

# *Baccharis trimera* Less. DC. como Indicadora da Recuperação de Áreas Mineradas de Carvão

Polliana Zocche de Souza<sup>1</sup>, Samuel Costa<sup>2</sup> e Jairo José Zocche<sup>3</sup>

## Introdução

Em Santa Catarina, a mineração do carvão iniciou em meados de 1940, e desde então vem alterando física, química e biologicamente os ecossistemas associados às áreas mineradas, pondo em risco o solo, a biota e os recursos hídricos [1]. Para se ter acesso à camada de carvão, na mineração a céu aberto, há a necessidade de remover a cobertura vegetal, o solo orgânico e a camada de estêreis [2], resultando numa paisagem constituída por pilhas de materiais piríticos e carbonosos dispostos em corpos cônicos [1].

Entretanto, mesmo sobre tais materiais ocorrem plantas resistentes, capazes de sobreviver às condições inóspitas, tolerando ou concentrando metais pesados presentes nestes locais [3, 4]. Algumas destas plantas são utilizadas como ervas medicinais e, quando coletadas em áreas contaminadas oferecem a oportunidade para o acúmulo de metais pesados nos tecidos humanos, o que pode levar a intoxicações agudas ou crônicas [4].

O trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do processo de recuperação de áreas degradadas pela mineração a céu aberto, adotado pelas Empresas Rio Deserto, na Mina do Trevo, Siderópolis, SC, Brasil, analisando o conteúdo de zinco (Zn) e manganês (Mn) em *Baccharis trimera* Less. DC.

## Material e métodos

### A. Localização e Descrição da Área de Estudo

A área estudada encontra-se inserida na Bacia Carbonífera Catarinense, no município de Siderópolis, na localidade de Vila Funil, onde atualmente funciona o lavador da Mina do Trevo (S 28°35'52" e W 49°25'28").

Em decorrência do processo de mineração, a topografia resultante é formada por acentuadas declividades. Quanto à acidez, o pH varia de 5,1 a 6 [5]. Folhelhos carbonosos, siltitos, arenitos e argila expostos são resultado do processo de descaracterização do solo, ocasionado pela inversão de camadas e mistura dos horizontes [6].

O clima predominante na região, segundo a classificação de Köppen é mesotérmico úmido com verões quentes (Cfa), com chuvas bem distribuídas ao longo do ano.

A cobertura vegetal original era do tipo Floresta

Ombrófila Densa Submontana [7], atualmente encontra-se representada por vegetação secundária.

A área de amostragem está localizada próximo ao lavador da Mina do Trevo, que entrou em operação em 1998, quando a Carbonífera Rio Deserto adquiriu áreas mineradas a céu aberto pertencentes à Carbonífera Próspera, ficando com a responsabilidade de recuperá-las como medida compensatória à instalação da Mina do Trevo.

Toda a drenagem superficial existente nas redondezas flui para o último corte da mineração, denominado de "Língua do Dragão", aflorando junto ao mesmo com características de águas ácidas, após se infiltrar através das pilhas de estêreis depositadas a céu aberto [6].

A recuperação de cinco hectares (ha) localizados a leste da "Língua do Dragão" foi iniciada em 2002 (denominada de área 4), a partir do preenchimento da lagoa do fundo até aproximadamente 0,80 m da superfície com rejeito da mineração de carvão. Esses materiais foram cobertos com uma camada de estêreis de 0,80 m até atingir o nível d'água, e sobre a camada de estêreis foi depositada uma camada de argila (de 0,30 m), oriunda de área de empréstimo do entorno. Em 2004, teve início a recuperação de mais seis ha (área 6), seguindo a mesma metodologia de construção do solo, aumentando-se somente a espessura da camada de argila de 0,30 para 0,80 m [6].

A camada de argila recebeu a adição de matéria orgânica (cama de aviário), correção da acidez e da fertilidade pela adição de calcário e adubo químico. Na área 4, houve o plantio de mudas de *Axonopus obtusifolius* (Raddi), *Indigofera* sp., e de diversas espécies arbustivo-arbóreas nativas enquanto que, na área 6, houve apenas o plantio de *A. obtusifolius* [6].

