



## Matéria orgânica e agregação do solo em áreas sobre influência da mineração de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas, MG

Dalmo Arantes de Barros<sup>1</sup>, Marcondes Geraldo Coelho Junior<sup>2\*</sup>, Athila Leandro de Oliveira<sup>2</sup>,  
Eduardo Carvalho da Silva Neto<sup>2</sup>

**RESUMO:** Estudos sobre mudanças nas propriedades do solo decorrentes das atividades de mineração são importantes para a compreensão e desenvolvimento de novas formas de manejo do solo e recuperação de áreas degradadas. Este trabalho visou determinar as possíveis alterações nos teores de matéria orgânica e nos índices de agregação do solo geradas pela mineração de bauxita em Poços de Caldas, Minas Gerais. Aplicou-se delineamento experimental com três blocos casualizados, dois tratamentos (antes da intervenção minerária e depois da recuperação ambiental) e quatro repetições. Foram determinados os teores de matéria orgânica e calculados os valores de diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG), macro e microagregados a partir da porcentagem de solo retida em cada peneira no tamisamento dos agregados. Houve redução da estabilidade de agregados em água após a intervenção minerária, indicando que tais atividades geram impactos negativos sobre sua estrutura física. Os altos valores de DMP e DMG podem ser atribuídos ao material de origem dos solos da região. Não foram verificadas diferenças significativas para os teores de matéria orgânica nas camadas avaliadas antes da mineração e depois da recuperação, indicando que os processos de recuperação da área minerada propiciaram manutenção dos teores de matéria orgânica do solo.

**Palavras-chave:** atividade minerária; propriedades físicas do solo; recuperação ambiental.

## Organic matter and soil aggregation in areas influenced by bauxite mining in the Poços de Caldas plateau region, MG

**ABSTRACT:** Studies on changes in soil properties resulting from mining activities are important for the understanding and development of new forms of soil management and recovery of degraded areas. This work aimed to determine the possible changes in the organic matter content and in the soil aggregation indexes generated by bauxite mining in Poços de Caldas, Minas Gerais. A randomized complete block design, two treatments (before mining intervention and after environmental recovery) and four replications were applied. The organic matter contents were determined and the weighted average diameter (WMD), the geometric mean diameter (DMG), macro and microaggregates were calculated from the percentage of soil retained in each sieve in the aggregate sieving. There was a reduction in the stability of aggregates in water after the mining intervention, indicating that such activities generate negative impacts on their physical structure. The high values of DMP and DMG can be attributed to the soil source material of the region. No significant differences were observed for the organic matter content in the layers evaluated before the mining and after the recovery, indicating that the processes of recovery of the mined area allowed maintenance of the organic matter contents of the soil.

**Keywords:** mining activity, soil physical properties, environmental recovery

## INTRODUÇÃO

Os impactos sobre o meio ambiente que ocorrem devido à atividade de mineração podem ser potencializados em situações de uma operação mal planejada ou mal executada. A mudança da topografia original, a retirada dos substratos pedológicos, o assoreamento dos cursos d'água, a redução da infiltrabilidade dos solos, a poluição atmosférica e a supressão da vegetação são alguns desses efeitos. Esses podem ser atenuados, em

função do porte e da localização do empreendimento, sendo, portanto, necessário conhecê-los para mitigá-los adequadamente (LEITE; NEVES, 2008).

A bauxita é uma rocha constituída de minerais hidratados de alumínio utilizados nas indústrias químicas, de abrasivos e de cimento. Desde os primeiros registros da ocorrência de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas, diversos

trabalhos foram realizados sobre a geologia e geomorfologia da região, abordando temas relacionados aos recursos minerais, águas termais, solos, radioatividade entre outros (MORAES, 2007). Contudo, ainda são poucos os estudos que avaliam os impactos que ocorrem sobre o meio ambiente devido aos procedimentos operacionais de lavra durante a atividade minerária. Procedimentos de lavra podem ser definidos como o conjunto dos trabalhos de planejamento, dimensionamento e execução das atividades, de acordo com as especificidades de cada tipo de mineração. Faz-se importante frisar que, na definição das técnicas de lavra, devem ser previstos os usos futuros das áreas, a fim de direcionar as ações de planejamento para as etapas de fechamento das minas (REIS; SOUSA, 2003).

