








## Efeito da degradação sobre os atributos do solo em ecossistemas de veredas no cerrado de Minas Gerais

Gracielle de Brito Sales<sup>1</sup>, Leidivan Almeida Frazão<sup>1</sup>, Luiz Arnaldo Fernandes<sup>1</sup>, Jéssica Costa de Oliveira<sup>1</sup>,  
Maria das Dores Magalhães Veloso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Avenida Universitária, 1000 – Universitário, CEP 39404-547, Montes Claros, MG, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Montes Claros, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biologia, Avenida Dr. Ruy Braga, S/N - Vila Mauriceia, CEP 39401-089, Montes Claros, MG, Brasil

### \*Autor correspondente:

[jessica.costaoliveira@yahoo.com.br](mailto:jessica.costaoliveira@yahoo.com.br)

### Termos para indexação:

Densidade do solo  
Fertilidade do solo  
Degradação

### Index terms:

Soil density  
Soil fertility  
Degradation

### Histórico do artigo:

Recebido em 04/05/2021  
Aprovado em 18/03/2022  
Publicado em 09/03/2023

**Resumo** - O objetivo deste estudo foi caracterizar os solos de ecossistemas de veredas e de seus respectivos cerrados de entorno, em diferentes estágios de degradação. Foram selecionadas três veredas (Água Doce, Capivara e Buriti Grosso) e seus respectivos cerrados do entorno. As amostragens de solo foram realizadas nas camadas de 0–10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-75 e 75-100 cm de profundidade, para avaliação dos atributos químicos, granulometria, densidade aparente e estoque de nutrientes do solo. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Os solos dos dois ambientes foram classificados como arenosos e com elevada densidade aparente (1,40 a 1,65 g cm<sup>-3</sup>). O pH na vereda preservada foi maior em relação às áreas antropizadas, sendo que em ambas as áreas o pH apresentou caráter ácido, com soma de bases, Al e capacidade de troca de cátions potencial (CTC) muito baixos. Os estoques de nutrientes foram semelhantes entre as áreas e mais elevados nos ambientes de cerrados. O potássio foi o elemento que apresentou maior variação, com maiores valores nas áreas com degradação. Conclui-se que as intervenções antrópicas, nos ambientes estudados, causaram alterações nos atributos do solo.

## Soil attributes in Brazilian palm swamps ecosystems in the Cerrado of Minas Gerais state

**Abstract** - The aim of this study was to characterize the soils of veredas (Brazilian palm swamps) ecosystems and their surrounding savannas, in different stages of degradation. Three veredas (Água Doce, Capivara and Buriti Grosso) and their respective surrounding cerrados (savannas) were selected. Soil sampling was performed in the layers 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-75 and 75-100 cm to assess chemical attributes, granulometry, bulk density and stocks of soil nutrients. The data were subjected to analysis of variance and compared by Tukey test ( $p < 0.05$ ). The soils in both environments were classified as sandy presenting high apparent density (1.40 to 1.65 g cm<sup>-3</sup>). The pH in the preserved vereda was higher in relation to the anthropized areas. In both areas the pH was acidic, with very low sum of bases, Al and potential cation exchange capacity (CTC). Nutrient stocks were similar between areas and higher in savanna environments. Potassium showed the greatest variation, with higher values in areas with degradation. We concluded that anthropic interventions in the studied environments influenced soil attributes.



## Introdução

As intervenções antrópicas nos ecossistemas naturais provocam não só alterações na biodiversidade, mas também degradação significativa nas propriedades do solo, sobretudo em seus atributos físicos e químicos (Yardam et al., 2017). Essas ações têm provocado prejuízos irreparáveis ao solo, à fauna, à flora e aos recursos hídricos. Portanto, o monitoramento do uso e o manejo do solo para manutenção de sua qualidade torna-se imprescindível, visando a redução dos impactos ambientais.

Segundo Freitas & Maciente (2016), a expansão da fronteira agrícola nas últimas décadas no bioma do Cerrado promoveu diversas mudanças no uso do solo e, conseqüentemente, atingiu seus ecossistemas mais frágeis. Assim, muitos ecossistemas desse bioma, que se localizam em áreas mais suscetíveis às alterações do solo, têm perdido muitas das suas características originais. Dentre esses casos, estão as veredas e as margens de cursos d'água, as quais têm a sua vegetação original (nativa) suprimida e substituída por atividades agropecuárias, principalmente para implantação de pastagens e cultivos agrícolas.

As veredas são ecossistemas de grande importância para o bioma Cerrado, pois além da elevada biodiversidade, especialmente do componente herbáceo-graminoso, em muitos casos são responsáveis pela perenização dos cursos de água, visto que atuam como bacias coletoras (Aguiar & Camargo, 2004; Ramos et al., 2006).

A mudança da vegetação natural para sistema de exploração agropecuária, com o manejo inadequado, provoca alterações profundas nos atributos do solo, como redução expressiva dos estoques de matéria orgânica do solo (MOS) e a perda da fertilidade natural (Lourentee et al., 2011). Além disso, as alterações na dinâmica da matéria orgânica afetam diretamente a temperatura, a umidade e a diversidade de microrganismos do solo, que são responsáveis pelo processo de ciclagem de nutrientes – processo essencial para a manutenção dos ecossistemas naturais (Rasche & Cadish, 2013).

No caso dos ecossistemas de veredas, os impactos ambientais que promovem modificações das propriedades do solo e das suas funções ecológicas são provenientes não somente da utilização direta dessas áreas, mas também do uso das terras adjacentes (Burbridge, 1994; Houlahan et al., 2006). Essas alterações afetam, sobretudo, a MOS e podem promover a descaracterização

do ambiente, com perdas consideradas irreversíveis. Essas alterações da MOS afetam a disponibilidade de nutrientes e o crescimento das plantas, provocando a supressão de diversas espécies.

