



---

## ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DO SOLO EM UMA VOÇOROCA NO MUNICÍPIO DE BRASIL NOVO – PARÁ: UM ESTUDO DE CASO

Wasllem Rodrigues de Souza<sup>1</sup>, Sandra Andréa Santos da Silva<sup>2</sup>, Rainério Meireles da Silva<sup>3</sup>, Rangel de Freitas Alves<sup>4</sup>, Jhonata Ribeiro da Silva<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pará ([WASLLEM@HOTMAIL.COM](mailto:WASLLEM@HOTMAIL.COM)), Altamira, Brasil

<sup>2</sup> Professora Doutora do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Pará, Altamira, Brasil

<sup>3</sup> Professor Doutor do curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Pará, Altamira, Brasil

<sup>4</sup> Discente do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pará, Altamira, Brasil

<sup>5</sup> Discente do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pará, Altamira, Brasil

**Recebido em: 15/04/2018 – Aprovado em: 07/05/2018 – Publicado em: 09/06/2018**  
**DOI 10.18677/TreeDimensional2018A2**

---

### RESUMO

Devido as atividades relacionadas ao uso agropecuário abundante nas áreas rurais do município de Brasil Novo, no Estado do Pará, os solos da região apresentam-se degradados e posteriormente compactados, em virtude da falta de manejo adequado. Nesse estudo de caso, objetivou-se avaliar os atributos físicos e químicos de uma voçoroca localizada em uma propriedade rural no município de Brasil Novo. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas para a determinação das propriedades químicas e físicas do solo, compreendendo a área alta (A), área média (B), área baixa (C) e a área com regeneração natural (D) da mesma. Para a análise estatística dos atributos químicos foi aplicado o teste de Wilcoxon. Na avaliação dos atributos físicos constatou-se a alta densidade do solo ( $D_s$ ). O uso inadequado da área aliado aos processos erosivos altamente influenciados pela topografia do terreno, promoveram a baixa fertilidade do solo, apresentando-se com baixos teores de macronutrientes (P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ), alta saturação por alumínio, acidez elevada e baixa soma de bases e capacidade de troca catiônica nos solos das áreas avaliadas. Na análise estatística, observou-se que ocorreu diferença significativa apenas na comparação entre as áreas A e C na profundidade de 0 a 20 cm, em função da transposição dos nutrientes pelo processo de lixiviação. Os resultados indicaram a necessidade do uso de práticas adequadas para o controle da erosão e o restabelecimento da estrutura do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** degradação do solo, erosão, lixiviação, pastagem, regeneração natural.

## PHYSICO-CHEMICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL IN A VOÇOROCA IN THE MUNICIPALITY OF BRAZIL NOVO - PARÁ: A CASE STUDY

### ABSTRACT

Due to the activities related to the abundant agricultural use in the rural areas of the municipality of Brasil Novo, in the State of Pará, the soils of the region are degraded and later compacted, due to the lack of adequate management. In this case study, the objective was to evaluate the physical and chemical attributes of a voçoroca located in a rural property in the municipality of Brasil Novo. Deformed and undisturbed samples were collected to determine the chemical and physical properties of the soil, comprising the upper area (A), the middle area (B), the lower area (C) and the area with natural regeneration (D). For the statistical analysis of the chemical attributes the Wilcoxon test was applied. In the evaluation of the physical attributes it was verified the high density of the soil (Ds). The inadequate use of the area together with the erosive processes highly influenced by the topography of the land, promoted low soil fertility, presenting low levels of macronutrients (P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>), high saturation by aluminum, high acidity and low sum of bases and cation exchange capacity in soils of the evaluated areas. In the statistical analysis, it was observed that a significant difference occurred only in the comparison between areas A and C in the depth of 0 to 20 cm, as a function of nutrient transposition by the leaching process. The results indicated the need to use adequate practices for the control of erosion and the restoration of soil structure.

**KEYWORDS:** SOIL DEGRADATION, EROSION, LEACHING, PASTURE, NATURAL REGENERATION.

### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, problemas relacionados ao meio ambiente têm gerado inúmeras discussões pelo mundo. As questões ambientais e a preocupação com o futuro do planeta correspondem ao cenário pautado em muitas reuniões realizadas nas mais diferentes nações. Os processos de desertificação, desmatamento e o uso indevido de herbicidas na agricultura, além de outros, levam a impactos ambientais em todo o mundo (BATISTA; JÚNIOR, 2016). Destaque para a degradação do solo, visto que o uso intenso e inadequado deste recurso, bem como a redução da floresta primária, tem levado a destruição dos recursos naturais, degradando suas potencialidades e comprometendo assim sua funcionalidade ecossistêmica, fundamental para a manutenção da vida (SOUZA et al., 2016; FREITAS et al., 2017).

