

Atributos químicos do solo sob diferentes manejos no cerrado maranhense *Soil chemical attributes under different managements in the Maranhão savannah*

NEPOMUCENO, Richard Wallace Santos¹; ALVES, Kira Figueiredo²; DA SILVA, Alinne³; FILHO, Florisval Protássio da Silva⁴; ANTUNES, Jackelyne Sousa⁵; SILVA, Tamires dos Reis⁶.

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), richardnepomuceno.20190003340@uemasul.edu.br; ² Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), kirafg8@gmail.com; ³ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), alinnesilva@uemasul.edu.br; ⁴ Instituto Federal do Maranhão (IFMA), florisval@gmail.com; ⁵ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), jackelyneantunes.20180030380@uemasul.edu.br; ⁶ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), tamiresreis303@gmail.com.

RESUMO EXPANDIDO

Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos das alterações antrópicas nos atributos químicos do solo sob diferentes manejos no cerrado maranhense. O estudo foi conduzido em uma fazenda localizada no município de Porto Franco, na região Oeste do Maranhão. As áreas experimentais foram: pastagem abandonada (PA) e pastagem extensiva com histórico de agricultura (PE) e uma área de floresta nativa do bioma Cerrado (FL). O experimento foi analisado em delineamento inteiramente casualizado, com três áreas (PA, PE e FL) e quatro repetições. Os resultados mostraram que os usos do solo com pastagem (PA e PE) tiveram os maiores valores para os indicadores da fertilidade do solo, devido à calagem, fertilização e deposição de resíduos orgânicos animais e vegetais na superfície. A conversão da floresta em pastagens alterou os atributos químicos do solo, e o aporte de matéria orgânica ocorreu através da biomassa das gramíneas tropicais, resultando na restauração do solo.

Palavras-chave: indicadores da fertilidade do solo; estoque de carbono; pastagem extensiva.

Introdução

As práticas antrópicas ao meio ambiente, como por exemplo a conversão de áreas de vegetação nativa em áreas destinadas para pecuária extensiva com manejo inadequado do solo, promovem alterações na regulação climática, na regulação dos ciclos hidrológicos e afetam os processos de ciclagem de nutrientes (DIAS et al., 2021; FERREIRA, 2012; NETO et al., 2018). As perdas de produtividade nos cultivos do Cerrado, estão aliadas à degradação das pastagens, e são potencializadas pelas condições edáficas naturais (PORTO et al., 2020). Os atributos do solo permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas em determinado ecossistema (KARLEN et al., 1997; KARLEN; DITZLER; ANDREWS, 2003). Os atributos são classificados em físicos, químicos e biológicos



e a interação entre eles é um estado funcional complexo, que torna necessário a definição das funções do solo relacionadas a cada atributo (CAVALCANTE et al., 2021). Dentre os atributos químicos, destaca-se a acidez do solo, conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos e determinadas relações como a saturação de bases e de alumínio, assim como o nitrogênio mineralizável (FRIGHETTO; VALARINI, 2000).

O município de Porto Franco, localizado na região Sudoeste do Estado do Maranhão, está inserido no bioma Cerrado. Nas últimas décadas, essa região sofreu mudanças drásticas em sua vegetação nativa, devido ao aumento de áreas destinadas à produção agropecuária. O estabelecimento das pastagens e o cultivo de grãos têm causado mudanças na vegetação nativa e consequentes impactos negativos no meio ambiente (ANACHE, 2017).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos das alterações antrópicas nos atributos químicos sob diferentes manejos no Cerrado Maranhense, além de gerar conhecimento para auxiliar na conservação e recuperação deste bioma. A partir de um ponto de vista agroecológico, este objetivo foi baseado na hipótese que a conversão da vegetação nativa em pastagem extensiva promoveu a diminuição dos teores de nutrientes e nos estoques de carbono orgânico, e quando a pastagem foi abandonada, o solo tendeu a restabelecer as condições parecidas à vegetação nativa.