Nesse sentido, o nível de alteração na qualidade do solo pode ser avaliado pela determinação do estado atual de atributos em comparação com o solo em seu estado natural, sem interferência antrópica. Para isso, empregam-se indicadores físico-químicos de utilização abrangente, como fertilidade, textura e estrutura (Niero et al., 2010). Estudos dessa natureza são importantes, pois podem fornecer um conjunto de informações relevantes, com potencial para o monitoramento e avaliação da qualidade do solo, visando estratégias adequadas para seu manejo e para recuperação de áreas degradadas (Silva et al., 2015).

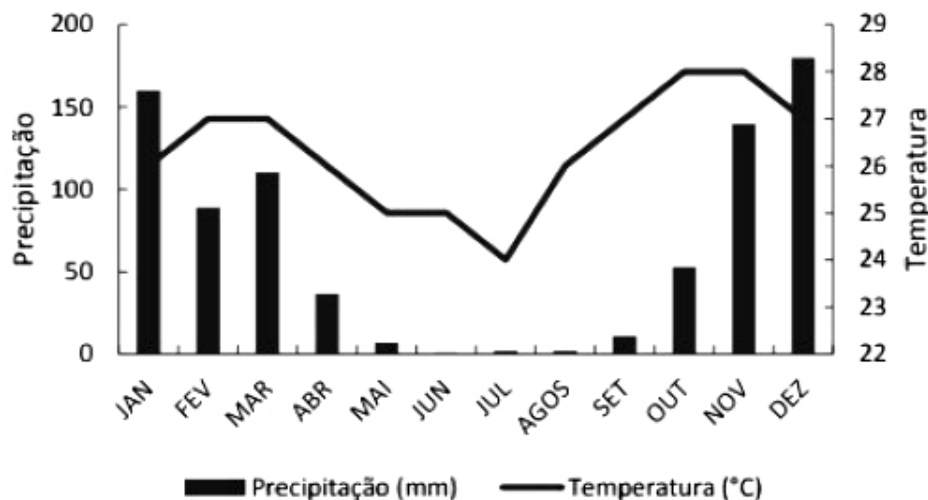
Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar e realizar a caracterização textural, química e densidade dos solos de ecossistemas de veredas e de seus respectivos cerrados de entorno, com diferentes estágios de degradação, no Cerrado de Minas Gerais.

## Material e métodos

As áreas do estudo estão localizadas no bioma Cerrado, na área de preservação ambiental (APA) do Rio Pandeiros, situada nos municípios de Bonito de Minas e Januária, mesorregião Norte do Estado de Minas Gerais. As veredas avaliadas são denominadas de Água Doce (15°20'03.1" S, 44°51'00.0" W), Capivara (15°16'10.23" S, 44°51'13.6" W) e Buriti Grosso (15°26'26.6" S, 45°3'55" W) (Sales et al., 2020).

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é tropical semiárido (Bs), com marcante estacionalidade no regime de precipitação (Figura 1), com precipitação e temperatura semelhante nas três áreas de estudo. As chuvas são concentradas predominantemente entre os meses de outubro a abril, caracterizando a estação chuvosa (primavera e verão) e a seca (outono e inverno) (Baêta Junior, 2001).

As veredas estudadas possuem borda, meio e fundo. De acordo com a topografia, são classificadas como aplainadas, ou seja, existe gradiente com aproximadamente 5% de declividade entre o Cerrado do entorno e o fundo da vereda. As áreas de borda das veredas são aquelas exploradas com uso antrópico, e o comprimento de rampa é de aproximadamente 100 m entre os limites do Cerrado de entorno e do meio das veredas.



**Figura 1.** Médias mensais históricas de precipitação (mm) e temperatura (°C) da região de Januária e Bonito de Minas, no período de 1985 a 2015, na área de preservação ambiental do Rio Pandeiros.

**Figure 1.** Historical monthly averages of precipitation (mm) and temperature (°C) of the Januária and Bonito de Minas region, from 1985 to 2015, at the environment preservation area of Rio Pandeiros, Minas Gerais State, Brazil.

Fonte: Inmet (2015).

A vereda Água Doce encontra-se conservada, embora tenha sido relatada a ocorrência de queimadas naturais, sobretudo no cerrado de entorno. Todo o ambiente da vereda encontra-se preservado, com presença de espécies típicas desses ambientes, como as palmeiras buriti (*Mauritia flexuosa*) e o xiriri (*Mauritiella armata*), e com as zonas de formação dos solos hidromórficos bem definidas. O cerrado do entorno da vereda também encontra-se preservado.

A vereda Capivara passou por intervenções antrópicas que acarretaram impactos considerados irreversíveis, como o assoreamento das partes mais baixas, ou seja, meio e fundo da vereda. As ações antrópicas são provenientes da pecuária extensiva, das queimadas anuais e do desmatamento do cerrado de entorno, que contribuíram para a descaracterização do ambiente. Devido ao assoreamento das partes baixas, os solos próximos à calha da vereda apresentam variações de cor ao longo do perfil avaliado.

A vereda Buriti Grosso encontra-se inserida em reservas particulares de patrimônio natural (RPPNs). Entretanto, apresenta um amplo histórico de intervenções antrópicas para exploração agrícola, desde a década de 1960, como os grandes projetos de drenagem no passado e queimadas anuais. Além da prática de agricultura de subsistência, a plantação de arroz nos solos hidromórficos

e o plantio de eucalipto nas áreas de recarga também contribuíram para o intenso processo de degradação da área. O arroz inundado era cultivado nas bordas e meio das veredas, com lâmina de água natural que oscilaram ao longo do ano, de acordo com os períodos de chuva e estiagem. Atualmente, a área apresenta pastagem natural com presença de bovinos. Nessa área foi possível observar a mortalidade de indivíduos de palmeira buriti, que, segundo Boaventura (2007), é um indicativo dos fortes impactos ambientais.

A vegetação natural das áreas de entorno das três veredas foi classificada como Cerrado stricto sensu (Ribeiro & Walter, 1998). Os solos do fundo das veredas foram classificados como Organossolos. No meio e bordas foram encontradas variações entre Gleissolos Háplicos e Melânicos, enquanto que no cerrado do entorno das veredas o solo foi classificado como Neossolos Quartzarênico, para as três áreas (Santos et al., 2018).