Segundo Filho et al. (2015) e Silva et al. (2017), a erosão é, provavelmente, a forma mais grave de degradação da paisagem ao redor do planeta, ocorrendo de forma mais séria em países em desenvolvimento com regime de chuvas tropicais e intensas, como é o caso do Brasil. Em seus estudos, Ferreira e Greve (2017) relatam que no Brasil, um dos fatores de desgastes que mais tem contribuído para a erosão do solo é, sem dúvida, a erosão hídrica, facilitada e acelerada pelo homem com suas práticas inadequadas de manejo, corroborando assim com os estudos de Daniel e Vieira (2015), no qual afirmam que as principais causas da erosão podem estar relacionadas aos fatores antrópicos.

A erosão hídrica corresponde a um processo de escoamento superficial pela água da enxurrada, no qual ocorre desagregação, transporte e deposição de partículas de solo, nutrientes e matéria orgânica (DECHEN et al., 2015). Dentre as formas de erosão hídrica, a mais destrutiva em termos de danos ambientais e que

ocasionam sérias consequências a sociedade é a voçoroca (ALBUQUERQUE, 2012).

A voçoroca é uma forma de erosão ocasionada por grandes concentrações de enxurrada, que passam por vários anos em um mesmo sulco, promovendo o deslocamento de grandes massas de solo e a formação de grandes cavidades em extensão e em profundidade, sendo as que apresentam consequências mais graves à população rural em termos de perda de área utilizável, assoreamento de rios, entre outros (MANCIO et al., 2013; BERTONI et al., 2014). Assim como nas mais diversas regiões do mundo, no Brasil, as voçorocas têm provocado diversos desequilíbrios ambientais tanto na cidade como nos campos (FERREIRA; GREVE, 2017).

Devido as atividades relacionadas ao uso agropecuário abundante nas áreas rurais do município de Brasil Novo, no Estado do Pará, os solos da região apresentam-se degradados e posteriormente compactados, em virtude da falta de manejo adequado, sendo um dos meios de maior índice de degradação deste recurso natural, não respeitando as Áreas de Preservação Permanente (APP) e levando à forte modificação no meio ambiente local (SEMA, 2013).

Nesse contexto, considerando o grande potencial socioeconômico de Brasil Novo, principalmente com relação às atividades agropecuárias, fazem-se necessários estudos que viabilizem a melhoria da qualidade ambiental na região, como é o caso das propriedades rurais localizadas na vicinal Km 06 da Agrovila Princesa do Xingu, pertencente ao município.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar os atributos físicos e químicos do solo da área correspondente a uma voçoroca localizada no município de Brasil Novo - Pará, com o intuito de compreender as relações entre os atributos físico-químicos do solo e gerar informações relevantes para um diagnóstico mais preciso do nível de fertilidade do solo e das propriedades físicas da mesma.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O estudo foi realizado numa área com incidência de voçoroca localizada no município de Brasil Novo, no Estado do Pará, em uma propriedade rural situada a 8 (oito) km da vicinal do Km 06 (seis) da Agrovila Princesa do Xingu (S 03°0'47.22"; 52°25'0.37" W).

Em conformidade com dados do PMMA – Plano Municipal de Meio Ambiente do município de Brasil Novo (SEMA, 2013), a temperatura média anual da região é de 27,2°C, apresentando uma precipitação pluvial média equivalente a aproximadamente 1.680mm, e tendo como meses mais chuvosos o período de dezembro a maio, no qual ocorre uma incidência pluviométrica maior entre os meses de fevereiro a abril. A vegetação do município é considerada heterogênea, sendo formada por pastagens, áreas com regeneração natural e mata secundária. O solo característico da região é o Latossolo Amarelo.

### **Caracterização e histórico de manejo da área**

Situada em uma área com relevo ondulado, na qual apresenta-se com aproximadamente 14% de declividade, o que equivale a 6,3° (EMBRAPA, 1979), a área com incidência de voçoroca, a qual tem aproximadamente 30 (trinta) anos, caracteriza-se pela presença de pastagem degradada com características de superpastejo e presença de plantas invasoras, ocorrendo ainda a passagem de um

pequeno recurso hídrico que vem sendo constantemente assoreado devido ao processo erosivo que ocorre no local.

Há oito anos, a área estudada foi isolada pelo proprietário para minimizar o pisoteio do gado de modo a favorecer a regeneração natural da vegetação e assim reduzir o avanço da voçoroca. A respectiva regeneração vem ocorrendo em alguns pontos ao longo de todo o perímetro da voçoroca, com maior incidência na parte central da mesma, apresentando uma vegetação com aspecto ralo e rasteiro (capoeira).

### **Coleta das amostras de solo**

As amostras de solo foram coletadas no mês de fevereiro de 2017, conforme metodologia proposta por Santos et al. (2013). Para a coleta, toda a área correspondente a voçoroca foi dividida em unidades homogêneas, levando-se em consideração a topografia do terreno e as características superficiais do solo.