Após a pesquisa mineral, os corpos mineralizados são demarcados e iniciam-se as atividades de preparação para a lavra, através da operação denominada de decapeamento. Essa etapa consiste na utilização de tratores de esteira para a retirada da camada orgânica (*topsoil*) da área que será minerada. Tal camada é constituída, normalmente, pelo horizonte "A" do solo, onde se encontram importantes fontes de propágulos vegetais, matéria orgânica, microrganismos decompositores, sendo fundamental nas etapas posteriores de revegetação das minas (KOCH, 2007). Em seguida, é instalado um sistema provisório de drenagem de águas pluviais, dimensionado de acordo com o período de utilização, declividade do terreno e superfície de área decapeada, sendo constituído por canaletas e bacias escavadas no solo.

A metodologia de lavra empregada pelas companhias mineradoras na região do planalto de Poços de Caldas foi tecnicamente desenvolvida e adaptada ao longo do tempo, em função das características geológicas e topográficas da região, bem como das demandas de mercado. A lavra é realizada a céu aberto, geralmente com avanço descendente, que apresenta as melhores condições de desenvolvimento, em função das características dos corpos mineralizados e da facilidade que proporciona no momento da recuperação ambiental

(WILLIAMS, 2001). Com o término do minério na frente de lavra, iniciam-se as atividades de reconformação topográfica, através do espalhamento do *topsoil* previamente decapeado e estocado, seguido pelas práticas de mecanização do solo, como por exemplo, a subsolagem (GARDNER; BELL, 2007); implantação do sistema de drenagem definitivo e, finalmente, o preparo de área e a revegetação.

As reflexões sobre os impactos ambientais das atividades antrópicas impulsionaram a preocupação sobre as mudanças ambientais geradas pelas atividades de mineração, sobretudo com relação à capacidade de regeneração do ambiente e degradação do solo. A mudança da topografia original, a retirada dos substratos pedológicos, o assoreamento dos cursos d'água, a redução da infiltrabilidade dos solos, a poluição atmosférica e a supressão da vegetação são alguns desses efeitos. Esses podem ser atenuados, em função do porte e da localização do empreendimento, sendo, portanto, necessário conhecê-los para mitigá-los adequadamente (LEITE; NEVES, 2008). Deste modo, o trabalho visou determinar as possíveis alterações nos teores de matéria orgânica e agregação do solo em áreas sobre influência da mineração de bauxita na região do planalto de Poços de Caldas, MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área

O município de Poços de Caldas está situado no sudoeste do estado de Minas Gerais (Figura 1), entre as coordenadas 21°51'20"S e 46°33'55"W. A área de estudo localiza-se na microrregião do planalto de Poços de Caldas, que se situa em uma caldeira vulcânica que abrange vários municípios do estado de Minas Gerais e alguns municípios do estado de São Paulo. Encontra-se na nessa região um complexo de intrusões alcalinas do período pré-cambriano, formado por rochas de nefelina-sienito bem como coberto por detritos e sedimentos do mesozóico (SHUMANN, 1993).