#### *Delineamento experimental e amostragem do solo*

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado e os tratamentos consistiram de seis ambientes: três veredas e três cerrados de entorno, os quais se encontravam em diferentes estágios de degradação.

A amostragem de solo foi realizada nos seis ambientes; nas três bordas das veredas e nos três

respectivos cerrados de entorno. Para coleta de amostras, foram abertas cinco trincheiras em cada ambiente, com as dimensões 100 x 100 x 100 cm. Toda a amostragem de solo foi constituída de amostras simples e realizadas nas paredes das trincheiras nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-75 e 75-100 cm de profundidade, totalizando 210 amostras nos seis ambientes avaliados. Essas amostras foram encaminhadas para o laboratório, secas ao ar, homogeneizadas e passadas por peneiras com malha de 2 mm, para separação do material vegetal não decomposto.

Para densidade aparente do solo, foram coletadas amostras indeformadas, usando anel volumétrico de aço ou anel de Kopecky. As embalagens contendo as amostras indeformadas com umidade de campo foram secas em estufa a 105 °C e pesadas após 48 h. A densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) foi calculada considerando a razão entre a massa de solo (g) e o volume do anel ( $\text{cm}^3$ ).

#### *Determinação dos atributos do solo*

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG. A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta, tendo como princípio a Lei de Stokes sobre a sedimentação de partículas. Utilizou-se uma solução de hexametáfosfato de sódio tamponada com carbonato de sódio, para dispersão total das partículas, conforme metodologia da Embrapa (Claessen et al., 1997). As frações do solo determinadas foram: argila, silte, areia fina e areia grossa.

Para a determinação de atributos químicos do solo utilizou-se a metodologia proposta pela Embrapa (Claessen et al., 1997). O pH foi determinado em água, o Ca, o Mg e o Al foram extraídos com  $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ , o P e o K extraídos pelo Mehlich 1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ) e a acidez potencial (H+Al) determinada pelo método do acetato de cálcio. Os teores de P e S foram determinados por fotocolorimetria, o teor de K por fotometria de chama, e os teores de Ca, Mg e Al por espectrofotometria de absorção atômica.

A acidez potencial do solo foi determinada pelo método da Embrapa (Claessen et al., 1997). A capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V%) foram calculadas conforme Equação 1 e 2, respectivamente.

$$CTC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + (Na^+) + H^+ + Al^{3+} \quad (1)$$

$$V\% = (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + (Na^+)) \times 100/CTC \quad (2)$$

Em que: CTC = capacidade de troca catiônica e V% = saturação por bases.

O estoque de nutrientes (P, K, Ca e Mg, em  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) foi calculado conforme descrito na equação 3.

$$\text{Estoque } \mu = d \times \mu \times e \quad (3)$$

Onde: Estoque  $\mu$  = estoque de nutriente ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) do solo; d = densidade aparente do solo na camada amostrada ( $\text{g cm}^{-3}$ );  $\mu$  = teor de nutriente no solo (%); e = espessura da camada de solo amostrada (cm).

#### *Análise de dados*

Os resultados obtidos de todas as variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do Programa R, versão 3.2.1.

## **Resultados**

Os teores de areia das duas classes de solo para os seis ambientes foram  $\geq 90 \text{ g kg}^{-1}$  e os teores de argila  $\leq 5 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 1). Baseado na classificação do triângulo textural de Atterberg, os solos dos dois ambientes (veredas e cerrados do entorno) das três áreas são enquadrados como muito arenosos. Apenas na vereda da Capivara (CV) os teores de argila foram ligeiramente superiores, em comparação aos das demais áreas analisadas.

Adensidade do solo apresentou valor médio de  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  para as áreas estudadas. Nos cerrados de entorno das veredas os valores foram ligeiramente superiores, porém não diferiram entre as áreas avaliadas (Tabela 1).

A partir dos valores de Ca, Mg, K, Al e H+Al, a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions potencial (CTC) e a saturação por bases (V%) foram calculadas (Tabela 2).

Os atributos químicos do solo apresentaram semelhanças entre os Gleissolos das bordas das veredas e os Neossolos Quartzarênicos do cerrado no entorno.

Nas áreas das veredas Água Doce (AD), CV e Buriti Grosso (BG), em condições naturais, o solo apresentou baixa fertilidade, com teores elevados de acidez ativa, ou seja, baixos valores de pH em água, elevados valores de acidez potencial (H+Al) e baixos valores de SB, CTC e V% (Tabela 2). O pH não variou entre o ambiente de vereda e seu respectivo cerrado do entorno. Entretanto, foi possível observar que o pH no solo da vereda preservada (AD-V) foi superior ao das demais, apesar de não ter ocorrido diferença significativa. Menores valores de pH foram observados na profundidade de 0 - 10 cm.

A saturação por bases (V%) apresentou valores muito inferiores a 50% (Tabela 2). A capacidade de troca de cátions potencial (CTC) foi baixa em todas as áreas avaliadas, contudo observou-se um aumento nas áreas que foram utilizadas para fins agrícolas.

Os teores de P disponível também foram baixos em todas as áreas avaliadas (Tabela 3). Os teores dos macronutrientes P, K, Ca e Mg apresentaram poucas variações entre os dois tipos de solos nos ambientes avaliados em cada área.

**Tabela 1.** Frações granulométricas (areia, silte, argila) e densidade aparente do solo em ecossistemas de veredas no Cerrado de Minas Gerais.