Foi projetada uma transecção linear em cada lateral da voçoroca e ao longo de cada linha foram selecionados 04 (quatro) pontos de coleta, sendo definidas neste estudo da seguinte forma: ponto A, B e C, que correspondem respectivamente, a área alta, média e baixa; e o ponto D, que se refere as áreas onde ocorrem com maior incidência a regeneração natural da vegetação ao longo de cada lateral. Foram coletadas amostras compostas de solo em cada unidade amostral, nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm.

### **Análise dos parâmetros físicos e químicos**

As amostras compostas foram encaminhadas para o laboratório de solos da Fullin - Laboratório de Análise Agronômica e Ambiental, localizada no município de Linhares, no Espírito Santo. No laboratório foram realizadas as análises químicas para determinação dos teores de Fósforo (P), Potássio ( $K^+$ ), Cálcio ( $Ca^{2+}$ ), Magnésio ( $Mg^{2+}$ ), Matéria Orgânica (MO), Potencial Hidrogeniônico (pH), Alumínio ( $Al^{3+}$ ), Acidez Potencial ( $H+Al^{3+}$ ), Soma de Bases trocáveis (SB), porcentagem de Saturação por Bases (V%), porcentagem de Saturação por Alumínio (m%) e a Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Todas as análises foram feitas conforme metodologia prescrita pela Embrapa (2009) e as interpretações dos resultados foram feitas baseados nos valores de referência de Tomé Jr. (1997). Com relação a análise física, foi determinado a densidade do solo ( $D_s$ ), na qual foi obtida por meio de amostras indeformadas, conforme metodologia prescrita por Santos et al. (2013).

### **Análise estatística**

A análise estatística foi realizada através do teste não-paramétrico de Wilcoxon ( $P < 0,05$ ), considerando a média aritmética dos valores dos teores dos nutrientes obtidos das repetições das amostras de solo nas duas profundidades.

Neste caso, quando duas amostras de solo ( $X_i$  e  $Y_i$ ) são comparadas e ambas apresentam a mesma similaridade ( $X_i = X_i$ ) em suas propriedades químicas, tem-se a hipótese de nulidade ( $H_0$ ). Já quando duas amostras de solo ( $X_i$  e  $Y_i$ ) são comparadas e ambas apresentam diferentes similaridade ( $X_i \neq X_i$ ) em suas propriedades químicas, tem-se a hipótese alternativa ( $H_a$ ), caracterizando assim que as duas amostras de solo avaliadas são mutuamente independentes.

Uma vez que os resultados obtidos para o teste t de Wilcoxon em relação aos valores mínimo e máximo obtidos dos parâmetros avaliados não estiverem dentro do intervalo de tabulação dos graus de liberdade, a hipótese de nulidade ( $H_0$ ) é

rejeitada e, conseqüentemente, a hipótese alternativa ( $H_a$ ) é aceita, a uma margem de 0,05% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise física

O presente estudo mostra que a Ds das áreas A, B, C e D da voçoroca, apresentaram-se com médias de 1,20 g cm<sup>3</sup>, 1,37 g cm<sup>3</sup>, 1,34 g cm<sup>3</sup> e 1,30 g cm<sup>3</sup>, respectivamente.

A área A apresentou-se com menor valor de densidade (1,20 g cm<sup>3</sup>) em comparação as outras áreas. Pressupõe-se que esse menor valor de densidade é devido essa parte da voçoroca encontrar-se isolada e já bem próxima a área que ocorre a regeneração natural (D), sendo constituída essencialmente por grande presença de pastagem bem adensada, caracterizando-se assim com maior acúmulo de MO. Santos e Salcedo (2010) e Brady e Weil (2013), relatam que a MO quando presente em maiores quantidades, a mesma influencia e promove significativamente a manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente em seus horizontes mais superficiais, auxiliando no processo de reversão e melhoria do estado de compactação do mesmo.

As áreas B e C foram as que apresentaram maiores valores de densidade, sendo 1,37 g cm<sup>3</sup> e 1,34 g cm<sup>3</sup>, respectivamente. Isso deve-se ao fato dessas áreas apresentarem-se com um solo mais degradado e com pouca presença de vegetação, visto que anteriormente todo o terreno correspondente a voçoroca era constantemente utilizada pelo gado, tendo tido justamente um tráfego maior do rebanho nesses dois ambientes em períodos anteriores. Segundo estudos de Guareschi et al. (2014) em solos com pastagens na região do Médio Vale da Paraíba do Sul, no município de Pinheiros, os maiores valores de densidade encontrados nessas áreas foram resultantes do pisoteio de animais, bem como também de outras modalidades de pressão que promoveram a compactação do solo, sendo que os valores de densidade obtidos pelos autores nesse estudo variaram entre 1,41 a 1,67 g cm<sup>3</sup>.

