



**Área de submissão:** (Tecnologias e Estudos Ambientais)

## **INDICADORES FÍSICOS E QUÍMICOS DE QUALIDADE DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS FAMILIARES NO CARIRI PARAIBANO**

Rodrigo Santana Macedo<sup>1</sup>, Leticia Moro<sup>1</sup>, Daiana Caroline Refati<sup>1</sup>, Kalline de Almeida Alves Carneiro<sup>1</sup>, Raimundo Nonato de Araújo Neto<sup>1</sup>, Alexandre Pereira de Bakker<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Campina Grande-PB, e-mail: rodrigo.macedo@insa.gov.br

**Fonte de Financiamento:** CNPq

### **RESUMO**

A pesquisa teve como objetivo caracterizar os atributos físicos e químicos de solos de AFs no município de Boqueirão – PB, selecionando atributos que possam ser utilizados como indicadores de qualidade desses sistemas. Em dez AFs foram coletadas amostras de solo (0-20 cm) e analisadas quanto aos seus atributos físicos e químicos. Os dados foram tratados mediante técnicas multivariadas. Os agroecossistemas apresentam baixa densidade do solo e elevado volume total de poros. Esses AFs também possuem níveis de nutrientes e de matéria orgânica considerados adequados; no entanto, alguns AFs apresentam teores elevados de sódio. Os estoques de carbono encontrados nos AFs são semelhantes aos registrados para solos sob condições de caatinga densa e aberta. Os atributos  $\text{Ca}^{2+}$ , nitrogênio total, estoque de nitrogênio e carbono e os índices capacidade de troca de cátions, soma de base e saturação por bases devem ser utilizados como indicadores de qualidade dos solos em AFs no Cariri paraibano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estoque de carbono, análise de componente principal.

### **1. INTRODUÇÃO**

A variabilidade de chuvas e a ausência de políticas públicas voltadas para a convivência com o Semiárido tem acarretado em problema sociais e levado à degradação das terras em comunidades rurais que praticam agricultura de subsistência no Cariri Paraibano (MACEDO et al., 2021). Uma das estratégias para combater esse cenário perpassa pela caracterização de agroecossistemas familiares (AFs), onde essas ações reduzem a vulnerabilidade dos agricultores locais (FAO, 2019).

No Cariri paraibano o município de Boqueirão destaca-se com centro de distribuição de alimentos com potencialidade local para agricultura irrigada. Entretanto, o avanço da produção agrícola na região acompanhou a retirada da vegetação, promoveu à degradação de matas ciliares e levou ao comprometimento da biodiversidade local (BARBOSA, 2019). Apesar disso, não existem estudos voltados para a caracterização da qualidade dos solos em AFs localizados às margens do Açude Epitácio Pessoa (AEP) em Boqueirão.

Diante do exposto o objetivo foi caracterizar os atributos físicos e químicos de solos de AFs no município de Boqueirão – PB, selecionando atributos que possam ser utilizados como indicadores de qualidade desses sistemas.

Etapa fundamental para avaliar se os agroecossistemas apresentam capacidade de cumprir suas funções ecológicas, avaliar a sustentabilidade das práticas de manejo e fornecer sinais de alerta para antecipar condições adversas (BUNEMANN et al., 2018). Também selecionamos por meio de estatística multivariada atributos pedológicos (indicadores) que possam futuramente compor índices de qualidade de solos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O município de Boqueirão está localizado na Microrregião do Cariri paraibano. O clima local é do tipo semiárido de baixa latitude e altitude (Bsh) (ALVARES et al., 2013). O relevo local é suave ondulado, onde predomina Luvisolos Crômicos oriundos do intemperismo de granitos e biotitas-gnaisses (MACEDO et al, 2021).

Às margens do AEP foram avaliados dez AFs. Os critérios de seleção dessas unidades foram a classificação como unidades pertencentes a agricultura familiar e que praticam a agricultura irrigada. Nesses AFs foram coletadas amostras de solo (0-20 cm) para realização de análises físicas e químicas (EMBRAPA, 2017).