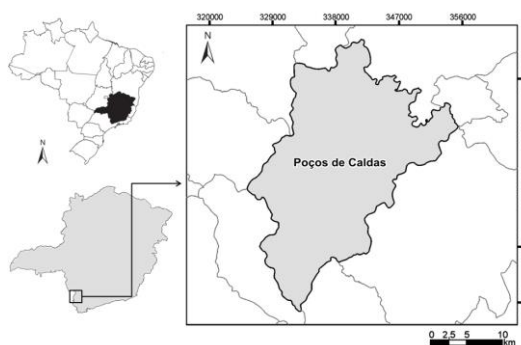


Figura 1 - Mapa de localização do município de Poços de Caldas, MG

.Geomorfologicamente, o planalto faz parte de uma unidade chamada “Planaltos Dissecados do Sul de Minas”. Essa unidade confronta-se na face sul e sudoeste com a depressão de Sapucaí e o Planalto de Lindóia; a oeste com a Depressão Tietê - Mogi Guaçu e a norte e leste com a Unidade Geomorfológica Planalto de Varginha (COSTA et al., 1998). A Unidade Geomorfológica, Planaltos Dissecados do Sul de Minas, apresenta relevo geralmente montanhoso, com vales de fundo plano, onde se formam amplas várzeas aluviais (PEREIRA, FONTES, 2009). Na área de estudo, o solo foi classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico, muito argiloso, cascalhento, localizado em relevo forte-ondulado (SANTOS et al., 2013).

De acordo com Veloso et al. (1991) a região está inserida no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, apresentando Floresta Estacional Semidecidual Alto-Montana (OLIVEIRA-FILHO et al., 2006), e campos de altitude (MORAES, JIMÉNEZ-RUEDA, 2008), com altitudes entre 1.000 a 1.600 m. O clima é Cwb, subtropical de altitude, segundo a classificação de Köppen, mesotérmico com verões brandos e estiagem no inverno. As chuvas se estendem de outubro a março, sendo a precipitação média anual de 1.482 mm. A temperatura média anual é de 19,9°C, com mínimas

e máximas absolutas de, respectivamente, -6,0°C e 31,7°C. A umidade relativa média equivale a 79% (PMPC, 1992).

A ocupação da região foi influenciada por uma série de fatores, podendo destacar a abertura de vias de acesso, a formação de rotas econômicas e a doação de terras por meio de posses ou sesmarias, incluindo títulos de propriedade após o ano de 1805 (ROVARON, 2009). A atividade de mineração empregada na região é realizada ao ar livre, geralmente com avanço descendente, que apresenta as melhores condições de desenvolvimento e a facilidade que fornece no momento da recuperação ambiental.

### Coleta das amostras e análises de solo

Para a avaliação da estabilidade dos agregados e dos teores de matéria orgânica dos solos sujeitos as ações dos processos de mineração de bauxita, definiu-se um delineamento experimental em blocos casualizados (3 blocos), apresentando dois tratamentos (antes da intervenção minerária e depois da recuperação ambiental), e quatro repetições em cada tratamento para cada bloco. Foram coletadas amostras indeformadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, antes da mineração e após a recuperação (Figura 2), que foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas para laboratório de solos da Universidade Federal de Lavras, onde foram realizadas as análises físicas e químicas.



Figura 2 - Área de estudo no município de Poços de Caldas – MG antes da mineração (A) e depois da recuperação (B). Fonte: Google Earth, 2018.

O método utilizado para determinação da estabilidade de agregados foi realizado conforme Madari et al. (2005), com jogos de peneiras

(abertura de malha de 4,76 mm, 2,00 mm, 1,00 mm e 0,50 mm), acondicionados em recipientes individualizados, que permitiram o fracionamento

posterior nas peneiras de 0,25 mm e 0,053 mm. Dados adicionais foram coletados do peneiramento dos agregados, incluindo a porcentagem de agregados retidos em cada peneira, bem como informações sobre macro e microagregados. Esses dados foram coletados de acordo com os métodos descritos em Madari et al. (2005).

Com a massa dos agregados retidos em cada peneira e secos a 105°C, foi calculado o Diâmetro Médio Geométrico (DMG) que mostra o tamanho mais frequente dos agregados e o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) que é uma estimativa da quantidade relativa de solo em cada classe de agregados e é expresso em milímetros para cada amostra, conforme as equações 1 e 2:

$$DMP = \sum_{i=1}^n x_i w_i \quad (\text{Equação 1})$$

$$DMG = \exp \left[ \frac{\sum_{i=1}^n w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

n - representa a porcentagem de agregados nas diversas classes de peneiras;

w<sub>i</sub> - corresponde ao valor médio dos limites superior e inferior de cada classe (mm);

x<sub>i</sub> - proporção de cada classe em relação ao total.