**Table 1.** Granulometric fractions (sand, silt, clay) and soil density in Brazilian palm swamp ecosystems in the Cerrado of Minas Gerais State, Brazil.

| Profundidade (cm)                    | Ambientes avaliados |         |         |         |         |         |
|--------------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                      | AD-V                | AD-C    | CV-V    | CV-C    | BG-V    | BG-C    |
| <b>Areia (g kg<sup>-1</sup>)</b>     |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10                               | 93,0aA              | 92,0 aA | 90,0 bB | 92,0aA  | 92,0 aA | 92,0 aA |
| 10 - 20                              | 94,0aA              | 92,0aA  | 90,0 bA | 92,0aA  | 92,0 aA | 92,0 aA |
| 20 - 30                              | 93,6 aA             | 92,0aA  | 91,2 aB | 92,4 aA | 91,2 aB | 92,0 aA |
| 30 - 50                              | 94,0aA              | 92,0 aA | 91,0 aA | 89,0 bB | 90,8 bB | 92,0 aA |
| 50 - 75                              | 93,6 aA             | 92,0 aA | 92,4 aA | 92,0 aA | 91,2 aB | 92,0 aA |
| 75 - 100                             | 93,3 aA             | 92,0 aA | 92,4 aA | 92,0 aA | 91,2 aB | 92,0 aA |
| <b>Argila (g kg<sup>-1</sup>)</b>    |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10                               | 3,6 bB              | 5,20aA  | 6,0 aA  | 4,80aA  | 4,0 bB  | 4,80 aA |
| 10 - 20                              | 3,6 bB              | 4,80bB  | 6,0 aA  | 4,80 bA | 4,0 bB  | 4,80 bA |
| 20 - 30                              | 3,6 bB              | 4,80 bA | 5,2 aA  | 4,40 bA | 4,0 bB  | 5,20 aA |
| 30 - 50                              | 3,6 aB              | 4,80 bA | 5,2 aA  | 4,40 bA | 4,0 bA  | 5,20 aA |
| 50 - 75                              | 4,0 bB              | 4,80 bA | 4,0 bB  | 4,80 bA | 4,0 bB  | 4,40 bA |
| 75 - 100                             | 4,0 bB              | 4,80 bA | 4,0 bB  | 4,40 bA | 4,0 bB  | 4,40 bA |
| <b>Silte (g kg<sup>-1</sup>)</b>     |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10                               | 2,8 bA              | 2,80 bA | 4,0 aA  | 2,80 bB | 4,0 aA  | 3,20 bA |
| 10 - 20                              | 2,4 bA              | 3,20 bA | 4,0 aA  | 2,80 bB | 4,0 aA  | 3,20 bA |
| 20 - 30                              | 2,8 bA              | 3,20 bA | 3,6 aA  | 3,20 bA | 4,0 aA  | 3,60 aA |
| 30 - 50                              | 2,4 bA              | 3,20 bA | 3,6 aA  | 3,20 bA | 4,0 aA  | 4,00 aA |
| 50 - 75                              | 2,4 bA              | 3,20 bA | 3,6 aA  | 3,20 bA | 4,0 aA  | 4,40 aA |
| 75 - 100                             | 2,7 bA              | 3,20 bA | 3,6 aA  | 3,20 bA | 4,0 aA  | 4,40 aA |
| <b>Densidade (g cm<sup>-3</sup>)</b> |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10                               | 1,48bA              | 1,50 aA | 1,43 bA | 1,47 aB | 1,40 bA | 1,49 aA |
| 10 - 20                              | 1,48bA              | 1,50 aA | 1,43 bA | 1,48 aB | 1,40 bA | 1,49 bA |
| 20 - 30                              | 1,51aA              | 1,56 aA | 1,49 bA | 1,51 aA | 1,49 bA | 1,55 aA |
| 30 - 50                              | 1,54aA              | 1,56 aA | 1,50 bA | 1,53 aA | 1,55 aA | 1,56 aA |
| 50 - 75                              | 1,55aA              | 1,60 aA | 1,51 bA | 1,60 aA | 1,57 aA | 1,63 aA |
| 75 - 100                             | 1,57aA              | 1,62 aA | 1,53 aA | 1,58 aA | 1,60 aA | 1,65 aA |

Médias na linha seguidas de mesma letra maiúscula (comparando os ambientes de vereda e cerrado dentro da mesma área) e minúscula (comparando entre si os três ambientes de vereda e os três cerrados de entorno) não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p > 0,05$ ). AD = Água Doce; CV = Capivara; BG = Buriti Grosso; V = vereda; C = cerrado.

**Tabela 2.** Valores de pH, acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions potencial (T) e saturação por bases (V%) do solo em ecossistemas de veredas no Cerrado de Minas Gerais.

**Table 2.** Values of pH, potential acidity (H + Al), sum of bases (SB), potential cation exchange capacity (T) and base saturation (V%) in the soil under Brazilian palm swamp ecosystems in the Cerrado of Minas Gerais State, Brazil.