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ). Foram realizadas análises de ACP a fim de reduzir o conjunto total de dados para um conjunto mínimo de atributos indicadores da qualidade dos solos. Foi utilizado o software R (R Core Team 2018) (versão 4.1.0) para realização das análises.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva de um conjunto de dados com vinte e cinco atributos de solo são apresentados na Tabela 1. Os teores médios de argila e areia da ordem de 246,7 e 585,4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, confirmam a textura predominantemente franco argilo-arenosa dos agroecossistemas familiares (AFs) (Tabela 1). Os baixos teores de argila dispersa em água (20,6 %) e, conseqüentemente, elevado GF (96,4 %), confirma o elevado grau de floculação das partículas coloidais inorgânicas, o que é crucial para manter a forte agregação dos solos e reduzir às perdas de materiais finos pela erosão hídrica. Os baixos valores de Ds (1,3 kg dm<sup>-3</sup>) e a porosidade total média dos solos de 50,8% indicam nenhuma restrição ao crescimento de plantas e condições favoráveis à aeração e infiltração de água.

**Tabela 1.** Estatística descritiva de atributos físicos e químicos indicadores da qualidade dos solos de agroecossistemas familiares no município de Boqueirão, estado da Paraíba.

Atributo	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV%	Assimetria	Curtose
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	474,5	731,0	585,4	66,6	11,4	0,2	-0,7
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	69,0	269,5	167,9	40,8	24,3	0,2	1,1
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	180,0	340,0	246,7	46,8	19,0	0,5	-0,8
ADA (g kg <sup>-1</sup> )	12,0	30,0	20,6	4,8	23,1	0,0	-0,7
GF (%)	93,7	98,4	96,4	1,2	1,2	-0,3	-0,5
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	1,1	1,6	1,3	0,1	10,9	0,4	-0,8
PT (%)	40,3	59,2	50,8	5,4	10,6	-0,4	-0,8
pH H <sub>2</sub> O	6,6	8,7	7,9	0,6	7,0	-1,0	0,4
CE (ds m <sup>-1</sup> )	0,3	3,9	0,8	0,7	88,5	2,8	9,4

P (mg kg <sup>-1</sup> )	8,4	231,0	50,7	48,1	94,9	2,4	6,8
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	4,6	33,3	17,1	7,3	42,6	0,3	-0,1
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,6	5,3	2,8	1,3	47,1	0,1	-0,8
K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,2	3,7	0,7	0,6	88,3	3,7	16,8
Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,3	1,8	0,8	0,4	47,1	0,7	0,3
H+Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,0	2,0	0,4	0,5	107,3	1,7	3,3
SB (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	7,1	37,2	21,4	7,5	34,9	0,1	-0,2
T (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	7,5	38,0	21,8	7,7	35,3	0,2	-0,3
t (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	7,1	37,1	21,3	7,4	34,9	0,1	-0,1
V (%)	93,5	100,0	98,2	1,6	1,7	-1,2	1,0
PST (%)	1,2	11,8	4,0	2,6	65,6	1,6	2,2
CT (%)	8,7	25,5	15,4	3,9	25,3	0,4	0,1
NT (%)	0,8	2,3	1,3	0,4	28,1	1,0	1,1
C:N	10,4	18,7	12,4	1,8	14,4	2,0	4,5
ECT (Mg ha <sup>-1</sup> )	10,9	32,6	20,0	52,7	26,3	0,6	0,0
ENT (Mg ha <sup>-1</sup> )	0,9	2,9	1,6	0,4	2,9	0,9	0,3

DP: Desvio padrão; CV: coeficiente de variação; ADA: argila dispersa em água; SB: soma de bases; T: capacidade de troca de cátions à pH 7,0; t: capacidade de troca de cátions efetiva; V%: saturação por bases; PST: percentagem de saturação por sódio; CT: carbono total; NT: nitrogênio total; ECT: estoque de carbono total; ENT: estoque de nitrogênio total. n=30.