### B. Metodologia

Foram coletados, de forma aleatória, cinco indivíduos de *B. trimera* em cada uma das áreas acima descritas, acondicionados individualmente em sacos de papel devidamente identificados. Próximos aos mesmos, foram coletadas amostras de solo (0 a 0,30 m) com auxílio de um trado de rosca holandês inoxidável, sendo acondicionados em sacos plástico identificado.

As amostras vegetais foram lavadas em água corrente e desidratadas em estufa a 60° C por 48 horas. O solo foi desidratado em estufa a 100 °C, por 48 h, macerado em *graal* de porcelana e encaminhado para análise. O

1. Acadêmico do Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Av. Universitária, 1105, Bairro Universitário, Criciúma, SC, CEP 88806-000. E-mail: farbby@gmail.com

2. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Av. Universitária, 1105, Bairro Universitário, Criciúma, SC, CEP 88806-000.

3. Professor Adjunto do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Av. Universitária, 1105, Bairro Universitário, Criciúma, SC, CEP 88806-000.

Apoio financeiro: Programa de Iniciação Científica (PIC) – UNESC.

conteúdo total de Zn e Mn nas plantas e disponível no solo foi determinado a partir de leituras em espectrofotometria de absorção atômica, com uso de forno de grafite [8].

Foram aplicados aos dados de concentração resultantes das leituras, cálculos estatísticos básicos: média, mediana, desvio padrão [9]. Os valores médios foram comparados ainda, com as médias mundiais [10] e submetidos ao teste “t”, com o objetivo de verificar se as diferenças entre as concentrações médias de cada metal estudado em cada compartimento (solo, raízes e folhas) de cada área, eram estatisticamente significativas, ao nível de confiabilidade de 95%.

## Resultados

A partir da recuperação executada pela Empresa Carbonífera Rio Deserto, observa-se que uma série de espécies vegetais está repovoando as áreas recuperadas. A espécie *B. trimeria* ocorre espontaneamente, com elevada densidade, principalmente naquelas áreas recuperadas há mais tempo.

No solo da área 4 foram observados valores máximos trocáveis de Mn e Zn mais elevados do que na área 6 (Tabela 1), ainda que em ambas situações tais valores estejam abaixo das médias mundiais citadas como normais para solos não minerados [10].

Assim sendo, mesmo estando abaixo dos limites de normalidade foi observado que houve uma sensível diminuição do conteúdo disponível dos mesmos na área recuperada mais recentemente, em relação à área mais antiga. Portanto o processo de recuperação das áreas mineradas adotado pela Empresa até o momento tem-se mostrado eficaz e em evolução.

Embora tenha sido verificada (Tabela 2) a redução na disponibilidade de Mn na ordem de 12 vezes da área 4 para a área 6 ( $0,00065$  para  $0,000054 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) e de Zn na ordem de três vezes ( $0,0002$  para  $0,000062 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) foi constatado que as diferenças nas concentrações médias de cada respectivo metal entre duas áreas não são estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ).

Os trabalhos de recuperação de áreas degradadas pela mineração a céu aberto no lavador da Mina do Trevo, tiveram início em meados de 2002 na área 4. Ao serem desenvolvidos na área 6, sofreram aprimoramentos levando a melhorias como, por exemplo, o aumento da espessura da camada de argila colocada sobre os estêreis, que passou de 0,30 m para 0,80 m [6].

Entre as alterações previsíveis em solos construídos sobre áreas degradadas pela mineração de carvão, está a disponibilidade de elementos químicos que podem atuar como fatores de estresse. Os conteúdos totais máximos de Mn ( $900,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) e Zn ( $85,3 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) foram detectados nas folhas de *B. trimeria* na área 4. Ambos elementos mostraram tendências a se concentrar em quantidades mais elevadas nas folhas do que nas raízes em ambas as áreas (Tabela 3), apesar de estarem abaixo dos limites de normalidade quando comparados com as médias mundiais [10].