Para a determinação dos teores de matéria orgânica, as amostras foram submetidas ao processo de combustão com aquecimento programado e perda de massa pela incineração em mufla, conforme o Manual de Métodos de análises de solos adotados pela Embrapa Solos (DONAGEMA et al., 2011). O teor de matéria orgânica é quantificado pela diferença entre a massa do solo seco em estufa e a massa do resíduo obtido após a incineração em mufla, conforme a equação 3:

$$MOS = \frac{M_s - M_r}{M_r} \times 1000 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

MOS – concentração de matéria orgânica do solo, em g kg<sup>-1</sup>;

M<sub>s</sub> – massa do solo seco em estufa a 65 °C, em g.

M<sub>r</sub> – massa do resíduo após mufla a 600 °C, em g.

Para comparação das médias dos tratamentos, optou-se pela análise de variância (ANOVA), com comparação de médias através do teste F.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A agregação avaliada pela estabilidade de agregados em água resultou em menores valores de DMP e DMG nas duas profundidades estudadas (Figura 3), mostrando a sensibilidade destes indicadores em detectar alterações físicas ocasionadas pela atividade minerária.

Antes da mineração os valores médios de DMP foram de 4,96 mm nas duas camadas avaliadas, e os valores de DMG entre 4,90 mm (0 – 10 cm) e 4,91 mm (0 – 20 cm). Depois da recuperação, as médias encontradas para o DMP também apresentaram o mesmo valor nas duas profundidades avaliadas (4,91 mm) e os valores de DMG entre 4,78 mm (0 – 10 cm) e 4,79 mm (10 – 20 cm). Salienta-se que, mesmo o menor valor obtido na avaliação da estabilidade de agregados (DMG = 4,78 mm, depois da recuperação da área na camada de 0-10 cm), é superior ao DMG encontrado em áreas de Latossolos oxidícos sob Cerrado, na mesma camada, 4,3 mm (OLIVEIRA et al., 2004). Isso pode ser atribuído à boa estruturação dos Nitossolos, que mesmo após uma forte intervenção, mantém bons níveis dos indicadores de qualidade solo.

Os Nitossolos, anteriormente conhecidos como Terras Roxas Estruturadas, são solos com estrutura que favorece a retenção de água, mas que mantém boa drenagem, propriedades físicas extremamente desejáveis em condições de sazonalidade climática e estação seca prolongada. Esta ordem de solo é relacionada ao material de origem, sendo originada de rochas básicas, nos quais os óxidos de ferro são os principais responsáveis pela formação e estabilização estrutural do solo. A estrutura do horizonte subsuperficial dos Nitossolos é reconhecida no campo por blocos ou prismas bem definidos (SANTOS et al., 2013).

A deterioração dos atributos físicos do solo é um dos principais responsáveis pela diminuição da qualidade das características estruturais e aumento da erosão ocasionada pela ação da água. Práticas de manejo mal dimensionadas podem provocar modificações nos referidos atributos físicos dos solos, especialmente, na estrutura, podendo, essas modificações, serem inalteráveis ou transitórias (BERTOL et al., 2001). Tais restrições físicas reduzem a aeração e o crescimento das plantas em áreas mineradas, como reportado em estudos sobre solos recuperados após mineração (INDORANTE et al., 1981; GUEBERT, GARDNER, 2001).

