

## Variação temporal de nutrientes em solos construídos na recuperação de áreas degradadas.

**Marcos Back<sup>(1)</sup>; Fernando Basquioto de Souza<sup>(2)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Professor e Pesquisador; Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC); Criciúma, SC; mba@unesc.net.

<sup>(2)</sup> Pesquisador; Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC); Criciúma, SC; fbs@unesc.net.

**RESUMO:** A extração de carvão, seja a céu aberto ou em galeria subterrânea, assim como o seu beneficiamento, ocasionou vários impactos ambientais na região sul de Santa Catarina, obrigando as empresas envolvidas à recuperação das áreas degradadas. Entre as ações tomadas na recuperação destas áreas, esta a criação de uma nova camada de solo, chamada de solo construído. Avaliou-se a evolução das condições químicas (pH; P; K; Matéria Orgânica; Al; Ca; Mg; Na; H + Al; Soma de Bases; Capacidade de Troca de Cátions e Saturação por Bases), durante 3 anos, de um solo construído numa área de mineração de carvão a céu aberto, onde foram utilizados corretivos agrícolas (Calcário, NPK, Cama de Aviário, Turfa e Ureia) associados a espécies nativas da Mata Atlântica para a recuperação ambiental, comparando-se com a Zona Controle (por meio de análise de variância e teste de Tukey a 5%). Neste período, foram realizadas 5 campanhas de coleta do solo em 12 zonas homólogas, sendo que o monitoramento indicou altos valores de Capacidade de Troca de Cátions, Cálcio e de Fósforo, sendo que outros atributos apresentaram valores melhores que a Zona Controle (pH, Alumínio, Capacidade de Troca de Cátions, Cálcio e Fósforo). A recuperação do solo se dá em período maior que três anos, com declínio dos valores após a primeira campanha, porém tais valores ainda são melhores que os da zona de controle, sendo suficientes para a implantação da vegetação nativa da Mata Atlântica.

**Termos de indexação:** Fertilidade, Recuperação de Áreas Degradadas, Monitoramento Ambiental.

### INTRODUÇÃO

A mineração de carvão no sul de Santa Catarina, no século XX, gerou um passivo ambiental que levou as empresas envolvidas a recuperarem as áreas degradadas, seja devido a legislação, que as obriga a tal, bem como a processos judiciais (ACP do Carvão, 2013; Milioli et al., 2009).

No processo de recuperação, há a remoção ou isolamento dos rejeitos da mineração ou beneficiamento do carvão, com consequente construção de uma nova camada de solo (caso não ocorra solo natural abaixo destes rejeitos) visando

garantir o desenvolvimento da vegetação implantada.

O acompanhamento do desenvolvimento pedológico nesta nova camada de solo é uma importante forma de garantir o estabelecimento da vegetação, prevenindo o retorno de uma nova condição de degradação do solo, como a sulfuração do solo construído, ou a perda de nutrientes com a desorção de  $K^+$  e  $NH_4$  devido ao aumento da concentração de hidróxidos de Ferro e Alumínio (Inda et al., 2010; Quinõnes et al., 2008; Wang et al., 2013).

Define-se, para este artigo, que solos construídos são solos formados por materiais e procedimentos determinados pela ação humana (Kämpf et al., 2000).

A área de estudo, localizada no município de Siderópolis (SC), foi minerada a céu aberto até o ano de 1981, sendo objeto de projeto de recuperação em 2005. O monitoramento iniciou-se após a implantação da vegetação em cada zona homóloga. Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar o comportamento das características químicas do solo construído durante 3 anos, após o estabelecimento de vegetação nativa.

### MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, situada em Siderópolis (SC), sob as coordenadas UTM 6836604 N / 654262 E, tem como classificação climática de Köppen do tipo Cfa (mesotérmico, úmido e com verão quente), classificação pedológica Cambissolos (anterior à degradação), com formação geológica Rio Bonito, ou seja, arenitos e siltitos associados a camadas de carvão (EPAGRI/CIRAM, 2002; Milioli et al., 2009).

Em 2005, foi executado um projeto de recuperação no local, com consequente acompanhamento (monitoramento ambiental) entre os anos de 2006 e 2010. Para a construção do solo utilizou-se 9.300 m<sup>3</sup> de turfa, 1.484,00 m<sup>3</sup> de cama de aviário, 1.469,80 t de calcário, 62.920,00 kg de NPK (3-10-6) e 921,00 kg de uréia em 37,12 ha de camadas de argila, sendo que tais recomendações de insumos agrícolas basearam-se em EMBRAPA (1989).