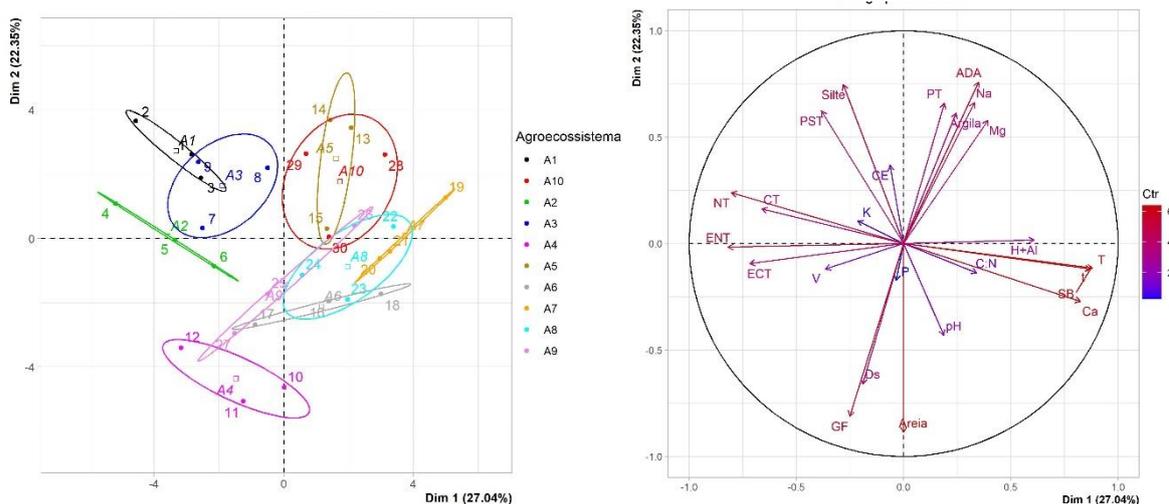
Os resultados mostram que os AFs são moderadamente alcalinos (pH 7,9), embora também ocorram agroecossistemas praticamente neutros (pH 6,6) e fortemente alcalinos (pH 8,7) (Tabela 1). Os teores médios de Ca<sup>2+</sup> (17,1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), Mg<sup>2+</sup> (2,8 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) e K<sup>+</sup> (0,7 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) foram elevados, o que reflete às práticas de adubação mineral e o intemperismo de minerais primários facilmente intemperizáveis, tais como feldspatos e plagioclásios, comuns em áreas onde predominam Luvisolos Crômicos no Semiárido brasileiro (DOS SANTOS et al., 2017). Como resultante, os valores médios de SB (21,4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), T (21,8 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) e V% (98,2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) também são elevados. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por (MACEDO et al., 2021).

Em alguns AFs os teores de sódio podem representar até 11% do complexo de troca catiônico, o que representa uma PST considerada média. Os teores médios de CE (0,8 dS m<sup>-1</sup>) indicam que os solos não são salinos, embora alguns AFs tenham apresentado valores próximos ao limite de (3,9 dS m<sup>-1</sup>). Os teores de Na<sup>+</sup> elevados indicam salinização e a sodificação. Os teores médios de P (50,7 mg kg<sup>-1</sup>) são considerados adequados (Tabela 1). Os teores de CT (15,4 g kg<sup>-1</sup>) e NT (1,3 g kg<sup>-1</sup>) são elevados e muito elevados, respectivamente. Esses altos valores de C e N, resultam em elevado estoque desses nutrientes (ECT: 20,0 Mg ha<sup>-1</sup>; ENT: 1,64 Mg ha<sup>-1</sup>). A baixa relação C:N (12,4) confirma que o processo de mineralização da MOS deve predominar em detrimento da imobilização de nutrientes pela biomassa microbiana. Os dados dessa pesquisa são semelhantes aos estoques de carbono (ALTHOFF et al., 2018; MENEZES et al., 2021).

A análise de agrupamento principal dos atributos dos solos é apresentada na Figura 1. Foram escolhidas quatro ACP com autovalores  $\geq 1$  e que explicam 72,29% da variação dos dados. A ACP1, ACP 2, ACP 3 e ACP 4 explicaram 27,04%, 22,35%, 12,98% e 9,915 % da variação dos dados, respectivamente. Por conveniência optou-se aqui apresentar e discutir somente as duas primeiras dimensões (Figura 1).

No eixo positivo da ACP1 foram agrupados os atributos T (0,88), SB e t (0,87),  $\text{Ca}^{2+}$  (0,83), H+Al (0,61),  $\text{Mg}^{2+}$  (0,39), ADA (0,35), C:N (0,34),  $\text{Na}^+$  (0,33), argila (0,25), pH e PT (0,19) e areia (0,00), enquanto no eixo negativo foram agrupados os atributos ENT (-0,82), NT (-0,80), ECT (-0,72), CT (-0,66), PST (-0,38), V (-0,36), silte (-0,28), GF (-0,25),  $\text{K}^+$  (-0,21), Ds (-0,19), CE (-0,06) e P (-0,03) (Figura 1). Isso indica uma forte correlação direta e positiva entre os cátions básicos  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  com os sítios de troca dos colóides orgânicos e inorgânicos (argila), notadamente nos agroecossistemas A5 a A10.