A diferença na concentração média de Mn nas folhas de *B. trimeria* ( $593,20$  e  $314,80 \mu\text{g.g}^{-1}$ ) entre área 4 e 6 respectivamente (Tabela 4), analisada por meio do teste “t”, mostrou-se estatisticamente significativa ( $t_{0,05; 8} = 2,63$ ). Em relação à Zn ( $73,26$  e  $37,18 \mu\text{g.g}^{-1}$ ), foi observado o mesmo comportamento ( $t_{0,05; 8} = 7,84$ ).

O que se observa, no entanto, é que mesmo havendo uma disponibilidade muito baixa dos metais estudados no solo, os valores observados nas plantas são muito mais elevados do que estes, sugerindo então que *B. trimeria* esteja concentrando-os em seus tecidos. Como no presente estudo foram coletadas apenas cinco amostras de raízes e folhas em cada área e a coleta foi executada apenas uma vez, estes valores podem estar variando em uma amplitude maior do que aquela detectada. Recomenda-se assim, acompanhamento em um prazo maior, a fim de verificar o comportamento da espécie estudada.

*B. trimeria* até o momento, tem se comportado como uma espécie concentradora, apesar da baixa disponibilidade de metais no solo. Como é uma espécie medicinal deve ser monitorada com cuidado, a fim de verificar se não causará danos à saúde humana ou se não estará contribuindo para o aumento da concentração de elementos tóxicos ao longo da cadeia alimentar.

O fato de *B. trimeria* ter concentrado Mn e Zn em quantidades mais elevadas nas folhas requer cautela, apesar desses estarem abaixo dos limites considerados normais, pois é consumida em infusões medicinais.

Os resultados evidenciam ainda que a espécie *B. trimeria* pode ser considerada uma boa bioindicadora da presença de metais pesados no solo, pois como se observou, embora as concentrações dos elementos estudados estivessem em quantidades muito baixas no solo, o conteúdo total nas raízes e folhas mostraram-se muito mais elevados.

## Agradecimentos

Agradecemos a UNESC bolsa de Projeto de Iniciação Científica-PIC e a Empresa Carbonífera Rio Deserto disponibilização da área para estudos.

## Referências

- [1] ALEXANDRE, N. Z. 1999. Diagnóstico ambiental da região carbonífera de Santa Catarina: degradação dos recursos naturais. *Rev. Tecnol. Amb.*, Criciúma, v. 5, n. 2, p. 35-53.
- [2] BARTH, C. R. C. 1989. Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil. *Boletim Técnico SIF*. (1): 1-41.
- [3] ZOCHE, J. J. 2002. *Comunidades Vegetais de Savana Sobre Estruturas Mineralizadas de Cobre na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS*. 205 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- [4] ZOCHE, J. J. 2003. Metais pesados em áreas de mineração de carvão: estudos da concentração em diferentes compartimentos do ecossistema. *Projeto de pesquisa apresentado a Diretoria de Pesquisa, UNESC*. Criciúma.
- [5] MAIXNER, A. E.; SCHWARZBOLD, A. 1978. Características silvo-agro-pastoris da Região Carbonífera do espaço de Santa Catarina. In: UFRGS-FATMA. *Estudos sobre o impacto ecológico da mineração e do beneficiamento do carvão na Região Sul do estado de Santa Catarina*. Relatório final (Convênio FATMA-UFRGS).
- [6] SMANIOTTO, A. A. 2004 [Online]. Deposição Sub-áquatica de rejeitos do beneficiamento de carvão em Siderópolis (SC). In: *Seminário Regional de recuperação ambiental de áreas impactadas pela mineração de carvão*. Homepage: <http://www.sieccsc.com.br/eventos/default.htm>

- [7] TEIXEIRA, M. B.; COURA NETO, A. B.; PASTORE, U.; RANGEL FILHO, A. L. R. 1986 As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos – Estudo fitogeográfico. In: *Levantamento de recursos naturais*. V. 33. Porto Alegre: IBGE.
- [8] PORTO, M. L. 1989. Tolerância ao cobre em ecótipos de *Schinus lentiscifolius* March (Anacardiaceae) de áreas mineradas no Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, v. 3, n. 2, p.23-31.
- [9] ZAR, J. *Bioestatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1985. 620 p.
- [10] ALLEN, S.; GRIMSHAW, M. H.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. 1974 *Chemical analysis of ecological materials*. Oxford: Blackwell.