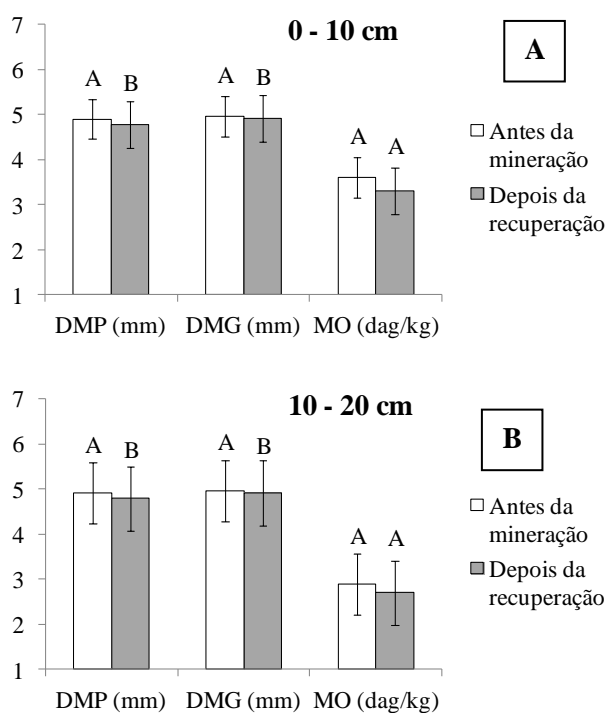


Figura 3 - Valores de Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e dos teores de Matéria Orgânica (MO) nas camadas 0 – 10 cm (A) e 10 – 20 cm (B) do solo antes da mineração e depois da recuperação.

Como os solos reconstruídos após mineração de carvão têm suas propriedades físicas, químicas e biológicas alteradas. As atividades de recuperação ambiental de áreas mineradas devem, inicialmente, focar o fortalecimento do sistema edafológico, através de técnicas que melhorem a qualidade física do solo (CORRÊA, BENTO, 2010).

Com relação aos teores de matéria orgânica (MO), antes da mineração os valores foram de  $3,6 \text{ dag.kg}^{-1}$  (0 – 10 cm) e  $2,9 \text{ dag.kg}^{-1}$  (10 – 20 cm). Depois da mineração, foram observados menores valores nas duas profundidades,  $3,3 \text{ dag.kg}^{-1}$  (0 – 10 cm) e  $2,7 \text{ dag.kg}^{-1}$  (10 – 20 cm). Apesar das maiores médias observadas antes da mineração, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos nas camadas avaliadas, indicando que os processos de recuperação da área minerada propiciaram manutenção dos teores de matéria orgânica do solo. Uma vez que a atividade de mineração cessa, a remodelação topográfica é iniciada através da dispersão da camada superficial do solo (0-10 cm) rica em matéria orgânica e fonte potencial de propágulos vegetais, armazenada anteriormente durante a remoção do solo, seguida da subsolagem (GARDNER; BELL, 2007; BARROS et al., 2013). Após a implantação do sistema de drenagem é feita a revegetação da área através de procedimentos técnicos específicos para cada realidade de campo.

A revegetação do solo sobre áreas mineradas é uma das medidas mitigadoras mais comuns, utilizada no contexto da recuperação ambiental

(CORRÊA, BENTO, 2010). Essas medidas visam tornar a área minerada capaz de suportar um novo uso, garantindo a estabilidade física e química do ambiente, ou a reconstrução de um ecossistema autossustentável (SÁNCHEZ, 2011). Em estudo avaliando a qualidade estrutural de solos construídos após atividades de mineração no município de Candiota – RS, Reis et al. (2014) encontraram menores valores de DMP, DMG e carbono orgânico total (COT) no solo após a recuperação. Os autores atribuem a redução nos teores de COT à remoção da camada fértil do solo. Para as atividades de mineração a camada superficial (fértil) do solo é retirada e armazenada em pilhas e posteriormente utilizada na reabilitação da área. Nesse tempo, sem aporte de COT, ocorre oxidação da matéria orgânica remanescente no solo. Além das perdas causadas pela oxidação, no preparo do solo minerado para início da reabilitação, esse é misturado com o material do subsolo (estéril e rejeitos), reduzindo ainda mais o teor da matéria orgânica (REIS et al., 2014).

