physical-water parameters of the substrate formed by soil and sediment. The experimental design was entirely randomised, where five treatments were used, with different levels of sediment from the São Nicolau reservoir (SN), Madalena - CE, where the concentrations were 0, 25, 50, 75, and 100 t ha<sup>-1</sup>, here referred to as SN 0 (no sediment), SN25, SN50, SN75, and SN100 respectively. The parameters measured in the laboratory were overall density (Ds); particle density (Dp); porosity (P); and saturated hydraulic conductivity (Ks). Significant difference ( $\alpha = 0.05$ ) was observed for Ks results, and by means of linear regression a trend line with defined confidence interval was constructed for the variation of Ks values. A decrease in Ks was observed as a function of increasing sediment doses, probably due to the greater accumulation of fine particles in the substrate.

**KEYWORDS:** water conservation, soil management; hydrology.

## INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é uma região de grandes desafios para o setor agrícola. Temperaturas elevadas e uma distribuição irregular das chuvas contribuem para um cenário de déficit hídrico acentuado. A região tem sido enfoque de uma série de estudos, não só no âmbito climático, mas também social, isso porque possui uma população exposta física e socioeconomicamente às condições ambientais (MARENGO et al., 2017). No mais, tratando-se de regiões semiáridas, além da baixa disponibilidade hídrica superficial e subterrânea de água fluvial, há também outra questão a ser considerada: sua qualidade (ACHARYA et al., 2018).

O teor de material fino é um importante aliado no manejo da irrigação, diminuindo a frequência de aplicação e tamanho das lâminas à medida que aumenta a retenção de umidade do solo, aumentando o período de disponibilidade dessa água para as plantas cultivadas (URACH, 2007). Ainda, de acordo com Silva et al. (2012), solos com maior teor de argila apresentam maior atividade microbológica, devido a sua maior capacidade de retenção de água e matéria orgânica.

Estudos recentes têm apontado que o reuso do sedimento assoreado como adubo agrícola é uma alternativa ambiental e economicamente viável (BRAGA et al., 2019). Sedimentos assoreados apresentam altas frações de argila (CARVALHO et al., 2022). Ademais, são, muitas vezes, ricos em nutrientes e podem voltar à natureza como um promissor complemento na incrementação da fertilidade do solo, a depender de sua qualidade nutricional (BRAGA et al., 2017). A classificação textural do solo, bem como aquela do sedimento a ser adicionado possuem também sua relevância. Isso porque para baixos teores de água no solo, como é o caso do semiárido por extensos períodos ao longo do ano, a curva de retenção de umidade é fortemente influenciada pela textura e superfície específica do solo em detrimento do arranjo das partículas do solo (HILLEL, 2013). Diante do exposto acima, esse trabalho teve como objetivo avaliar os aspectos físico-hídricos do solo em decorrência da aplicação de diferentes quantidades de sedimentos de reservatório no cultivo de milho.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A coleta de solos e sedimentos ocorreu em janeiro de 2021. O sedimento foi coletado no açude São Nicolau (SN), localizado no município de Madalena, Ceará – Brasil. Já o solo foi coletado na região próxima do açude que possui aproximadamente 36.1 km<sup>2</sup> de área de drenagem e capacidade de armazenamento de 890.000 m<sup>3</sup>. A coleta foi realizada no período em que o reservatório se encontrava parcialmente seco. A amostragem do solo e sedimento foi precedida pela limpeza da superfície para remoção de serrapilheira, e o material foi coletado na camada de até 20 cm de profundidade. Após a coleta, o solo e o sedimento foram submetidos a uma análise prévia a fim de se conhecer suas propriedades físico-químicas. O resultado dessa análise está detalhado no trabalho de Braga et al. (2023).

O experimento foi conduzido de Julho a Novembro de 2021 em casa de vegetação localizada na Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará (3° 44'45.3" S; 38°34'56.1" W). Um pluviômetro foi instalado dentro da casa de vegetação, para auxiliar no controle da lâmina de irrigação se necessário. Contudo, não foi verificada precipitação durante o experimento. O delineamento do experimento foi o inteiramente casualizado (DIC). Quatro diferentes doses de sedimento 0,0 0,6, 1,2, 1,8 e 2,4 kg foram adicionadas em vasos de 20L contendo o solo coletado, utilizado aqui como substrato para o crescimento de milho.