| Profundidade (cm)                                | Ambientes avaliados |         |         |         |         |         |
|--|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | AD-V                | AD-C    | CV-V    | CV-C    | BG-V    | BG-C    |
| <b>pH</b>  |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10   | 4,32 aB             | 4,40 aA | 4,06 bB | 4,16 bA | 4,62 aA | 4,32 aB |
| 10 - 20  | 5,60 aA             | 4,94 aA | 4,38 aA | 4,58 aA | 4,78 aA | 4,28 aB |
| 20 - 30  | 5,76 aA             | 4,84 aA | 4,66 aA | 4,74 aA | 4,84 aA | 4,36 aS |
| 30 - 50  | 5,32 aA             | 4,76 aA | 4,78 aA | 4,80 aA | 4,82 aA | 4,64 aA |
| 50 - 75  | 5,20 aA             | 4,75 aA | 4,74 aA | 4,74 aA | 4,86 aA | 4,70 aA |
| 75 - 100   | 5,21aA              | 4,88 aA | 4,83 aA | 4,56 aA | 4,90 aA | 4,80 aA |
| <b>H + Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b> |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10   | 2,07 aB             | 2,15 aB | 5,15 aA | 3,68ab  | 4,75 aA | 3,10 aA |
| 10 - 20  | 1,57 bB             | 1,52 bB | 3,89 aA | 1,94 bB | 2,21 aA | 3,32 aA |
| 20 - 30  | 1,41 bB             | 1,47 bB | 2,13 aA | 1,62 bB | 1,72 bB | 1,61 bB |
| 30 - 50  | 1,35 bB             | 1,31 bB | 1,58 bB | 1,58 bB | 1,71 bB | 1,16 bB |
| 50 - 75  | 1,28 bB             | 1,28 bB | 1,97 bB | 1,38 bB | 1,39 bB | 1,37 bB |
| 75 - 100   | 1,45 bB             | 1,30 bB | 1,18 bB | 1,40 bA | 1,47 bB | 1,42 bB |
| <b>SB (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>     |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10   | 0,28 bB             | 0,38 aA | 0,28 bB | 0,64 aA | 0,32 bA | 0,43 aA |
| 10 - 20  | 0,29 bB             | 0,33 bA | 0,28 bB | 0,50 aA | 0,24 bB | 0,24 bB |
| 20 - 30  | 0,27 bB             | 0,35 aA | 0,29 bB | 0,46 aA | 0,24 bB | 0,24 bB |
| 30 - 50  | 0,28 bB             | 0,42 aA | 0,29 bB | 0,53 aA | 0,25 bB | 0,25 bB |
| 50 - 75  | 0,50 aA             | 0,33 bA | 0,25 bB | 0,43 aA | 0,23 bB | 0,23 bB |
| 75 - 100   | 0,63 aA             | 0,34 aA | 0,25 bB | 0,51 aA | 0,24 bB | 0,27 bB |
| <b>V%</b>  |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10   | 12,6 bB             | 15,4 aA | 5,40 bB | 16,2 aA | 9,20 bB | 15,0 aA |
| 10 - 20  | 15,4 aA             | 18,0 aA | 8,20 bB | 21,2 aA | 12,6 bB | 9,40 bB |
| 20 - 30  | 16,4 aA             | 19,2 aA | 13,6 aA | 21,8 aA | 12,4 bB | 13,0 bA |
| 30 - 50  | 17,6 aA             | 23,6 aA | 13,8 aA | 24,8 aA | 13,4 bA | 18,0 aA |
| 50 - 75  | 17,8 aA             | 20,6 aA | 11,8 bB | 23,6 aA | 14,2 aA | 14,4 aA |
| 75 - 100   | 14,6 a              | 10,8 b  | 18,0 aA | 26,2 aA | 13,8 bA | 16,8 aA |
| <b>CTC (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b>    |                     |         |         |         |         |         |
| 0 - 10   | 2,06 bA             | 2,69 bA | 5,43 aA | 4,32 aA | 5,07 aA | 3,53 aA |
| 10 - 20  | 1,61 bB             | 1,84 bA | 4,22 aA | 2,46 bA | 2,49 bA | 3,57 aA |
| 20 - 30  | 1,20 bB             | 1,82 bA | 2,38 bA | 2,08 bA | 1,96 bA | 1,85 bA |
| 30 - 50  | 1,20 bB             | 1,74 bA | 1,83 bA | 2,11 bA | 1,96 bA | 1,41 bB |
| 50 - 75  | 1,37 bB             | 1,61 bA | 2,22 bA | 1,81 b  | 1,62 bA | 1,61 bA |
| 75 - 100   | 1,71 bA             | 1,65 bA | 1,44 bB | 1,90 bA | 1,70 bA | 1,69 bA |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula (comparando os ambientes de vereda e cerradodentro da mesma área) e minúscula (comparando entre si os três ambientes de vereda e os três cerrados de entorno) não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p > 0,05$ ). AD = Água Doce; CV = Capivara; BG = Buriti Grosso; V = vereda; C = cerrado.

**Tabela 3.** Teores de P, K, Ca e Mg do solo em ecossistemas de veredas no Cerrado de Minas Gerais.**Table 3.** Contents of P, K, Ca and Mg in the soil under Brazilian palm swamp ecosystems in the Cerrado of Minas Gerais State, Brazil.

| Profundidade (cm)                            | Ambientes avaliados |          |          |          |         |          |
|--|---------------------|----------|----------|----------|---------|----------|
|  | AD-V                | AD-C     | CV-V     | CV-C     | BG-V    | BG-C     |
| <b>P (mg dm<sup>-3</sup>)</b>                |                     |          |          |          |         |          |
| 0 - 10                                       | 2,13 aA             | 1,05 bB  | 4,91 aA  | 2,65 bA  | 2,87 aA | 2,04 aA  |
| 10 - 20                                      | 0,78 bB             | 0,26 bB  | 0,91 bB  | 1,13 abB | 1,39 aB | 1,60 aA  |
| 20 - 30                                      | 0,65 bB             | 0,31 bB  | 0,47 bB  | 0,52 bB  | 1,05 aA | 0,79 bB  |
| 30 - 50                                      | 0,61 bB             | 0,12 bB  | 0,33 bB  | 0,61 bB  | 0,73 bB | 1,23 bA  |
| 50 - 75                                      | 0,34 bB             | 0,15 bB  | 0,75 bB  | 0,50 bB  | 0,83 bB | 1,05 aA  |
| 75 - 100                                     | 0,69 aB             | 0,15 bB  | 0,15 bB  | 0,65 bB  | 0,69 bB | 0,84 bB  |
| <b>K (mg dm<sup>-3</sup>)</b>                |                     |          |          |          |         |          |
| 0 - 10                                       | 15,0 bC             | 30,8 aBC | 29,8 abC | 117,4 aA | 23,0 cC | 56,7 bBC |
| 10 - 20                                      | 18,0 aC             | 10,0 bC  | 50,8 aAB | 128,2 aA | 17,0 cC | 22,5 cBC |
| 20 - 30                                      | 16,0 aC             | 19,0 bC  | 20,0 bBC | 103,4 aA | 15,0 cC | 16,0 cC  |
| 30 - 50                                      | 16,0 aC             | 46,8 aAB | 17,0 bC  | 130,4 aA | 18,0 cC | 21,0 cC  |
| 50 - 75                                      | 14,0 bC             | 10,0 bC  | 20,0 bC  | 88,60 aA | 11,0 cC | 13,0 cC  |
| 75 - 100                                     | 10,0 bC             | 16,0 bC  | 24,0 bC  | 119,4 aA | 14,0 cC | 26,0 cBC |
| <b>Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b> |                     |          |          |          |         |          |
| 0 - 10                                       | 0,14 aB             | 0,20 aA  | 0,10 bB  | 0,20 aA  | 0,16 aA | 0,18 aA  |
| 10 - 20                                      | 0,14 aB             | 0,10 bB  | 0,10 bB  | 0,10 bB  | 0,10 bB | 0,10 bB  |
| 20 - 30                                      | 0,14 aB             | 0,20 aA  | 0,10 bB  | 0,10 bB  | 0,10 bB | 0,10 bB  |
| 30 - 50                                      | 0,14 aB             | 0,20 aA  | 0,10 bB  | 0,10 bB  | 0,10 bB | 0,10 bB  |
| 50 - 75                                      | 0,14 aB             | 0,20 aA  | 0,10 bB  | 0,10 bB  | 0,10 bB | 0,10 bB  |
| 75 - 100                                     | 0,13 aB             | 0,20 aA  | 0,10 bB  | 0,10 bB  | 0,10 bB | 0,10 bB  |
| <b>Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>)</b> |                     |          |          |          |         |          |
| 0 - 10                                       | 0,10 aA             | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,14 aA  | 1,16 aA | 0,12 aB  |
| 10 - 20                                      | 0,10 aA             | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,82 aA | 0,10 aB  |
| 20 - 30                                      | 0,10 aA             | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,66 aA | 0,10 aB  |
| 30 - 50                                      | 0,10 aA             | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,58 aA | 0,10 aB  |
| 50 - 75                                      | 0,10 aA             | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,60 aA | 0,10 aB  |
| 75 - 100                                     | 0,10 aA             | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,10 aA  | 0,50 aA | 0,10 aB  |