Em solos de mineração de bauxita na Austrália, Schwenke et al. (2000) verificaram também redução acentuada do teor da matéria orgânica do solo, o que difere dos resultados encontrados neste estudo. Embora os resultados encontrados nesse estudo não apontem diferenças significativas para os teores de MO no solo antes da mineração e depois da recuperação, cabe ressaltar que mais estudos precisam ser realizados enfocando não apenas os teores de matéria orgânica, mas a qualidade e

constituição da mesma, considerando que a atividade de mineração interfere na qualidade química e estrutural do solo. Durante a revegetação da área, as gramíneas, consideradas espécies pioneiras, podem promover um aumento no teor de matéria orgânica em razão da capacidade dessas plantas de se estabelecerem rapidamente, formando um sistema radicular abundante, facilitando o fluxo de C fotoassimilado, e da produção de resíduos orgânicos. Tal fato pode estar relacionado aos resultados observados neste estudo.

De acordo com Madari et al., (2005), um solo com elevada estabilidade estrutural, apresenta uma boa agregação. Inicialmente foi possível verificar que para os dois tratamentos, nas profundidades consideradas, a maior concentração de agregados ocorreu na classe maior que 2,0 mm (Tabela 1), com a área antes da mineração apresentando valor significativamente superior desses agregados.

Entretanto nas demais classes de tamanho, a maior porcentagem de agregados ocorreu nas áreas em recuperação, com exceção daqueles menores que 0,105 mm, encontrados na profundidade de 10 a 20 cm, onde não houve diferença significativa. Esta constatação pode ser explicada pelos reflexos das atividades de reconformação topográfica, além das práticas mecânicas utilizadas no processo de recuperação ambiental, causando a destruição dos agregados de maior tamanho. Resultados semelhantes foram encontrados por Schiavo, Colodro (2012) avaliando o efeito do sistema de integração lavoura-pecuária em diferentes coberturas sobre a agregação do solo. Também, Garbiate et al., (2011), concluíram que os manejos mais intensivos, proporcionam menores valores de DMG e DMP, indicando a destruição dos agregados do solo.

Tabela 1. Classes de tamanho dos agregados do solo, determinados antes da intervenção minerária e após a recuperação ambiental das jazidas de bauxita, em diferentes profundidades, Poços de Caldas, MG.

Tratamento	Classe de Agregados (mm)						Ma	Mi
	8,0-2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,105	< 0,105		
----- % -----								
<b>0 – 10 cm</b>								
Antes da mineração	99,0 a	0,4 b	0,3 b	0,1 b	0,1 b	0,1 b	99,8 a	0,2 b
Depois da recuperação	96,8 b	1,4 a	0,9 a	0,4 a	0,2 a	0,3 a	99,5 b	0,5 a
<b>10 – 20 cm</b>								
Antes da mineração	99,1 a	0,5 b	0,1 b	0,1 b	0,1 b	0,1 a	99,8 a	0,2 a
Depois da recuperação	97,7 b	1,0 a	0,7 a	0,3 a	0,2 a	0,1 a	99,7 a	0,3 a

\* Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de significância. Ma: Macroagregados; Mi: Microagregados.

Analisando a distribuição dos macro e microagregados, verificam-se ainda na Tabela 1 que houve destacado predomínio dos macroagregados em ambas as camadas, com significativa redução dessa classe de agregados na camada de 0-10 cm, após a intervenção minerária. Para a camada de 10-20 cm essa tendência não foi significativa. Embora não tenha havido alteração significativa dos teores de matéria orgânica após a intervenção minerária, para ambas as camadas estudadas, houve aumento dos índices de floculação das partículas, sugerindo que o solo ainda se mantém em processo de recuperação ou reconformação estrutural.