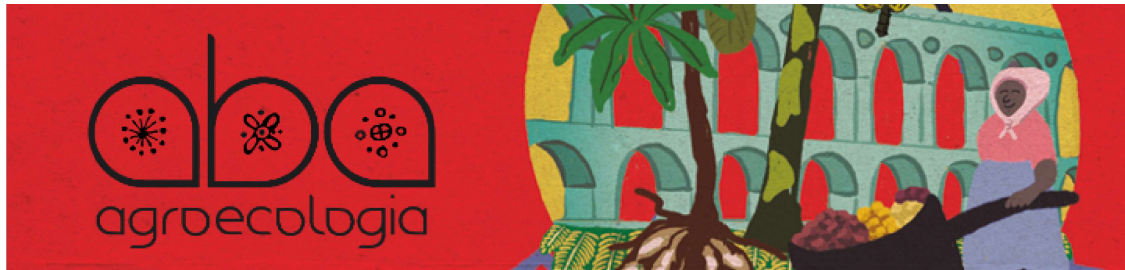
Metodologia

O estudo foi conduzido em uma Fazenda localizada no município de Porto Franco, na região Oeste estado do Maranhão (Latitude: 6° 20' 29" Sul, Longitude: 47° 24' 6" Oeste), inserida no bioma Cerrado Maranhense, Região Nordeste do Brasil.

As áreas experimentais foram selecionadas a partir dos dois principais usos da terra no Oeste do estado do Maranhão: pastagem abandonada (PA) e pastagem extensiva com histórico de agricultura (PE), além de uma área de floresta nativa do bioma Cerrado (FL).

A coleta de amostras de solo foi realizada em três usos do solo (PE, PA e FL) e quatro repetições, em maio de 2021, coincidindo com o final do período chuvoso da região. Para cada área selecionada, delimitou-se uma gleba representativa de aproximadamente 0,75 ha, composta de cinco unidades amostrais equidistantes 50 m. Os atributos químicos avaliados em cada unidade amostral foram: potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}) e alumínio (Al^{+3}) trocáveis, fósforo disponível (P), potencial hidrogeniônico (pH), acidez potencial ($H+Al$), matéria orgânica (MO), estoque de carbono orgânico (ECO), soma de bases (SB), capacidade de troca de catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 0,7 (T), saturação de bases (V) e saturação de alumínio (m). As coletas foram realizadas nas seguintes profundidades (0-5; 5-10; 10-20 e 20-30 cm).

As análises estatísticas foram realizadas considerando um delineamento inteiramente casualizado. Para garantir a análise de premissas de variância (ANOVA), os resultados foram verificados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homocedasticidade por Bartlett a 5% de probabilidade. As médias dos atributos químicos foram submetidos à análise fatorial, a diferença entre as



médias foi analisada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O método usado foi a análise de componentes principais (ACP).

Resultados e Discussão

A ACP dos atributos químicos na camada de 0-5 cm de profundidade explicou 84,46% (PC1+PC2) da variância do conjunto de dados (Figura 2A). A ACP para a profundidade de 5-10 cm explicou 87,02% (PC1+PC2) da variância do conjunto de dados (Figura 2B). A ACP para 10-20 cm e 20-30 cm de profundidade explicaram, respectivamente, 93,53% (PC1+PC2) e 86,07% (PC1+PC2) (Figuras 2C e 2D) das variâncias dos conjuntos de dados.

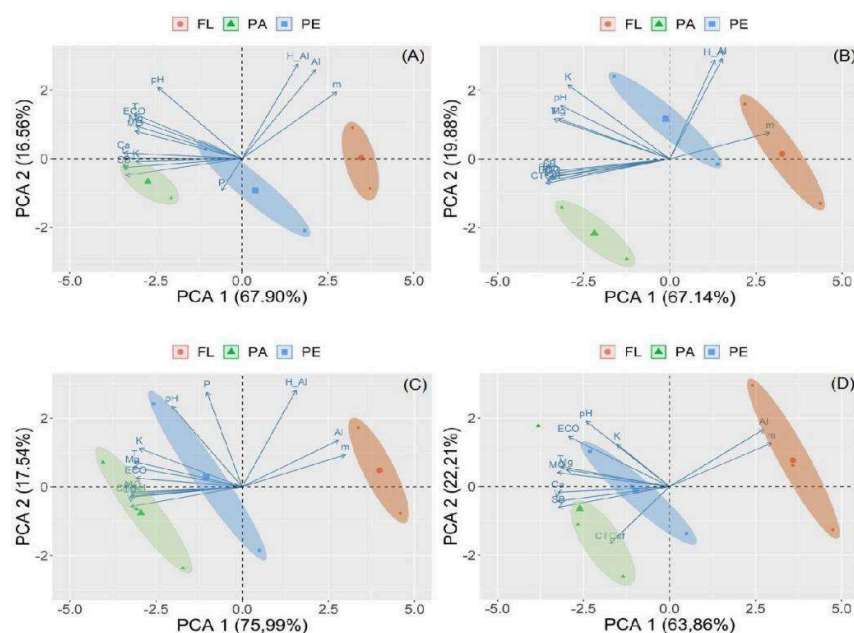
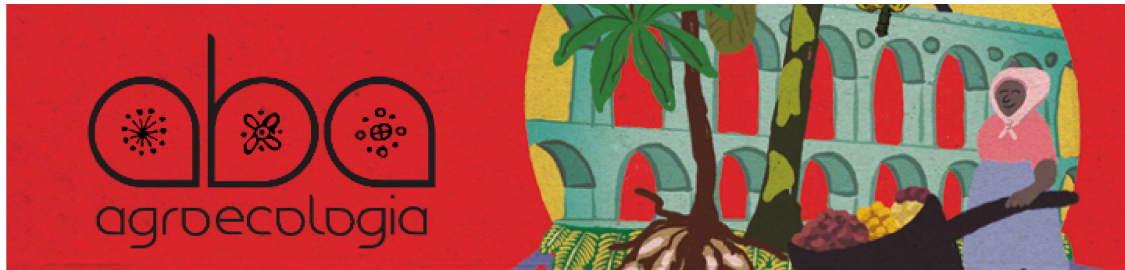