Médias seguidas de mesma letra maiúscula (comparando os ambientes de vereda e cerrado dentro da mesma área) e minúscula (comparando entre si os três ambientes de vereda e os três cerrados de entorno) não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p > 0,05$ ). AD = Água Doce; CV = Capivara; BG = Buriti Grosso; V = vereda; C = cerrado.



OK foi o elemento que apresentou as maiores variações entre as classes de solo e ambientes avaliados, onde maiores teores foram observados nas bordas das veredas (Tabela 3). O ambiente de CV foi o que apresentou os maiores valores de K em relação às áreas AD e BG.

Os teores de Ca e Mg foram baixos em todas as áreas avaliadas, não sendo possível correlacionar

os resultados com as interferências antrópicas nos ambientes. Os maiores estoques de K e Ca foram observados no cerrado e os estoques de P foram maiores nas veredas (Tabela 4).

Nas duas áreas antropizadas (CV e BG), os valores de estoques de K no solo do cerrado foram superiores em comparação a AD (Tabela 4).

**Tabela 4.** Estoque de nutrientes no solo (0 - 100 cm) em ecossistemas de veredas no Cerrado de Minas Gerais.

**Table 4.** Soil nutrient stocks under Brazilian palm swamp ecosystems in the Cerrado of Minas Gerais State, Brazil.

| Áreas | P      |        | K        |          |        |        | Ca     |       | Mg |  |
|-------|--------|--------|----------|----------|--------|--------|--------|-------|----|--|
|       | V      | C      | V        | C        | V      | C      | V      | C     |    |  |
| AD    | 10,7aA | 4,10cB | 212,7 bB | 359,4 bA | 280 aB | 397 aA | 122 aA | 123aA |    |  |
| CV    | 14,1aA | 11,7bA | 391,1 aC | 1768 aA  | 200 bA | 187 bA | 120 aA | 126aA |    |  |
| BG    | 16,3aA | 19,5aA | 240,1 bC | 1819 aA  | 212 bA | 226 bA | 121 aA | 123aA |    |  |

Médias seguidas de mesmas letras (minúscula entre as três áreas em cada coluna, e maiúscula entre os ambientes de vereda e cerrado para cada nutriente) não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). AD = Água Doce; CV = Capivara; BG = Buriti Grosso; V = vereda; C = cerrado.

## Discussão

Os resultados desta pesquisa estão de acordo com a descrição de Boaventura (2007), que define as veredas como ecossistemas do bioma Cerrado, formados em solos arenosos. Em estudo realizado em veredas localizadas no município de Bonito de Minas, MG, Passos et al. (2015) também relataram a ocorrência de solos com textura extremamente arenosa. Essa característica, que pode ser atribuída à condição original dos solos, favoreceu o processo de assoreamento, com espessamento do horizonte superficial nas bordas das veredas compostas por Gleissolos.

Segundo Leal Filho et al. (2013), a densidade aparente do solo é considerada uma das propriedades físicas fortemente influenciadas pelo manejo e intervenções no solo, porém os resultados apresentados por esses autores indicaram que o uso intensivo com agricultura não alterou esse atributo ao longo do tempo. Os resultados deste estudo foram divergentes, o que pode ser decorrente das práticas de preparo e revolvimento do solo para cultivos anuais nas áreas de borda das veredas avaliadas. De acordo com Gomes et al. (2015), as bordas das veredas normalmente têm maior quantidade de material orgânico, sendo que a presença de matéria orgânica evita a compactação dos solos e, por isso, diminui a densidade.

A semelhança dos atributos químicos entre os Gleissolos das bordas das veredas e os Neossolos Quartzarênicos do cerrado no entorno são explicados pelo material de origem dos solos da região, com predomínio de quartzo na fração areia. A diferença entre os dois solos está em função da posição no relevo e da umidade que afeta a disponibilidade de matéria orgânica (Embrapa, 2009).

O pH mais elevado na vereda de Água Doce, que era a mais preservada (AD-V), indica que o uso do solo para práticas agrícolas contribuiu para aumento da acidez do solo. Assim como observado no presente estudo, Guimarães et al. (2002), estudando solos de veredas no triângulo mineiro, também observaram maior acidez em ambiente de vereda com entorno antropizado em comparação ao preservado.

Segundo Portugal et al. (2010), os íons  $H^+$  liberados pela matéria orgânica aumentam a acidez potencial do solo, pelo deslocamento do alumínio trocável adsorvido à fração argila. Como o ambiente de AD-V fica saturado por água boa parte do ano, o processo de decomposição da matéria orgânica é lento, o que diminui esse processo, fato que não foi observado nas áreas das veredas da Capivara (CV) e do Buriti Grosso (BG).