Considerando que houve alteração nas condições naturais, em consequência de alterações físico-químicas da área minerada, acredita-se que as mesmas podem desencadear processos biológicos associados à agregação do solo. Quando comparados aos solos naturais, os solos construídos geralmente apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, reduzida taxa de infiltração, baixa condutividade hidráulica e retenção de água (SHEORAN et al., 2010), decréscimo de matéria orgânica

(ANDERSON et al., 2008), baixo pH, reduzida atividade biológica e C microbiano (RENELLA et al., 2008; CHODAK et al., 2009) e teores elevados de óxidos de Fe (REIS et al., 2014).

## CONCLUSÃO

Houve redução da estabilidade de agregados em água após a intervenção minerária, indicando que atividades minerárias geram impactos negativos sobre a estrutura física do solo. Os altos valores de DMP e DMG podem ser atribuídos ao material de origem dos solos da região.

Os processos de recuperação em área minerada propiciaram manutenção dos teores de matéria orgânica do solo.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. D.; STAHL, P. D.; INGRAM, L. J. Influence of reclamation management practices on microbial biomass carbon and soil organic carbon

- accumulation in semiarid mined lands of Wyoming. **Appl. Soil Ecol.**, Stillwater, v. 40, p. 387-387, 2008.
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 677-687, 2009.
- BARROS, D. A.; PEREIRA, J. A. A.; FERREIRA, M. M.; SILVA, B. M.; FILHO, D. F.; NASCIMENTO, G. O. Soil physical properties of high mountain fields under bauxite mining. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 5, p. 419-426., 2013.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Sci. Agric.**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001. -
- CHODAK, M.; NIKINSKA, M.; PIETRZYKOWSKI, M. Development of microbial properties in a chronosequence of sandy mine soils. **Appl. Soil Ecol.**, Stillwater, v. 41, n. 3, p. 259-268, 2009.
- CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no DF. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1435-1443, 2010.
- COSTA, E. S.; LUISÃO, R. C.; LUIZÃO, F. J. Soil microbial biomass and organic carbon in reforested sites degraded by bauxite mining in the Amazon. **Adv. Geocool.**, Stuttgart, v. 31, p. 443-450, 1998.
- DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 2011. 230p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de análise química dos solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos, 1999. 370p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, 2006. 306p.
- FERREIRA, E. S.; LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. Sustentabilidade no setor de mineração: uma aplicação do modelo pressão-estado-impacto-resposta. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 074-091, 2010.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M.; DIAS, L. E.; CASTILHO, A. F.; FORTES, J. L. O et al. Experiência em Projetos de Recuperação de áreas Degradadas por Mineração: Revegetação de Áreas Degradadas pela Mineração e Processamento de Bauxita. In: ALBA, J. M. F. **Recuperação de Áreas Mineradas**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2010. p. 303-322.
- GARBIATE, M. V.; VITORINO, A. C. T.; TOMASINI, B. A.; BERGAMIN, A. C.; PANACHUKI, E. Interril erosion from area under burned and green sugarcane harvested by hand and mechanically. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n.6, p. 2145-2155, 2011.
- GARDNER, J. H., BELL, D. T. Bauxite mining restoration by Alcoa World Alumina Australia in Western Australia: social, political, historical, and environmental contexts. **Restoration Ecology**, Washington, v. 15, n. 4, p. 3-10, 2007.
- GUEBERT, M. D., GARDNER, T. W. Macropore flow on a reclaimed surface mine: Infiltration and hillslope hydrology. **Geomorphology**, Greenville, v. 39, n. 4, p. 151-169, 2001.
- INDORANTE, S. J.; JANSEN, I. J., BOAST, C.W. Surface mining and reclamation: Initial changes in soil character. **J. Soil Water Conserv.**, Ankeny, v. 36, n. 6, p.347-351, 1981.
- KOCH, J. M. Alcoa's mining and restoration process in South Western Australia. **Restoration Ecology**, Washington, v. 15, n. 4, p. 11-16, 2007.
- LEITE, F. A. S.; NEVES, M. P. Reflexões Sobre Fechamento de Mina. **Escientia**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-14., 2008.
- MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G.; VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, n. 80, p. 185-200, 2005.
- MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G., VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil Tillage Res.**, Kiel, v. 80,p. 185-200, 2005.
- MORAES, F. T. **Zoneamento geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica**. 2007. 173 f. Tese (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- MORAES, F. T.; JIMÉNEZ-RUEDA, J. R. Fisiografia da região do planalto de Poços de Caldas, MG/SP. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 196-208, 2008.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed.. Lavras: Ufla, 2006, 729p.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURTI, N. Caracterização química e físico-hídrica de