A revegetação da área iniciou com gramíneas e leguminosas exóticas agressivas, mas sensíveis ao

frio. Posteriormente houve a implantação de espécies nativas da Mata Atlântica, como bracatinga, araçá, ipê amarelo, palmito, baga de macaco, entre outras espécies (desde pioneiras à climácicas). Mais informações, referentes ao solo e vegetação, podem ser consultadas em ACP do Carvão (2012).

O monitoramento da fertilidade do solo, realizado por meio de 5 campanhas de amostragem (nos meses de março 2006 (campanha 1 – C1); julho 2006 (campanha 2 – C2); outubro 2007 (campanha 3 – C3); agosto 2008 (campanha 4 – C4) e abril 2009 (campanha 5 – C5)), envolvendo uma amostra composta superficial (0-20 cm) para cada uma das 12 zonas homologas, sendo que a divisão foi realizada por meio das características peculiares de geologia, pedologia e resiliência, baseada na cobertura vegetal existente e na formação da camada orgânica sobre os estéreis.

As amostras coletadas foram encaminhadas ao laboratório para análise de fertilidade (pH; Fósforo; Potássio; Matéria Orgânica; Alumínio; Cálcio; Magnésio; Sódio; Acidez (H + Al); Soma de Bases (SB); Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Saturação por Bases (V)), às quais foram realizadas conforme as recomendações do Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS) e Manual de Métodos de Análise de Solos da EMBRAPA de 2011, sendo que os valores obtidos foram posteriormente comparados com os atributos dos Cambissolos, apresentados por EMBRAPA (1998, pgs. 454-458), como controle (Zona Controle – ZC), sendo analisados estatisticamente por meio de análise de variância e teste de Tukey a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos demonstram, conforme SBCS / CQFS (2004), figura 1 e outros autores citados ao longo do texto, os seguintes fatos elencados:

- pH: Apresentam valores médios (C1) a muito baixos (C2, C3, C4, C5 e ZC), sendo que a C1, C2 e C3 demonstra-se ser diferentes da ZC. Embora diferentes, tais valores são maiores que os da ZC. A redução do pH, assim como o incremento dos níveis de alumínio, podem indicar, conforme Inda et al (2010), a ocorrência dessulfurização do solo construído, devido ao processo de oxidação da pirita. Tal processo, conforme Pitchel et al (1994) apud Campos et al (2003), também intensifica a perda de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) por meio da lixiviação destes na forma de sais;

- Acidez Total (H+Al): Apresentou valores semelhantes à ZC somente na C1, sendo que os

valores de C2, C3, C4 e C5 foram maiores e diferentes da ZC, como essa diferença não é percebida no teor de Alumínio, constata-se o aumento da concentração do íon de Hidrogênio no solo construído;

- Fósforo: Tiveram valores, com teor de argila classe 3, muito altos (C1), altos (C2, C3, C4 e C5) e baixos (ZC), com todos as campanhas diferentes da ZC e maiores que ela. Embora apresente valores altos, a concentração de Fósforo decaiu ao longo do monitoramento, possivelmente em função da rápida absorção pelas plantas, conforme Shen et al (2011);

- Alumínio: valores de saturação de alumínio baixos (C1), médios (C2, C3, C4 e C5) e altos (ZC), com apenas a C1 diferente e menor que a ZC;

- Cálcio: Os valores de cálcio foram altos (C1, C2, C3, C4 e C5) e baixos (ZC), sendo que os valores das campanhas apresentaram-se diferentes e mais elevados que os da ZC (principalmente em função da aplicação inicial de calcário);

- Magnésio: Tiveram valores de magnésio altos (C1, C2, C3, C4, C5 e ZC), tais valores são maiores e diferentes (C1) que os da ZC;

- Potássio: Apresentam valores altos (C1, C2, C3, C4, C5 e ZC) e as campanhas demonstraram ser diferentes da ZC, inclusive maiores;

- Sódio: Demonstrou valores diferentes da ZC somente nas C3 e C5, iniciando abaixo do controle e terminando acima deste;

- M.O.: Apresentam valores altos (C1), médios (ZC) e baixos (C2, C3, C4 e C5), com C1 e C5 com valores diferentes da ZC, iniciando maior que a ZC, decrescendo ao longo das campanhas, terminando com valores menores que a ZC, possivelmente em função da mineralização do carbono orgânico devido às altas temperaturas de verão e do pouco material disponível para decomposição;

- Soma de Bases (S): Apresentou valores diferentes da ZC, sendo que tais valores são maiores que os da ZC.