Em estudos realizados por Santos et al. (2010), avaliando o solo com pastagem degradada no município de Areia, na microrregião do Brejo Paraibano, obtiveram os valores de densidade variando entre 1,34 e 1,41 g cm<sup>3</sup>. Em seus estudos, os mesmos também atribuem o aumento da Ds ao uso permanente de animais nas áreas de pastejo, afirmando ainda que quanto mais elevado for a densidade, maior será sua compactação, o que ocasionará maior restrição para o crescimento e desenvolvimento das plantas. De acordo com parâmetros propostos por Brady e Weil (2013), a Ds com características arenosas varia entre 1,25 a 1,75 g cm<sup>3</sup>, relatando que em tal amplitude os teores de MO geralmente são baixos.

A área D apresentou valor de densidade de 1,30 g cm<sup>3</sup>, assemelhando-se ao valor de densidade da área A de 1,20 g cm<sup>3</sup>, também em virtude do maior aporte de MO. Porém, mesmo tendo um aspecto de vegetação de capoeira em desenvolvimento, diferente da área A que se apresenta com grande presença de formação de pastagens, a área D ainda se apresenta com um solo de aspecto degradado em muitos espaços no interior da mesma. Considerando que o isolamento da voçoroca ocorreu apenas há oito anos, pressupõe-se que o tempo ainda não foi suficiente para reestabelecer a melhoria da qualidade estrutural do solo na área D (capoeira).

A densidade do solo (Ds) reflete o arranjo das partículas que, por sua vez, define as características do sistema poroso. Assim, maiores densidades do solo refletem menores valores para porosidade total (LISBOA; MIRANDA, 2014). De modo geral, os valores obtidos neste estudo de caso para densidade são considerados críticos. De acordo com pesquisas de Alves et al. (2015), valores de densidade do solo próximos a 1,40 g cm<sup>-3</sup> limitam o desenvolvimento radicular da vegetação, visto que, em seus estudos realizados em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo de pastagens no município de Campestre, Goiás, os pesquisadores obtiveram valores de densidade variando entre 1,22 g cm<sup>-3</sup> a 1,42 g cm<sup>-3</sup>. Todos esses valores supracitados são semelhantes aos obtidos neste estudo de caso em Brasil Novo, quando relacionados a pastagem em ambientes com incidência de voçoroca. Assim, uma forma de minimizar os valores de densidade é a utilização de vegetação que possa incorporar material orgânico.

### Análise química

Os resultados obtidos para as variáveis avaliadas nesta pesquisa estão descritos na Tabela 1. Na Tabela 2, constam as interpretações destes resultados baseados de acordo com os valores de referência de Tomé Jr. (1997).

**TABELA 1** Teores médios dos atributos químicos de solo em diferentes áreas de uma voçoroca localizada em propriedade rural no município de Brasil Novo - PA.

Área	Prof. cm	MO g kg <sup>-1</sup>	V% %	pH H <sub>2</sub> O	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al %	m% %	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	SB	CTC
A	0-20	1,35	15,2	4,95	0,55	2,85	52,5	1,5	0,035	0,35	0,1	0,55	3,4
	20-40	0,85	13,8	4,85	0,65	2,8	60,5	1,5	0,02	0,3	0,1	0,45	3,25
B	0-20	1,15	12,2	4,6	0,95	3,2	69	1	0,025	0,3	0,1	0,4	3,6
	20-40	0,7	14,3	4,65	0,9	2,65	68	1	0,02	0,3	0,1	0,4	3,05
C	0-20	0,65	22,2	4,85	0,7	1,55	62,5	1	0,025	0,3	0,1	0,45	2
	20-40	0,75	19,3	4,85	0,65	1,85	61	1	0,02	0,3	0,1	0,4	2,25
D	0-20	1,05	11,1	4,65	0,85	3,55	66	1	0,025	0,3	0,1	0,45	4
	20-40	0,95	12,4	4,75	0,8	3,05	65,5	1,5	0,02	0,3	0,1	0,4	3,45

A= área alta; B = área média; C = área baixa; D = área com regeneração natural.

**TABELA 2** Interpretação dos resultados da análise dos atributos químicos de solo baseado a partir dos valores de referência de Tomé Jr. (1997).

Área	Prof. cm	MO g kg <sup>-1</sup>	V% %	pH H <sub>2</sub> O	Al <sup>3+</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al %	m% %	P mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	SB	CTC
A	0-20	B	B	E	M	M	A	B	B	B	B	B	B
	20-40	B	B	E	M	M	E	B	B	B	B	B	B
B	0-20	B	B	E	M	M	E	B	B	B	B	B	B
	20-40	B	B	E	M	M	E	B	B	B	B	B	B
C	0-20	B	B	E	M	B	E	B	B	B	B	B	B
	20-40	B	B	E	M	B	E	B	B	B	B	B	B
D	0-20	B	B	E	M	M	E	B	B	B	B	B	B
	20-40	B	B	E	M	M	E	B	B	B	B	B	B

B = baixo; M = médio; A = alto; E = elevado.