Figura 2. Análise de Componentes Principais (ACP) dos atributos químicos MO, pH, P, K, Ca, Mg, Al trocáveis, H+Al, saturação por Al (m), SB, CTC efetiva, CTC pH 7, V e ECO em amostras de solo coletadas em área de PA, PE e FL nas profundidades entre 0-5 cm (A), 5-10 cm (B), 10-20 cm (C) e 20-30 cm (D).

Os valores médios de pH foram semelhantes entre as áreas avaliadas e entre as profundidades (Tabela 1). E os atributos químicos Al em apresentaram interação significativa entre usos do solo e profundidades (Tabela 2).

Tabela 1. Valores médios de acidez potencial (H+Al) e potencial hidrogeniônico (pH) em amostras de solo coletadas em área de pastagem abandonada (PA), pastagem extensiva (PE) e floresta (FL) nas profundidades entre 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.

Fator		H+Al	pH (CaCl ₂)
		cmol _c dm ⁻³	
Usos do Solo	PA	3,89 b	5,17 _{ns}
	PE	4,69 b	5,07 _{ns}



	FL	5,57 a	4,55 ^{ns}
Profundidade (cm)	0-5	4,90 ^{ns}	5,21 ^{ns}
	5-10	4,93 ^{ns}	5,12 ^{ns}
	10-20	4,51 ^{ns}	4,94 ^{ns}
	20-30	4,86 ^{ns}	4,91 ^{ns}
	CV (%)	19,22	19,81

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Médias seguidas por ^{ns} não diferem entre si pelo teste ANOVA a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores médios de alumínio trocável (Al) e saturação por alumínio (m) em amostras de solo coletadas em área de pastagem abandonada (PA), pastagem extensiva (PE) e floresta (FL) nas profundidades entre 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.

Profundidade (cm)	Usos do Solo			Usos do Solo		
	PA	PE	FL	PA	PE	FL
	Al			m		
	cmol _c dm ⁻³			%		
0-5	0,00 aB	0,05 aB	0,30 bA	0,00 aB	0,86 aB	6,99 cA
5-10	0,00 aB	0,0 aA	0,31 bA	0,00 aB	0,91 aB	9,04 cA
10-20	0,00 aB	0,05 aB	0,47 abA	0,00 aB	0,95 aB	22,15 bA
20-30	0,00 aB	0,05 aB	0,55 aA	0,00 aB	1,17 aB	30,90 aA
CV (%)	51,65			17,06		

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A elevada correlação positiva entre o uso do solo FL com os indicadores de acidez é atribuída às características inerentes à ordem dos Latossolos (Figura 2, Tabelas 1 e 2). Os Latossolos Vermelhos do bioma Cerrado, em geral, são solos ácidos, distróficos e aluminicos. Houve interação significativa entre usos do solo e profundidades para MO e P disponível (Tabela 3). Os teores de MO diminuíram em profundidade em todas as áreas avaliadas.

Tabela 3. Valores médios de teor de matéria orgânica (MO) e fósforo disponível (P) em amostras de solo coletadas em área de pastagem abandonada (PA), pastagem extensiva (PE) e floresta (FL), nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.