- CTC: Os valores de CTC foram altos (C1, C2, C3, C4, C5) e médios (ZC), sendo que todos os valores encontrados são diferentes da ZC;

- Saturação por Bases (V%): Inicialmente tiveram valores médios a baixos (C1), ficando muito baixos (C2, C3, C4, C5 e ZC), apresentou valores diferentes e maiores que os da ZC, sendo que os valores da C1 foram os maiores;

Embora tenha ocorrido redução em alguns atributos, evidencia-se que os valores obtidos para os parâmetros pH, Alumínio, Cálcio, Fósforo, Potássio, CTC, Soma e Saturação de Bases apresentaram-se melhores que os da ZC, inclusive após os 3 anos de monitoramento (com exceção do Alumínio).

Os resultados são semelhantes, ao comparar a



C1, daqueles obtidos por Maçaneiro (2000), a qual, ao tratar solos construídos com calcário e adubos orgânicos, aumentou significativamente os valores de pH, K, Ca e Mg e reduziu os de Al e H+Al, porém, percebe-se que estes parâmetros sofrem alterações significativas (com exceção do Mg) após a C1.

Campos et al (2003) analisou as características químicas de três solos construídos, na década de 1990, em áreas de mineração de carvão, constando valores de pH e H+Al menores, Al mais altos que aqueles aqui apresentados, principalmente devido a rejeitos piritosos no solo construído.

Os valores de Costa e Zocche (2009), em solos construídos com oito anos após a recuperação da área minerada de carvão a céu aberto, apresentaram-se baixos (como M.O., P, SB, pH e V) e altos (H+Al), estes ainda encontram-se abaixo dos valores aqui representados.

## CONCLUSÕES

Embora a reabilitação de uma área degradada pela mineração de carvão se dá em um período maior que três anos, os quantitativos utilizados foram suficientes para o estabelecimento da vegetação.

Mesmo com um declínio de nutrientes no primeiro ano de monitoramento, os valores detectados após três anos ainda são melhores que os encontrados na ZC, com exceção da M.O. e H+Al. Os altos níveis de alumínio no material de origem usados como cobertura seca e a mineralização da matéria orgânica adicionada são as prováveis causas destas exceções.

O desenvolvimento das sucessões vegetais, até o completo estabelecimento de plantas climáticas deverá indicar a necessidade de manutenção de monitoramentos por períodos maiores que os três anos aqui trabalhados.

## REFERÊNCIAS

Ação Civil Pública do Carvão – ACP do Carvão. Disponível em: <<https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/index.php>>. Acesso em 04 jan. 2013.

CAMPOS, M.L.; ALMEIDA, J.A.; SOUZA, L.S.. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:1123-1137, 2003.

COSTA, S.; ZOCHE, J.J.. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. Revista Árvore, 33-4:665-674, 2009.

EMBRAPA. Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2 ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128p.

SBCS / CQFS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Recomendações de adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10. ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo: Porto Alegre, 2004. 404 p.

EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1998. 735p.

EPAGRI/CIRAM. Mapa de Solos - Unidade de Planejamento Regional Litoral Sul Catarinense - UPR 8 [mapa]. Florianópolis: EPAGRI/CIRAM, 2002. Disponível em: <<http://home.furb.br/tfenilli/materiais/solos/8.pdf>>. Acesso em 01 fev. 2013.

INDA, A.V. et al. Atributos químicos relacionados ao processo de sulfurização em solos construídos após mineração de carvão. Ciência Rural, 40-5:1060-1067, 2010.

KÄMPF, N. et al. Solos Construídos em áreas de mineração da bacia carbonífera. In: Carvão e Meio Ambiente. Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, 2000. p. 596-640.

MAÇANEIRO, K.C. Efeito da calagem e da adubação orgânica no estabelecimento de gramíneas em áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. Universidade do Estado de Santa Catarina. 2001. 66p. (Tese de Mestrado).

MILIOLI, G.; SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V.. Mineração de Carvão, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável no Sul de Santa Catarina. Curitiba: Juruá, 2009. 315p.

QUINONES, O.R.G. et al. Características de solos construídos após mineração de carvão relacionadas ao processo de construção e à composição do material utilizado. Ciência Rural, 38-6:1564-1571, 2008.