**Tabela 1.** Parâmetros estatísticos relativos às concentrações ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) de Zn e Mn trocáveis no solo, coletado na área 6 e área na 4, no lavador da Mina do Trevo, em Siderópolis (SC).

| Parâmetros Estatísticos | Conteúdo Trocável ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) no solo |                   |                   |                  |
|-------------------------|----------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                         | Área 6                                             |                   | Área 4            |                  |
|                         | Mn                                                 | Zn                | Mn                | Zn               |
| Amplitude               | 0,000015 a 0,00013                                 | 0,00002 a 0,00012 | 0,000041 a 0,0019 | 0,00008 a 0,0005 |
| Mediana                 | 0,000044                                           | 0,00005           | 0,00052           | 0,00012          |
| Média                   | 0,000054                                           | 0,000062          | 0,00065           | 0,0002           |
| Desvio Padrão           | 0,000047                                           | 0,000039          | 0,00075           | 0,00018          |
| Média Mundial [7]       | 5,00 a 500,00                                      | 2,00 a 20,00      |                   |                  |

**Tabela 2.** Significância estatística (teste “t”) entre as diferenças de concentrações médias de íons trocáveis ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) no solo entre as áreas 6 e 4, no lavador da Mina do Trevo, Siderópolis (SC).

| Metais   | Teste “t”                     |
|----------|-------------------------------|
| Manganês | 1,80 ( $t_{0,05; 8} = 2,36$ ) |
| Zinco    | 1,76 ( $t_{0,05; 8} = 2,36$ ) |

**Tabela 3.** Parâmetros estatísticos, relativos às concentrações ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) de Zn e Mn total nas raízes e folhas de *Baccharis trimera*, coletadas nas áreas 6 e 4, no lavador da Mina do Trevo, Siderópolis (SC).

| Parâmetros Estatísticos | Conteúdo total em <i>Baccharis trimera</i> ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) |             |                |           |            |             |            |            |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|-----------|------------|-------------|------------|------------|
|                         | Área 6                                                              |             |                |           | Área 4     |             |            |            |
|                         | Mn                                                                  |             | Zn             |           | Mn         |             | Zn         |            |
|                         | Raiz                                                                | Folha       | Raiz           | Folha     | Raiz       | Folha       | Raiz       | Folha      |
| Amplitude               | 31,00<br>a                                                          | 218,00<br>a | 20,40<br>a     | 33,5<br>a | 58,10<br>a | 315,00<br>a | 23,50<br>a | 60,30<br>a |
| Mediana                 | 136,00                                                              | 439,00      | 44,80          | 42,00     | 200,00     | 900         | 68,10      | 85,30      |
| Média                   | 69,0                                                                | 305,00      | 21,70          | 35,10     | 175,00     | 561,00      | 48,70      | 76,10      |
| Desvio Padrão           | 80,10                                                               | 314,80      | 26,5           | 37,18     | 152,22     | 593,2       | 45,00      | 73,26      |
| Desvio Padrão           | 48,28                                                               | 80,51       | 10,35          | 3,95      | 57,87      | 222,04      | 17,00      | 9,46       |
| Média Mundial [7]       | 50,00 a 1000,00                                                     |             | 15,00 a 100,00 |           |            |             |            |            |

**Tabela 4.** Significância estatística (teste “t”) entre as diferenças de concentrações médias de cada metal ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ), em cada órgão de *Baccharis trimera*, entre as áreas 6 e 4, no lavador da Mina do Trevo, Siderópolis (SC). Os valores sublinhados indicam diferença estatisticamente significativa ao nível de 95%.

| Metais   | Teste “t” entre áreas         |                                      |
|----------|-------------------------------|--------------------------------------|
|          | Raiz                          | Folha                                |
| Manganês | 2,14 ( $t_{0,05; 8} = 2,36$ ) | <u>2,63</u> ( $t_{0,05; 8} = 2,36$ ) |
| Zinco    | 2,08 ( $t_{0,05; 8} = 2,36$ ) | <u>7,84</u> ( $t_{0,05; 8} = 2,36$ ) |