Profundidade (cm)	Usos do Solo			Usos do Solo		
	PA	PE	FL	PA	PE	FL
	MO			P		
	g dm ⁻³			mg dm ⁻³		
0-5	51,00 Aa	31,27 aB	32,57 aB	1,40 aB	3,11 aA	1,04 aB
5-10	41,66 Ba	27,27 abB	23,40 bB	0,90 aB	1,55 bA	0,87 aB
10-20	32,40 Ca	26,23 abA	19,13 bB	0,90 aA	1,34 bA	0,94 aA
20-30	22,63 Da	21,23 bA	17,00 bA	0,90 aA	0,97 bA	0,93 aA
CV (%)	11,9			25,55		

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A áreas de PE e FL apresentaram valores estatisticamente semelhantes entre si, com valores médios de estoque de carbono (ECO) estimados de, respectivamente, 33,40 e 29,00 Mg C ha⁻¹ (Tabela 4).

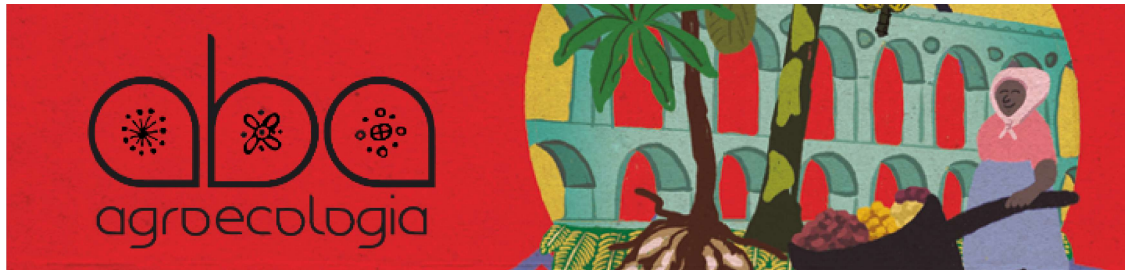


Tabela 4. Valores médios de estoque de carbono orgânico no solo (ECO) em amostras de solo coletadas em área de pastagem abandonada (PA), pastagem extensiva (PE) e floresta (FL), nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.

Profundidade (cm)	Fator	Usos do Solo	
	PA	PE	FL
ECO			
Mg C ha ⁻¹			
0-5	16,07 aA	9,86 aB	10,26 aB
5-10	13,10 abA	8,60 aB	7,40 abB
10-20	10,53 bA	8,25 aAB	6,02 bB
20-30	7,12 cA	6,69 bA	5,35 bA
Total	46,80	33,40	29,00
CV (%)	14,88		

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

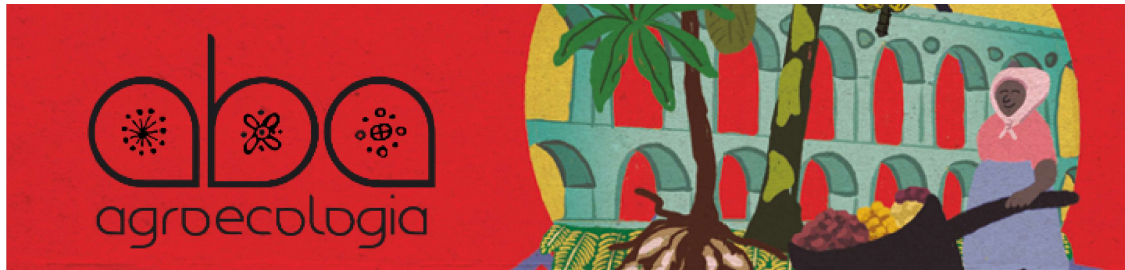
Os valores de MO e ECO foram superiores na área de PA, quando comparado a PE e FL, e positivamente correlacionado aos usos do solo PA e PE (Figura 2, Tabela 3 e 4). O resultado pode estar relacionado com o desenvolvimento não interrompido dos remanescentes da pastagem abandonada, associado ao aporte de resíduos animais e vegetais depositados em superfície do solo (0-5 cm e de 5-10 cm). Não houve interação significativa entre usos do solo e profundidades para K, Ca, Mg, t, T, SB e V, porém houve efeitos isolados para algumas variáveis (Tabela 5). A área de PA apresentou os maiores valores de K (0,26 cmmol_c dm⁻³), Ca (5,33 cmmol_c dm⁻³), Mg (1,93 cmmol_c dm⁻³), t (7,12 cmmol_c dm⁻³), T (11,56 cmmol_c dm⁻³), SB (7,56 cmmol_c dm⁻³) e V (65,85%).