A cultivar de milho utilizada foi uma variedade de milho doce muito utilizada na produção de silagem, o híbrido AG 1051. As doses foram determinadas a partir da densidade

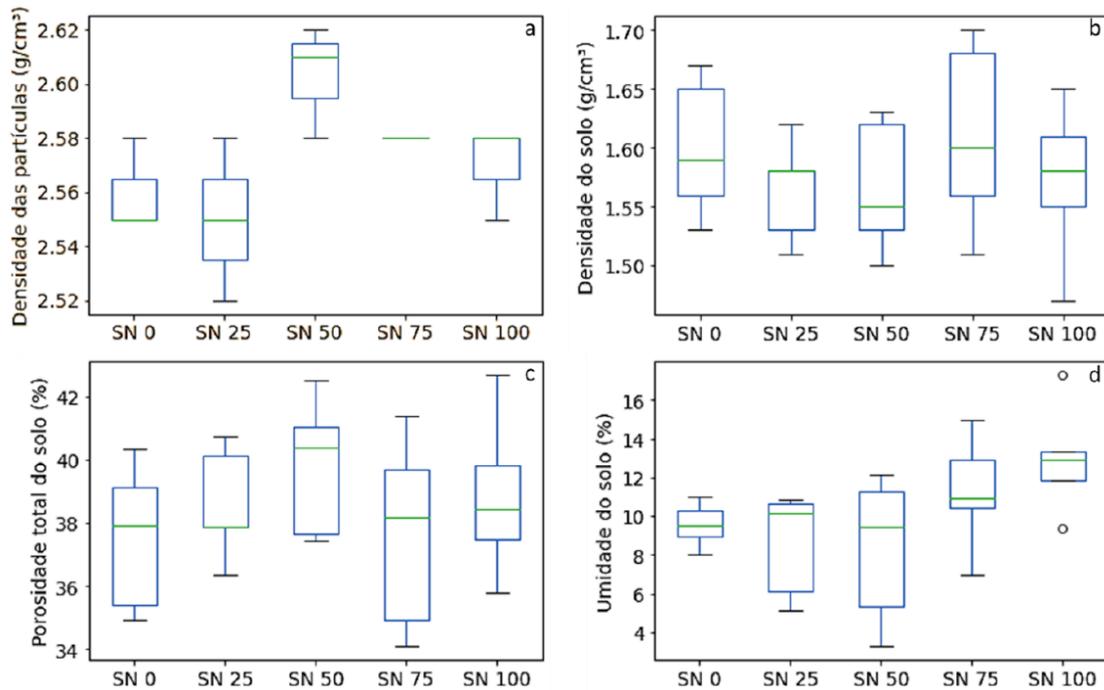
de cultivo recomendada para o milho de 41.667 plantas por hectare (EMBRAPA, 2002) e pelo estudo de Braga et al. (2019), no qual os autores relatam que o reuso de sedimentos na bacia hidrográfica do Banabuiú é financeiramente viável quando até 100 t/ha de sedimentos são necessários para produção agrícola. O termo SN100 corresponde a 100% dessa quantidade por vaso (2,4 kg), enquanto os termos 75, 50 e 25 são porcentagens desta dose máxima e correspondem respectivamente aos 1,8 1,2 0,6 e 0 kg por vaso adicionados. Ademais, um tratamento contendo apenas o substrato foi utilizado como controle. O sedimento foi misturado ao substrato manualmente, na camada superficial (até 10 cm) do solo. Cada tratamento foi formado por quatro repetições e duas plantas por repetição. As plantas foram irrigadas em dias alternados até atingirem a capacidade de campo.

Ao término do ciclo das plantas foi realizada uma nova coleta do substrato e sedimento contidos nos vasos. O material foi então encaminhado ao Laboratório de Solos e Água da Universidade Federal do Ceará (UFC) para determinação das suas propriedades físicas com o objetivo de avaliar o efeito da adição de sedimento nas características físico-hídricas do substrato. Foram avaliados os seguintes parâmetros: densidade global (Ds) e das partículas (Dp), porosidade (P) e condutividade hidráulica saturada (Ks) para cada tratamento aplicado.

Nas análises, o número de amostras coletadas por análise foi: 3 amostras para cada tratamento nas análises de Ks e Dp; e 5 amostras por tratamento para as análises de Ds e análises de porosidade. O teste estatístico foi realizado através da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ), com o uso do programa R por meio do ambiente de desenvolvimento RStudio.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos, tanto os laboratoriais quanto aqueles dos registros coletados em casa de vegetação, mostram que a adição de sedimento pode contribuir para a melhoria dos atributos físico-hídricos do solo. Apesar da dificuldade de se encontrar evidências claras e valores com diferença estatística significativa da intensidade das modificações, dada a limitação de recursos para a realização do experimento, ainda foi possível obter resultados promissores. Esses resultados estão ilustrados nos gráficos boxplot da Figura 1 e na Tabela 1 e se seguem descritos em tópicos.