No eixo positivo da ACP2 foram agrupados os atributos ADA (0,76), silte (0,75), PT e  $\text{Na}^+$  (0,66), PST (0,62), argila (0,61),  $\text{Mg}^{2+}$  (0,58), CE (0,37), NT (0,24), CT (0,16),  $\text{K}^+$  (0,11) e H+Al (0,02), enquanto no eixo negativo foram agrupados os atributos areia (-0,89), GF (-0,81), Ds (-0,66), pH (-0,43),  $\text{Ca}^{2+}$  (-0,27), P (0,17), C:N (-0,14), t, SB, T e V (-0,12), ECT (-0,09) e ENT (-0,02) (Figura 1). Esse agrupamento confirma o papel dos minerais primários, representados pela fração silte, em liberar íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , influenciando diretamente no PST e CE, bem como o papel da matéria orgânica, representados pelo CT e NT, e a fração argila na retenção de cátions. Esse agrupamento representa os AFS1-5, ao qual tem em comum a prática da irrigação com água do açude Boqueirão.



**Figura 1.** Análise de agrupamento principal de atributos físicos e químicos indicadores da qualidade dos solos de agroecossistemas familiares no município de Boqueirão, estado da Paraíba.

A partir da ACP foi possível estabelecer um conjunto mínimo de dados que podem ser utilizados para avaliar a qualidade dos solos de AFS em Boqueirão. Os indicadores selecionados foram  $\text{Ca}^{2+}$ , NT, ENT, ECT e os índices de fertilidade dos solos T, SB e V%. Indicadores relacionados com os níveis de nutrientes e os teores de MOS.

#### 4. CONCLUSÕES



Os AFs apresentam altos teores de nutrientes e níveis adequados de matéria orgânica. Os elevados teores de  $\text{Na}^+$  em alguns AFs requerem controle da qualidade da água de irrigação.

A ACP foi útil em selecionar os atributos  $\text{Ca}^{2+}$ , NT, ENT, ECT e os índices de fertilidade T, SB e V% utilizados em índices de qualidade dos solos em Boqueirão e região.

## REFERÊNCIAS

ALTHOFF, T. D.; MENEZES, R. S. C.; PINTO, A. S.; PAREYN, F. G. C.; CARVALHO, A. L.; MARTINS, J. C. R.; et al. Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 254, p. 26-34, 2018.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, vol. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BUNEMANN, E. K.; BONGIORNO, G.; BAIC, Z.; CREAMERB, R. E.; DEYNB, G. D.; GOEDEB, R. D.; et al. Soil quality - A critical review. **Soil Biology and Biochemistry**, n. 120, p. 105-125, 2018.

DOS SANTOS, J. C. B.; LE PERA, E.; SOUZA JÚNIOR V. S.; CORRÊA, M. M.; AZEVEDO, A.C. Gneiss saprolite weathering and soil genesis along an east-west regolith sequence (NE Brazil). **Catena**, n. 150, p. 279-290, 2017.

EMBRAPA. Manual de métodos e análises de solo. 3 ed. Brasília. Brasil. 2017. 573p.

FAO - ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA - 2019. **Produccion animal**. Acesso Set 26, 2022. <http://www.fao.org/animal-production/es/>.

MACEDO, R. S.; BEIRIGO, R. M.; MEDEIROS, B. M.; FELIX, V. J. L.; SOUZA, R. F. S.; BAKKER, A. P. Processos Pedogenéticos e Susceptibilidade dos Solos à Degradação no Semiárido brasileiro. **Revista Caminhos de Geografia**, vol. 22, n. 81, p. 176-195, 2021.

MENEZES, R. S. C.; SALES, A. T.; PRIMO, D. C.; ALBUQUERQUE, E. R. G. M.; JESUS, K.N.; PAREYN, F. G. C. et al. Soil and vegetation carbon stocks after land-use changes in a seasonally dry tropical forest. **Geoderma**, n. 390, 114943, 2021.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.