um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 327-336, 2004.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; JARENKOW, J. A.; RODAL, M. J. N. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In: PENNINGTON, R. T.; RATTER, J. A.; LEWIS, G. P. **Neotropical savannas and dry forests: plant diversity, biogeography and conservation**. Oxford. 2006. p. 151-184.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; JARENKOW, J. A.; RODAL, M. J. N. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution patterns. In: PENNINGTON, R. T., RATTER, J. A., LEWIS, G. P. (eds.) **Neotropical savannas and dry forests: Plant diversity, biogeography and conservation**. Boca Raton: CRC Press, p. 151-184, 2006.

PEREIRA, J. A. A.; FONTES, M. A. L. **Plano de Manejo do Parque Municipal da Serra de São Domingos**. Lavras: UFLA, 2009. 331p.

PILLON, C. N.; MIURA, A. K.; ALBA, J. M. F. Potencialidades dos Subprodutos da Mineração na Agricultura: Agricultura no Contexto da Recuperação de Áreas Mineradas. In: ALBA, J. M. F. **Recuperação de Áreas Mineradas**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 2010. p. 31-46.

PREFEITURA MUNICIPAL DE POÇOS DE CALDAS - PMPC. **Plano Diretor Municipal. Poços de Caldas, MG**. Prefeitura Municipal de Poços de Caldas, 1992.

REIS, D. A.; LIMA, C. L. R.; PAULETTO, E. A. Tensile strength of aggregates and compressibility of a soil built up with cover crops in a coal mining area in Candiota, RS, Brazil. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa., 2014, v.38, n. 2, p. 669-678.

REIS, R. C. , SOUSA, W. T. Métodos de lavra de rochas ornamentais. **REM - Revista Escola de Minas**, v. 56, n. 3, p. 207-209, 2003.

RENELLA, G.; PIETRAMELLARA, G.; MENCH, M.; NANNIPIERI, P.; LANDI, L., ASCHER, J. Long-term effects of aided phytostabilisation of trace elements on microbial biomass and activity, enzyme activities, and composition of microbial community in the Jales contaminated mine spoils. **Environ. Pollut.**, New York, v. 152, p. 702-712, 2008.

ROVARON, C. E. **Ocupação da microregião da caldeira vulcânica de Poços de Caldas - MG**. 2007. 240 f. Dissertação (Mestrado em História Econômica) - Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SÁNCHEZ, L. E. Planejamento para fechamento prematuro de minas. **REM: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 64, n. 1, p. 117-124, 2011.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. = Embrapa, Brasília. 2013. 353p.

SCHIAVO, J. A., COLODRO, G. Agregação e resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 3, p.406-412, 2012.

SCHUMANN, A. Changes in mineralogy and geochemistry of a nepheline syenite with increasing bauxitization, Poços de Caldas, Brazil. **Chemical Geology**, Baltimore, v.107, n.114, p. 237-331, jul. 1993.

SCHWENKE, G. D.; MULLIGAN, D. R. , BELL, L. C. Soil stripping and replacement for the rehabilitation of bauxite-mined land at Weipa. I. Initial changes to soil matter and related parameters. **Aust. J. Soil Res.**, Canberra, v. 38, n. 2, p. 345-369,2000.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 88p.

WILLIAMS, D. **Memorial da Companhia Geral de Minas: seus 65 anos (1935 - 2000) e apontamentos da mineração no planalto de Poços de Caldas**. Poços de Caldas: Alcoa, 2001. 151p.