**Figura 1.** Gráficos boxplot para os resultados dos parâmetros testados.

**Tabela 1.** Resultados da ANOVA para os ensaios a um nível de significância de 5%.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Média dos quadrados	F	Pr (>F)
Densidade das partículas (Dp)					
Tratamentos	4	0,005356	0,0013390	3,033	0,0704*
Resíduos	10	0,004414	0,0004414		
Densidade do solo-substrato (Ds)					
Tratamentos	4	0,00842	0,002106	0,53	0,715*
Resíduos	20	0,07943	0,003971		
Porosidade total (Pt)					
Tratamentos	4	17,15	4,288	0,716	0,591*
Resíduos	20	119,80	5,990		
Microporosidade (Pw)					
Tratamentos	4	76,62	19,156	2,356	0,0885*
Resíduos	20	162,63	8,131		
Condutividade hidráulica saturada (Ks)					
Tratamentos	4	513,9	128,46	9,38	0,000106*
Resíduos	10	66,3	6,63		

\*Como o valor  $P > 0,05$ , não se rejeita a hipótese nula de que as médias são iguais.

Os resultados das análises para densidade das partículas não diferiram significativamente entre si após a realização da análise de variância para um  $\alpha = 0,05$ . Este resultado está

demonstrado na Tabela 1 pelo valor P maior que 0,05. Desse modo, foi utilizada em cálculos posteriores a média da densidade das partículas de cada respectivo tratamento. O uso das médias de cada tratamento se deve à busca de uma maior acurácia dos resultados, a saber, na determinação de parâmetros como a porosidade do solo-substrato. O valor médio para a densidade das partículas foi de  $2,57 \text{ g.cm}^{-3}$ .

A densidade das partículas é uma característica relevante, pois influencia diretamente a textura do solo (MANTOVANI, 1987). Em estudo realizado por Dantas et al. (2012), os autores avaliaram a densidade das partículas do solo em perímetro irrigado no Ceará, e observaram que não houve diferença significativa de densidade com diferentes cultivos/manejos (banana irrigada, milho irrigado e vegetações naturais próximas) em diferentes profundidades do solo, obtendo densidade média de aproximadamente  $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , corroborando com obtido na presente pesquisa. Em pesquisa realizada no estado do Maranhão, Duarte et al. (2020) analisaram o neossolo quartzarênico, tipo de solo que também apresenta elevada expressão da fração areia em sua composição e, observaram que a densidade das partículas variou de  $1,2$  a  $1,9 \text{ g cm}^{-1}$ , sendo a média em torno de  $2,7 \text{ g cm}^{-3}$ , concordando com os resultados obtidos neste trabalho. Neste parâmetro também não foram observadas diferenças significativas para um  $\alpha = 0,05$ , como pode ser visto na Tabela 1 e no gráfico b da Figura 1. Consequentemente, os resultados do ensaio não apresentaram um padrão de variação da densidade do solo-substrato em função das diferentes proporções de sedimentos adicionadas.

Ainda sobre a capacidade de retenção e umidade, a variação entre o percentual de volume total ocupado por água para as diferentes amostras ocorreu em função do aumento da dose de sedimento. Naquelas que não continham sedimento (SN 0) foram observados os menores valores de umidade na Cca, cerca de 8 a pouco mais de 10%. Em contrapartida, no tratamento com a máxima dose de sedimento (SN 100) foi observada a maior umidade na Cca, variando de 10 a mais de 15%, o que indica uma maior capacidade de comportar umidade nos microporos e, portanto, uma maior capacidade de retenção de umidade observada no tratamento (GUERRINI & TRIGUEIRO, 2004). O que não é uma surpresa, dado o maior teor de partículas finas matéria orgânica apresentam melhor capacidade de retenção de umidade ao longo do tempo, principalmente se aliada às práticas conservacionistas (BORGES, 2014).