Em todas as áreas, a MO apresentou-se com teores considerados baixos, variando entre 0,65 e 1,35 g kg<sup>-1</sup>. Destaque para a área A na profundidade de 0 a 20 cm, que apresentou a maior quantidade de MO em relação as demais áreas com 1,35 g kg<sup>-1</sup>. Vale ressaltar que na área A da voçoroca ocorre uma maior presença de pastagens, o que pode estar proporcionando um acúmulo maior de MO, podendo ser um indicador deste resultado. De acordo com Santos et al. (2010), em áreas com pastagens os teores de MO mostraram-se superiores apenas na camada mais

superficial do solo, conferindo uma melhor distribuição da MO nesse perfil e resultando num solo com melhor estrutura e capacidade na retenção de água e nutrientes. Já segundo Pinheiro et al. (2004), em áreas com pastagens ocorre um aumento considerável dos teores de MO devido à grande quantidade de palhada adicionada ao solo, oriundo das gramíneas, corroborando assim com os estudos de Salton e Tomazi (2014), onde os autores afirmam que o acúmulo de MO é um dos principais benefícios das gramíneas para o solo.

O V% indica se o solo é eutrófico (fértil) ou distrófico (não fértil), podendo-se afirmar que o solo é considerado eutrófico quando o V% for maior que 50%, e distrófico quando o seu V% for menor que 50%. Os valores do V% das áreas avaliadas variaram entre 11,1% e 22,2%, ou seja, bem abaixo do valor recomendado, caracterizando-se assim como um solo distrófico, com baixíssimo potencial de fertilidade.

O pH apresentou-se com acidez elevada em todas as áreas, variando entre 4,60 e 4,95. Valores semelhantes também foram encontrados no estudo de Oliveira et al. (2017) em solos do município de São Domingos do Araguaia, Pará, onde foram obtidos os teores de pH de 4,8 em área de capoeira, e 5,1 em área com pastagem. Isso significa que as amostras de solo das áreas avaliadas sob influência da voçoroca caracterizam-se como um solo extremamente pobre, em que o seu potencial nutricional está bastante reduzido.

Quando o valor do teor de  $Al^{3+}$  estiver maior que  $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e o valor de m% for maior que 50%, o solo é considerado álico, sendo o que acontece neste estudo, onde os teores de  $Al^{3+}$  apresentaram-se com valores médios em todas as áreas, variando entre 0,55 e  $0,95 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Da mesma forma, os teores de  $H+Al^{3+}$  também se apresentaram com valores médios em três áreas da voçoroca (A, B e D), sendo que apenas a área C apresentou teores considerados baixos com  $1,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $1,85 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, respectivamente. Já os valores de m% também assemelharam-se apresentando teores elevados em todas as áreas, variando entre 60,5% e 69%. Apenas a profundidade mais superficial (0-20 cm) da área A apresentou-se com um teor menor em relação as demais áreas, porém ainda considerado alto, sendo equivalente a 52,5%. Neste caso, este fator pode estar comprometendo o desenvolvimento radicular das plantas em profundidade, corroborando com os estudos de Moreira et al. (2013), no qual ressaltam que a acidez do solo provocado pelos altos níveis dos teores de  $Al^{3+}$  acaba comprometendo o desenvolvimento das raízes, diminuindo a capacidade das plantas em absorver água e nutrientes do solo e bloqueia a absorção de macronutrientes, tais como o P, o  $Ca^{2+}$  e o  $Mg^{2+}$ .

Todos os macronutrientes (P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) e a SB apresentaram-se com valores baixos em todas as profundidades das quatro áreas da voçoroca. O P e o  $K^+$  são característicos principalmente para ajudar na produção, sendo que o menor valor satisfatório de P deve estar em cerca de  $5 \text{ mg dm}^{-3}$ . Os teores de P encontrados nas amostras avaliadas apresentaram-se com níveis inferiores, variando entre 1 e  $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$ , sendo um fator preponderante nessa análise quando relacionado ao nível de potencial produtivo da área. Valor semelhante de P também foi encontrado nos estudos supracitados de Oliveira et al. (2017) em solos de capoeira e pastagens do município de São Domingos do Araguaia, no Pará, apresentando-se com o teor de  $2 \text{ mg dm}^{-3}$  em ambos os ambientes, sendo considerado um teor baixo. Da mesma forma, estudos de Silva Júnior et al. (2012) em solos do município de Concórdia, localizado ao norte do Estado do Pará, apresentaram valores de teor de P variando entre 1 e  $1,8 \text{ mg dm}^{-3}$ , também em

áreas de pastagens e capoeira em 02 (duas) profundidades (0 a 10 cm e 10 a 20 cm). Assim, o baixo teor de P encontrado nesta pesquisa, pode estar relacionado ao pH que se apresentou bastante elevado em todas as áreas avaliadas, visto que a disponibilidade do próprio P diminui com a acidez devido a sua faixa de absorção requerida pelas culturas.