Tabela 5. Valores médios de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions a pH 7 (T) e saturação por bases (V) em amostras de solo coletadas em área de pastagem abandonada (PA), pastagem extensiva (PE) e floresta (FL), nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm.

Fator		K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	t	T	SB	V
		cmmol _c dm ⁻³						%
Usos do Solo	PA	0,26 a	5,33 a	1,93 a	7,12 a	11,56 a	7,56 a	65,85 a
	PE	0,28 a	3,34 b	1,45 b	5,22 b	9,89 b	5,16 b	52,24 b
	FL	0,09 b	1,42 c	0,89 c	2,83 c	8,19 c	2,41 c	28,47 c
Profundidade (cm)	0-5	0,33 a	4,30 a	1,71 ns	6,54 a	11,32 a	6,42 a	54,97 a
	5-10	0,19 b	3,55ab	1,29 ns	5,42 ab	10,20 ab	5,30 b	50,88 ab
	10-20	0,19 b	3,07 bc	1,21 ns	4,78 bc	9,49 b	4,63 bc	46,01bc
	20-30	0,13 b	2,58 c	1,47 ns	3,49 c	8,46 b	3,96 c	43,54 c
	CV (%)	48,52	20,32	32,00	22,07	14,01	14,73	10,35

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Médias seguidas por ^{ns} não diferem entre si pelo teste ANOVA a 5% de probabilidade.

As variáveis químicas Ca, Mg, K, V, SB, T e t foram positivamente correlacionadas às áreas antropizadas, PA e PE, pois na área de PE foram adicionados fertilizantes minerais por ocasião do plantio da soja em 2020. Este comportamento pode ser



atribuído também à proliferação de espécies espontâneas nativas na área de PA, bem como à braquiária, planta de metabolismo C4. A cobertura do solo pela biomassa aérea, além da biomassa subterrânea, refletiu nos maiores teores de MO (Tabela 3), promoveram os maiores valores de capacidade de troca de cátions e ciclagem de nutrientes (Tabela 5).

Conclusões

Os dados demonstraram que o manejo do solo nas áreas antropizadas analisadas foi determinante para os valores dos atributos químicos. Os usos do solo com PA ou PE, apresentaram os maiores valores para os indicadores da fertilidade do solo, devido à calagem, fertilização e deposição de resíduos orgânicos animais e vegetais na superfície.

Nessas áreas, a presença das gramíneas tropicais perenes proporcionou aporte de matéria orgânica e aumento dos estoques de carbono orgânico do solo, igualando-se, e no caso da área de PA, superando aos observados na área de floresta nativa do bioma Cerrado Maranhense, devido a ausência de manejo da pastagem.

Dessa forma, a conversão da floresta em pastagens alterou os atributos químicos do solo, com o aporte de matéria orgânica como principal fator de influência na restauração do solo nas áreas que sofreram alterações antrópicas.

Referências bibliográficas

ANACHE, J. A. A. **Alterações no ciclo hidrológico e na perda de solo devido aos diferentes usos do solo e variações climáticas em área de Cerrado**. Tese (Doutorado) - São Carlos/SP: 2017. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde17042018-110107/publico/ANACHE_JAA_2017.pdf>. Acesso em: 30 de maio. 2023.

CAVALCANTE, D. M. et al. Physical soil quality indicators for environmental assessment and agricultural potential of Oxisols under different land uses in the Araripe Plateau, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 209, 2021.

DIAS, L. J. B. DA S.; et al. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão (Zee-Ma) Etapa Bioma Cerrado E Sistema Costeiro**. 2 ed., v. 1, São Luís, MA: IMESC, 2021.

FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P. DE; CHAVES, A. F. Revisão de Literatura Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde**, v. 7, n.1, p. 33–38, 2012.

FRIGHETTO, R. Y. S.; VALARINI, P. J. (Coords). **Indicadores Biológicos e Bioquímicos da qualidade do solo**: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198p.



KARLEN, D. L. et al. Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). **Soil Science Society of America Journal**. v. 61, p. 4-10, 1997.

KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: Why and how? **Geoderma**, v. 114, n. 3-4, p. 145-156, 2003.

NETO, F. V. DA C. et al. Atributos químicos e físicos do solo em áreas sob diferentes coberturas florestais e pastagem em além paraíba - MG. **Ciencia Florestal**, v. 28, n. 1, p. 13-24, 2018.

PORTO, D. W. B. et al. Atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, n. 7, p. 46222-46234, 2020.