Os menores valores de pH na profundidade de 0 - 10 cm, podem ser atribuídos aos aportes de matéria orgânica, sobretudo no ambiente de vereda. O aumento



da capacidade de troca de cátions potencial (T) nas áreas que foram utilizadas para fins agrícolas pode ser justificadobao aporte de cinzas, resíduos culturais e animais nas áreas CV e BG, cultivadas com culturas anuais e pastagem.

Os baixos teores de P encontrados no presente estudo corrobora com aqueles encontrados por Santana et al. (2015) em solos do cerrado na região do Jalapão, TO. Os maiores valores de K no ambiente de vereda da área CV podem ser atribuídos às intervenções antrópicas nessa área, onde houve uso de fogo recente no processo de renovação das áreas agrícolas. Salomão & Hirle (2019), em estudo da influência das queimadas nas propriedades química dos solos do Vale do Mucuri, MG, observaram um aumento gradativo dos níveis de Kdo solo após a queimada, onde os valores vão de 147  $\text{cmoldm}^{-3}$  a 230  $\text{cmoldm}^{-3}$ . Os mesmos autores atribuem este aumento à mineralização do nutriente que está na cobertura vegetal. Assim como os resultados obtidos para os estoques de nutrientes do presente estudo, os teores de C e N também foram mais altos nas áreas que sofreram intervenção antrópica (Sales et al., 2020). Isso ocorre devido ao aporte de cinzas proveniente das queimadas.

Com relação aos baixos teores de Ca e Mg em todas as áreas, resultados similares foram observados por Passos et al. (2015) em trabalho de caracterização físico-química de amostras de solo em áreas de cerrado e de vereda, na região do rio Catulé, em Bonito de Minas, MG. Segundo Santana et al. (2015), os solos de veredas, normalmente, são de baixa fertilidade natural por apresentarem uma baixa capacidade em reter nutrientes, tornando-os sujeitos à lixiviação.

Além da baixa disponibilidade natural de P no solo, sua absorção ainda é dificultada em função da complexação com outros elementos (Novais et al., 2007). De modo geral, os baixos estoques de P no solo podem estar vinculados ao predomínio da fração areia na composição do solo, o que condicionou menor adsorção e retenção dos nutrientes nos colóides, além do baixo aporte via serapilheira. Os resultados desse estudo são semelhantes aos encontrados por Mello et al. (2015) e Santos et al. (2015a), que correlacionaram a retenção de nutrientes e aumento da fertilidade do solo com os teores de matéria orgânica do solo. No cerrado de entorno das veredas, a baixa disponibilidade de P disponível também pode estar associada às características naturais do solo estudado.

Os maiores estoques de P nos ambientes de veredas podem ser explicados pela condição de hidromorfismo. Mais de 50% do P total pode ocorrer na forma orgânica, e os resíduos vegetais aportados ao ambiente de hidromorfia são decompostos mais lentamente, com menor mineralização e disponibilização de P (Capoane et al., 2017). Esse fato ainda é evidenciado na área preservada, em que ocorre afloramento do lençol freático em diferentes períodos ao longo do ano, comportamento não recorrente nas áreas antropizadas.

Santos et al. (2015b) também observaram maiores estoques de P em áreas de murundus (inundável no período chuvoso), em relação a área plana circunvizinha (ambiente não inundável).

No solo, o K é proveniente da decomposição do material orgânico que é depositado, sendo liberado lentamente. Entretanto, os valores superiores de estoques de K nas duas áreas antropizadas (CV e BG) podem ser proveniente das cinzas da queima, conforme foi explicado anteriormente. As queimadas também promovem a liberação de K, porém esses altos valores ocorrem ao longo do perfil do solo, até um metro de profundidade. Além disso, esse elemento possui uma alta mobilidade no ciclo biogeoquímico, que poderia facilitar sua rápida mineralização, já que as queimadas também aceleram esse processo (Bertolet al., 2007).

Os estoques de Ca foram altos no cerrado da AD, possivelmente porque no local de coleta de solo nas veredas predominam gramíneas ou espécies espontâneas ainda recentes. Estudos relataram que os estoques desse elemento estão relacionados à vegetação presente em cada ambiente: espécies arbustivas-arbóreas, típicas do bioma no cerrado (Marimonet al., 2012; Morais, 2013) e gramíneas, cujos sistemas radiculares explorariam de forma diferente a matriz do solo, alterando a disponibilidade de nutrientes.

A principal entrada de Ca e Mg no solo é via intemperismo de silicatos e carbonatos. Como os solos estudados são altamente intemperizados, essa é uma fonte pouco significativa na contribuição desses elementos. Assim, é mais provável que o Ca no solo seja proveniente da serapilheira, fato que justifica os maiores estoques desse elemento nos solos do cerrado, onde a vegetação exerce papel essencial na manutenção do ecossistema. A importância da serapilheira para a ciclagem de nutrientes foi também confirmada por Morais et al. (2017). Os estoques de Mg nos solos

foram muito semelhantes nas três áreas de estudo, possivelmente porque o Ca e o Mg são constituintes muito móveis, podendo assim serem lixiviados e trazidos por sedimentos (Schumacher et al., 2004).

### Conclusões

Os atributos do solo diferiram entre as áreas estudadas (ambientes de vereda e cerrado), de forma que o pH do solo diminuiu e os teores de K e P aumentaram com as intervenções antrópicas. É importante destacar que práticas conservacionistas devem ser adotadas para recuperação dos ambientes, uma vez que a regeneração natural foi comprometida com as práticas agrícolas.

As áreas das veredas de Capivara de Buriti Grosso sofreram intensa supressão da vegetação original e o aumento dos teores de K ocorreu devido às interferências antrópicas ao longo do tempo, sobretudo queimadas, o que tem impactado negativamente a regeneração natural desse ambientes.

Os estoques de Ca foram maiores na vereda preservada (Água Doce) e no seu respectivo cerrado de entorno, enquanto que os estoques de K foram superiores no cerrado do entorno das veredas.