Além disso, segundo estudos de Centeno et al. (2017), em geral, teores de P e MO apresentam-se com níveis baixos em solos com características arenosas, ressaltando ainda que este nutriente é facilmente lixiviado em solos que apresentam essa textura. Assim, considerando essas afirmativas, pressupõe-se que os baixos teores obtidos de P nas quatro unidades amostrais da voçoroca deve-se ao solo com essa característica física (arenosa), no qual sofre um processo de lixiviação de seus nutrientes fortemente influenciados pela própria declividade do terreno, corroborando com estudos de Mantovanelli et al. (2016), ratificam que em decorrência das elevadas taxas de lixiviação, os solos amazônicos são altamente intemperizados, caracterizando-se por apresentar acidez elevada, alta saturação por alumínio e baixa concentração de nutrientes.

O mesmo ocorreu com os outros nutrientes que compõem a SB, que se apresentaram com índices inferiores ao ideal, tais como o  $K^+$ , variando entre 0,02 a 0,035  $cmol_c\ dm^{-3}$ , o  $Ca^{2+}$ , com 0,03 a 0,035  $cmol_c\ dm^{-3}$  e o  $Mg^{2+}$  com 0,01  $cmol_c\ dm^{-3}$ . Observa-se na Tabela 1 que todas as áreas também apresentaram valores de SB abaixo do ideal, neste caso variando de 0,4 a 0,55  $cmol_c\ dm^{-3}$ , significando que as cargas dos solos coletados das áreas avaliadas não estão sendo ocupadas por esses elementos, sendo provavelmente ocupados por  $Al^{3+}$  e por  $H^+$ . De maneira semelhante, em estudos de Melo et al. (2016) na avaliação de solos de pastagens com elevada concentração de alumínio  $Al^{3+}$  no município de Marabá, no Pará, foram obtidos os valores de 0,4 e 0,1  $cmol_c\ dm^{-3}$  para  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , respectivamente. De acordo com Moreira et al. (2013), a maior parte dos solos de regiões tropicais apresentam-se de forma ácida, com baixos teores de macronutrientes ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ ) e altos teores de  $Al^{3+}$  e  $H^+$ , sendo a acidez um dos fatores mais limitantes para o uso desses solos. Esses resultados podem também estar relacionados a baixa concentração de MO encontrada na localidade, sendo um aspecto que possivelmente possa estar afetando de maneira considerável o processo de ciclagem de nutrientes, visto que, de acordo com estudos de Costa et al. (2013), o aumento dos teores de MO tem relação direta com o aumento na eficiência de utilização dos nutrientes.

A CTC apresentou-se com teores bem abaixo do ideal que é de 10  $cmol_c\ dm^{-3}$  em todas as áreas avaliadas, sendo que a área D foi a que apresentou os maiores valores, com 4  $cmol_c\ dm^{-3}$  na profundidade de 0-20 cm e 3,45  $cmol_c\ dm^{-3}$  na profundidade de 20-40 cm, assemelhando-se a área A que apresentou níveis de CTC parecidos. Em comparação as demais áreas estudadas, isso pode ser explicado pela maior variabilidade de vegetação encontrada nesta área, fornecendo uma boa disponibilidade de MO. Segundo estudos de Brady e Weil (2013), a MO do solo é responsável por grande parte da capacidade de troca de cátions e de retenção de água, constituído ainda de importantes nutrientes para a planta e servindo como fonte de liberação lenta destes nutrientes.

### **Análise estatística**

Na Tabela 3, constam os resultados do teste de Wilcoxon ( $P < 0,05$ ), que apresenta as comparações das amostras de solo entre as áreas A, B, C e D da



voçoroca, nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, e a comparação dentro de cada tratamento considerando as referidas profundidades.

**TABELA 3** Comparação dos atributos químicos das amostras de solo entre as unidades amostrais da voçoroca por meio da aplicação do teste t de Wilcoxon ( $P < 0,05$ ).