SHEN, J. et al. Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant. Plant Physiology, 156:997-1005, 2011. Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org/content/156/3/997.full>>. Acesso em: 26 fev. 2013.

WANG, Y.; XU R.; LI, J.. Effect of Fe/Al Hydroxides on Desorption of K+ and NH4+ from Two Soils and Kaolinite. Pedosphere, 23-1:81-87, 2013.

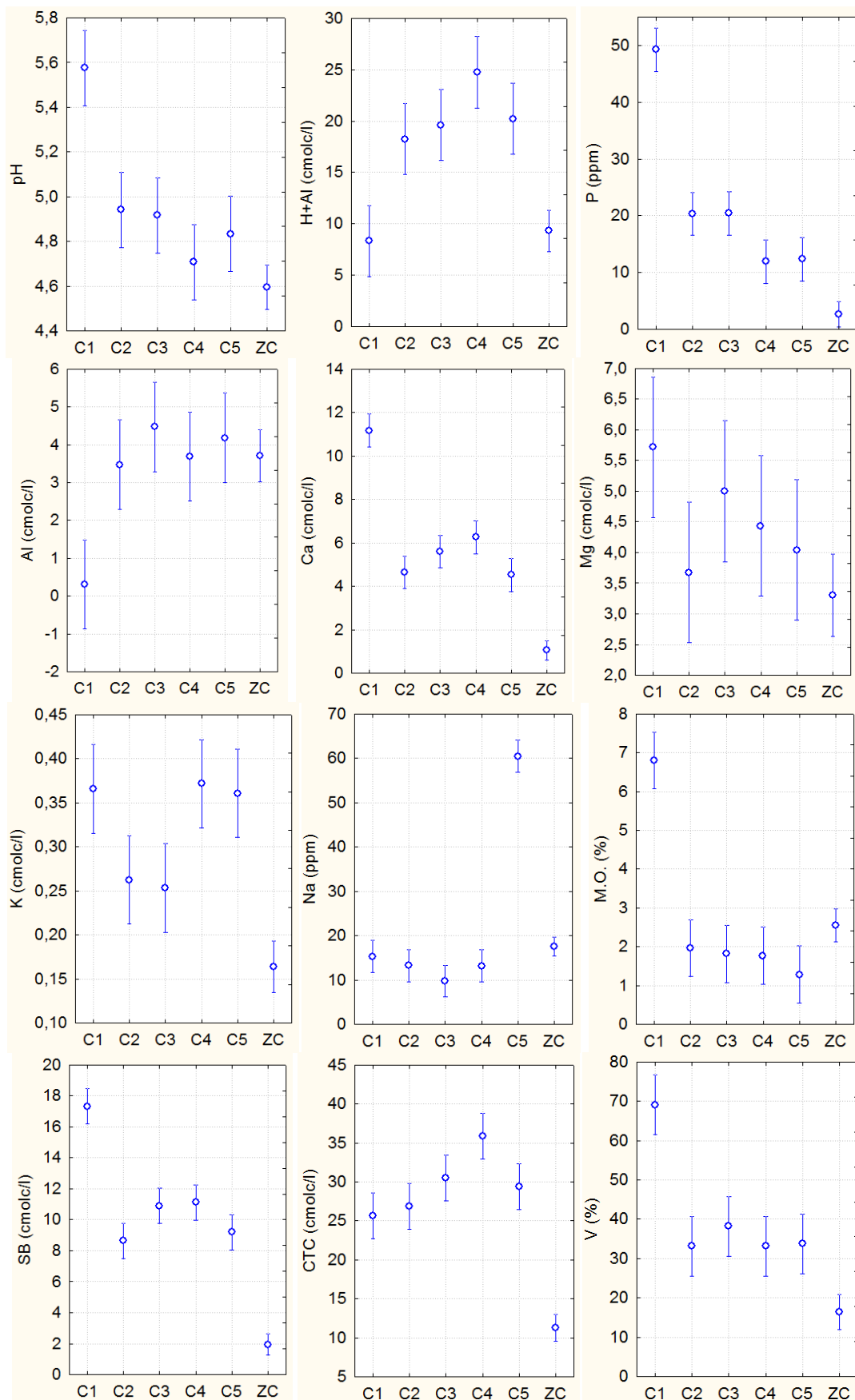


Figura 1 – Análise ANOVA (p<5%) dos parâmetros analisados em função das campanhas e zona controle.