### Agradecimentos

A pesquisa do manuscrito recebeu apoio financeiro do Ministério Público de Minas Gerais - Coordenadoria Regional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambientadas bacias dos rios Verde Grande e Pardo (projeto Vereda Viva); e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

### Conflito de interesses

Os autores não têm conflito de interesse a declarar.

### Contribuição de Autoria

**Gracielle de Brito Sales:** Conceituação; Análise formal; Investigação; Metodologia

**Leidivan Almeida Frazão:** Escrita – primeira redação.

**Luiz Arnaldo Fernandes:** Escrita – primeira redação.

**Jéssica Costa de Oliveira:** Escrita – primeira redação; Escrita – revisão e edição.

**Maria das Dores Magalhães Veloso:** Supervisão.

### Referências

- Aguiar, L. M. S. & Camargo, A. J. A. **Cerrado:** ecologia e caracterização. Brasília, DF: Embrapa, 2004. 249 p.
- Baêta Junior, J. D. A. (org.). **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil:** Folha SE.22-X-B. Brasília, DF: CPRM, 2001.
- Bertol, I. et al. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. **Soil and Tillage Research**, v. 94, p. 142-150, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.07.008>.
- Boaventura, R. S. **Veredas:** berço das águas. Belo Horizonte: Ecodinâmica, 2007. 264 p.
- Burbridge, P. R. Integrated planning and management of freshwater habitats, including wetlands. **Hydrobiologia**, v. 285, p. 311-322, 1994. <https://doi.org/10.1007/BF00005678>.
- Capoane, V. et al. Identificação das áreas susceptíveis a transferência de poluentes para os sistemas aquáticos utilizando álgebra de mapas. **Caminhos de Geografia**, v. 18, p. 114-124, 2017. <https://doi.org/10.14393/rcg186210>
- Claessen, M. E. C. (org.). **Manual de métodos de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA CNPS. Documentos, 1).
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. 412 p.
- Freitas, R. E. & Maciente, A. N. Culturas agrícolas líderes nas mesorregiões mais dinâmicas. **Radar da Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, v. 43, p. 63-74, 2016. <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/6055>.
- Gomes, R. L. R. et al. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, v. 9, n. 1, 2015.
- Guimarães, A. J. M. et al. Estrutura fitossociologia em área natural e antropizada de uma vereda em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 3, p. 317-329, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000300007>.
- Houlahan, J. E. et al. The effects of adjacent land use on wetland species richness and community composition. **Wetlands**, v. 26, p. 79-96, 2006. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2006\)26\[79:TEOALU\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2006)26[79:TEOALU]2.0.CO;2)
- Inmet. Instituto Nacional de Meteorologia. **Gráficos e normais climatológicos.** Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/servicos/gr%C3%A1ficos-climatol%C3%B3gicos>. Acesso em: 9 out. 2015.
- Leal Filho, N. et al. Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauração de áreas degradadas na Amazônia brasileira. **Revista Árvore**, v. 37, p. 587-597. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000400002>.
- Lourente, E. R. P. et al. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, p. 20-28, 2011. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i1.8459>.

- Marimon, B. S. et al. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 181-196, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100018>.
- Mello, J. M. et al. Dinâmica dos atributos físico-químicos e variação sazonal dos estoques de carbono no solo em diferentes fitofisionomias do Norte do Pantanal Mato-Grossense. **Revista Árvore**, v. 39, p. 325-336, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200012>.
- Morais, V. A. Carbon and biomass stocks in a fragment of cerrado in Minas Gerais state, Brazil. **Cerne**, v. 19, p. 237-245, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000200007><https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000200007>.
- Morais, V. A. et al. Spatial distribution of the litter carbon stock in the Cerrado biome in Minas Gerais state, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, p. 580-589, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542017415006917>.
- Niero, L. A. C. et al. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférrico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1271-1282, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400025>.
- Novais, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1.017 p.
- Passos, I. M. et al. Caracterização físico-química de amostras de solo em áreas de cerrado e de vereda, na região do rio Catulé em Bonito de Minas-MG. **Unisanta BioScience**, v. 4, p. 38-47, 2015.
- Portugal, A. F. et al. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 575-585, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200032>.
- Ramos, M. V. V. et al. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 283-293, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000200014>.
- Rasche, F. & Cadisch, G. The molecular microbial perspective of organic matter turnover and nutrient cycling in tropical agroecosystems. What do we know? **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p. 251-262, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00374-013-0775-9>.
- Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado: os biomas do Brasil. In: Sano, M. M. & Almeida, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 1998, p. 87-116.
- Sales, G. de B. et al. Litterfall dynamics and soil carbon and nitrogen stocks in the Brazilian palm swamp ecosystems. **Forest Ecosystems**, v. 7, n. 39, p. 01-12, 2020. <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00251-2>.
- Salomão, P. E. A. & Hirle, R. E. W. Estudo da influência das queimadas nas propriedades química e banco de sementes dos solos do Vale do Mucuri. **Research, Society and Development**, v. 8, p. 1-15, 2019. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i12.1799>.
- Santana, H. M. de P. et al. Relação entre atributos físicos e químicos dos solos e a produtividade de capim dourado na região do Jalapão, TO. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, p. 1172-1180, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140364>.
- Santos, E. O. J. et al. Variabilidade espacial de macronutrientes em uma lavoura de café Conilon no Norte do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, p. 469-476, 2015a. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150028>.
- Santos, F. A. S. et al. Chemical and physical attributes and calcium, magnesium, potassium, and phosphorus in the soil of murundu fields in Brazil. **Acta Amazonica**, v. 45, p. 101-110, 2015b. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201402954>.
- Santos, H. G. dos. et al. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- Schumacher, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucariaangustifolia* (bertol.) kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, v. 28, p. 29-37, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000100005>.
- Silva, K. A. et al. Semeadura direta com transposição de serapilheira como metodologia de restauração ecológica. **Revista Árvore**, v. 39, p. 811-820, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500004>.
- Yardam, E. et al. Rehabilitation of degraded dryland ecosystem: review. **Silva Fennica**, v. 51, n. 1B, p. 1-32, 2017. <http://doi.org/10.14214/sf.1673>.