Profundidade (cm)	Áreas comparadas	Amplitude mínima	Amplitude máxima	Quantidade nutrientes	Tabulação	Resultado
0-20	A x B	20	71	13	17  ---- 74	= Aceita $H_0$
	A x C	15	76	13	17  ---- 74	≠ Rejeita $H_0$
	A x D	26	65	13	17  ---- 74	= Aceita $H_0$
	B x C	20	25	09	05  ---- 40	= Aceita $H_0$
	B x D	18	37	10	08  ---- 47	= Aceita $H_0$
	C x D	22	23	09	05  ---- 40	= Aceita $H_0$
20-40	A x B	16	50	11	10  ---- 56	= Aceita $H_0$
	A x C	9	36	09	05  ---- 40	= Aceita $H_0$
	A x D	24	31	10	08  ---- 47	= Aceita $H_0$
	B x C	20	25	09	05  ---- 40	= Aceita $H_0$
	B x D	9	36	09	05  ---- 40	= Aceita $H_0$
	C x D	20	22	09	05  ---- 40	= Aceita $H_0$
0-20 x 20-40	A x A	18	27	11	10  ---- 56	= Aceita $H_0$
	B x B	22	23	09	05  ---- 40	= Aceita $H_0$
	C x C	21	34	10	08  ---- 47	= Aceita $H_0$
	D x D	39	39	13	17  ---- 74	= Aceita $H_0$

A= área alta; B = área média; C = área baixa; D = área com regeneração natural.

Na análise estatística, quando avaliadas as camadas superficiais do solo (0-20 cm) nas quatro áreas estudadas, ocorreu diferença significativa nos atributos químicos apenas na comparação da área A com a área C, visto que o valor mínimo (15) e máximo (76) obtidos nesta análise estão fora do intervalo de tabulação ( $\Sigma R - 17$  |---- 74  $\Sigma R +$ ), rejeitando-se  $H_0$ . Essa diferença pode ser explicada em virtude da área C apresentar-se com maior concentração de  $Al^{3+}$  em relação a área A, promovendo assim o aumento do teor do m%. Pressupõe-se que o motivo do maior acúmulo deste elemento ( $Al^{3+}$ ) se dá pelo processo de enxurrada, ou seja, pela lixiviação dos nutrientes do perfil do solo da área A para a área C em função do deflúvio superficial da água das chuvas facilitado pela própria topografia e declividade do terreno. Além disso, na área A ocorre uma grande presença de pastagem (matéria orgânica) e na área C há pouca presença de vegetação. Por isso as áreas localizadas abaixo da área A (áreas B, C e D) apresentam-se com um solo mais álico, em função da maior presença de  $Al^{3+}$  e elevado m%.

Não houve diferença significativa na comparação entre todas as áreas na profundidade de 20 a 40 cm, aceitando-se assim a hipótese de nulidade ( $H_0$ ), visto que todos os demais valores de amplitude mínima e máxima obtidos nas comparações entre todas as áreas avaliadas nessa profundidade, ficaram fora dos seus respectivos intervalos de tabulação. O mesmo também ocorreu quando comparados os atributos químicos do solo entre as profundidades de cada unidade amostral, não apresentando diferença significativa, resultando assim na rejeição da hipótese alternativa ( $H_a$ ) e aceitando ( $H_0$ ).

Num contexto geral, nessa pesquisa, observou-se que o nível de degradação é alto em todas as áreas avaliadas em torno da voçoroca estudada, constatando-se que não existe um menor ou maior agravante, pois a mesma apresenta características de degradação semelhantes em praticamente toda a sua extensão, mesmo onde há a presença de pastagens ou onde está surgindo a regeneração

natural. Quando se observam as comparações da área A com as áreas B e D, as mesmas não apresentam diferenças. Isso demonstra que a fertilidade ainda não variou ao longo de toda a área da voçoroca, o que explica a ausência de diferença estatística.

Em todo caso, a única diferença estatística apresentada entre a área A e a área C, ainda assim, não é tão discrepante, pois os nutrientes apresentados estão quase na mesma faixa de valor, pressupondo-se de modo geral que essa pequena diferença indica um início de um processo que futuramente pode proporcionar possíveis alterações significativas em novas análises. Se for pensar em fertilidade em médio ou a longo prazo, as áreas que possuem presença de pastagens têm tendência a melhorar quando comparadas com as áreas B e C.

Assim, fazem-se necessárias intervenções antrópicas imediatas que garantam e agilizem o processo de recuperação de melhoria da qualidade do solo na localidade, visto que, segundo Dias-Filho (2015), em áreas com presença de pastagens sob relevo declivoso ou onde o solo se apresenta com características arenosas, os cuidados com o manejo da fertilidade do solo devem ser ampliados, em virtude principalmente da maior suscetibilidade desses locais a perdas de nutrientes ocasionados por processos erosivos e de lixiviação.

### CONCLUSÕES

O estudo permite concluir que o isolamento da área proporcionou o favorecimento da regeneração natural em alguns pontos da voçoroca; o maior aporte de matéria orgânica ocorreu na área A; e houve diferença estatística apenas na comparação da área A para a área C nos quesitos nutrientes, alumínio e matéria orgânica.

Deste modo, recomenda-se o controle da erosão na localidade adotando-se práticas de manejo adequadas para restabelecer a estrutura do solo, possibilitando assim a revegetação.

### REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. N. B. Impactos ambientais e agentes/fatores controladores de voçorocas urbanas na cidade de Eunápolis (Bahia). **Revista Eletrônica Multidisciplinar Pindorama**, IFBA, n. 2, ano 03, jul. 2012.