A condutividade hidráulica saturada (Ks) para todos os tratamentos realizados variou significativamente entre os tratamentos com uma Ks média variando em torno de  $15$  a  $20 \text{ cm h}^{-1}$  exceto o SN75. O aumento da fração de sedimento atuou de modo a reduzir a condutividade hidráulica devido à quantidade de material fino adicionado nos vasos, implicando também na diminuição do percentual de macroporos (FUENTES, 2018). Essa tendência não pôde ser

observada no tratamento SN 75, que apresentou condutividade superior ao do tratamento controle, isso possivelmente ocorreu por rearranjo das partículas em camadas mais profundas, visto a retirada superficial 1 - 10 cm de material para análise. Desse modo, pôde-se constatar que a  $K_s$  tende a diminuir com a adição de sedimento, devido a sua maior fração de argila e silte quando comparado ao solo-substrato.

Marquesi et al. (2010) avaliaram diferentes tipos de solo e observaram que a distribuição granulométrica influencia diretamente na porosidade e  $K_s$ , onde solos com maior teor de argila apresentaram menor  $K_s$  e porosidade, ou seja, a água infiltra com maior dificuldade. Esse comportamento foi esperado. Contudo, há a possibilidade de as amostras terem sido alteradas durante sua extração e preparo, sofrendo compactação, conforme Mesquita et al. (2004) demonstram em seu trabalho. O teste estatístico mostrou que as médias de  $K_s$  diferem entre os tratamentos para um  $\alpha = 0,05$  (Tabela 1), tendendo a diminuir conforme se aumenta a dose de sedimento. A diminuição da  $K_s$  em função da maior presença de partículas finas também foi um resultado obtido por Dantas et al. (2012).

## **CONCLUSÕES**

A adição de sedimento atuou de modo a modificar significativamente alguns dos atributos físico-hídricos do solo. A saber, a capacidade de retenção de umidade apresentou correlação positiva e a condutividade hidráulica saturada apresentou correlação negativa em função da dose de sedimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimentos ao Programa Cientista-chefe em Agricultura do Governo do Estado do Ceará (Convênio 14/2022 SDE/ADECE/FUNCAP e Processo 08126425/2020/FUNCAP) pela concessão de bolsas de inovação e pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa. E ao Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARYA, S.; SHARMA, S. K.; KHANDEGAR, V. Assessment of groundwater quality by water quality indices for irrigation and drinking in South West Delhi, India. **Data in brief**, v. 18, p. 2019-2028, 2018.

BARBOSA, T. D. C. S.; COSTA, N. M. G. B. DA; SANTOS, D. B. DOS; MACHADO, M. S.; MARQUES FILHO, F. Qualidade física do solo em áreas sob manejo agroecológico e convencional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48899-48909, 2020.

BORGES, T. K. S. et al. Effect of conservation practices on soil moisture and maize (*Zea mays* L.) cropping in the semi-arid northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1862-1873, 2014.

BRAGA, B. B.; CARVALHO, T. R. A. DE; BROSINSKY, A.; FOERSTER, S.; MEDEIROS, P. H. A. From waste to resource: cost-benefit analysis of reservoir sediment reuse for soil fertilization in a semiarid catchment. **Science Of The Total Environment**, v. 670, p. 158-169, jun. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.083>>.

BRAGA, B. B.; JUNIOR, F. N.; BARBOSA, R. M.; BRITO, P. O. B.; MARTINS, K., MEDEIROS, P. H. A.; GONDIM, F. A. Biomass Production and Antioxidative Enzyme Activities of Sunflower Plants Growing in Substrates Containing Sediment from a Tropical Reservoir. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 5, p. 95-106, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5539/jas.v9n5p95>>.

CARVALHO, T.; BROSINSKY, A.; FOERSTER, S.; TEIXEIRA, A.; MEDEIROS, P. Reservoir sediment characterisation by diffuse reflectance spectroscopy in a semiarid region to support sediment reuse for soil fertilization. **Journal of Soils and Sediments**, v. 22, n. 9, p. 2557-2577, 2022.

DANTAS, J. D. A. N.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 18-26, 2012.

DUARTE, J. F. B. et al. Atributos físico-hídricos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 2, p. 3968, 2020.

FUENTES, W. M.; HURTADO, C.; LASCARRO, C. On the influence of the spatial distribution of fine content in the hydraulic conductivity of sand-clay mixtures. **Earth Sciences Research Journal**, v. 22, n. 4, p. 239-249, 2018.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 1069-1076, 2004.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. Academic press, 2013.

MANTOVANI, E. C. **Compactação do solo**. 1987.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, p. 1189-1200, 2017.

SILVA, A. D.; DE ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C.; COELHO, C. M. M. Evaluation of application of basalt powder effects in soil fertility and *Eucalyptus benthamii* nutrition. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 69-76, 2012.

URACH, F; L. **Estimativa da retenção de água em solos para fins de irrigação**. 2007.