ALVES, A. R.; NASCIMENTO, P. S. O.; LIMA, W. G.; VIANA, S. S.; RIBON, A. A. Influência do manejo na densidade relativa de um Latossolo Amarelo sob diferentes usos e manejo de pastagens e mata nativa. In: **II Congresso de ensino, pesquisa e extensão da UEG**, 2015, Pirenópolis. Anais. Pirenópolis: UEG, 2015.

BATISTA, W. J; GASPAR JÚNIOR, L. Análise comparativa entre as voçorocas da Serra da Fortaleza em Campos Gerais, no sul de Minas Gerais, **Anais da 4.ª Jornada Científica da Geografia**, Alfenas: UNIFAL-MG, 2016.

BERTONI, J.; NETO, L. F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014, 355 p.

BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, 686p.

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M. D. F.; CECCONELLO, S. T.; SOUSA, R. O. D.; TIMM, L. C. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 31-37, jun. 2017.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1842, 2013.

DANIEL, E.; VIEIRA, B. C. A evolução das feições erosivas da bacia do córrego Espreado, São Pedro (SP). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 339-358, 2015.

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARAES, M. F.; MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015.

DIAS-FILHO, M. B.; **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. ver., atual. e ampl. Belém: Edição do Autor, 2015, 215 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979, 83p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. Ed. revista ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 627p.

FERREIRA, A. R.; GREVE, J. Processo erosivo em estágio avançado no município de Mirassol D'Oeste, Pantanal Matogrossense. **Ciência Geográfica**, Baurú, v. XXI, p. 127-140, 2017.

FILHO, F. A. M. C.; BELTRÃO, A. S. S.; MORALES, G. P.; RIBEIRO, H. M. C.; VERA, M. A. P. Análise de suscetibilidade erosiva no município de Barcarena – PA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 22, p. 107, 2015.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar**, 2017.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E.G.; ANJOS, L. H. C.; CORREIA, M. E. F. (2014) Atributos químicos e físicos do solo sob pastagem e estádios sucessionais de floresta estacional. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 113, p. 47-56, 2014.

LISBÔA, F. M.; MIRANDA, P. B. Análise de atributos físicos e químicos de solo submetido a diferentes manejos no sudeste paraense. **Agroecossistemas**. v. 6, n. 1, p. 1-9, 2014.

MANCIO, D.; SÁ MENDONÇA, E.; CARDOSO, I. M.; MUGGLER, C. C. Construção do conhecimento em solos no assentamento Olga Benário: O problema das voçorocas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 121-134, 2013.

MANTOVANELLI, B. C.; CAMPOS, M. C. C.; ALHO, L. C.; FRANCISCON, U.; NASCIMENTO, M. F.; SANTOS, L. A. C. Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, p. 01-09, 2016.

MELLO, A. H.; OLIVEIRA, G. F.; SBRUZZI, E. K.; MUMBACH, G. L.; BONFADA, E. B. Caracterização química, física e morfológica de solos sob diferentes sistemas de cultivo em assentamento da reforma agrária. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13 n. 23, p.276-288, 2016.

MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2013, 352 p.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, A. N.; SILVA, K. R.; SILVA, L. J. A.; MELLO, A. H. Atributos químicos de solo sob diferentes sistemas de uso e manejo no Projeto de Assentamento Veneza - São Domingos do Araguaia, PA. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 170-179, 2017.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, I. H. C.; MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 731-737, 2004.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados, MS, Embrapa Agropecuária Oeste, 2014, 6p. (Comunicado Técnico 198).

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H. Relevô e fertilidade do solo em diferentes estratos da cobertura vegetal na bacia hidrográfica da represa Vaca Brava, Areia, PB. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 2, p. 277-285, 2010.

SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de Áreas sob Pastejo na Micro Região do Brejo Paraibano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 2, p. 2486-2492, dez. 2010.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. revista e ampliada, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013, 100 p.

SEMA – Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Plano Municipal de Meio Ambiente – PMMA**. Brasil Novo, março de 2013, 63 p.

SILVA JÚNIOR, C. A.; BOECHAT, C. L.; CARVALHO, L. A. Atributos químicos do solo sob conversão de floresta amazônica para diferentes sistemas na região norte do Pará, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 566-572, 2012.

SILVA, P. L., ANDRADE, L. N. P. S.; LEANDRO, G. R. S.; SOUZA, C. A. Evolução dos processos erosivos e aspectos granulométricos em um sistema de voçoroca no Distrito de Vila Aparecida, município de Cáceres - Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 627-640, 2017.

SOUZA, T. T. C.; ARAÚJO, R. C.; VITAL, A. F. M. Análise do Tema Solos nos Livros Didáticos: um estudo de caso. **Revista Comunicação e Educação Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 20-42, 2016.

TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba, Agropecuária, 1997, 247 p.