

Produção de biomassa vegetal em diferentes materiais utilizados como cobertura de substrato sulfetado após mineração

Silmara Costa Silva⁽¹⁾; Fabiana Domingos Barros⁽²⁾; Indyra Faria de Carvalho⁽²⁾; Igor Rodrigues de Assis⁽³⁾; Luiz Eduardo Dias⁽³⁾.

⁽¹⁾ Doutoranda em Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais; silmara.silva@ufv.br; ⁽²⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal de Viçosa; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal de Viçosa.

RESUMO: Apesar de possuírem grande importância econômica, as atividades de extração mineral são responsáveis por inúmeros impactos ambientais, dentre eles a remoção da camada superficial do solo, deixando expostos substratos que dificultam o processo de revegetação nessas áreas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a biomassa vegetal produzida após o plantio de cinco espécies em diferentes materiais e formas de cobertura de substrato sulfetado remanescente de exploração de ouro. Para tal, diferentes camadas (camada de quebra de capilaridade – CQC, camada selante – CS e camada de cobertura – CC) constituídas por diferentes materiais (solo, substrato oxidado-B1, brita e laterita) dispostos sobre o substrato sulfetado foram utilizadas, totalizando treze tratamentos. Nas camadas de cobertura foi realizado o plantio de diferentes espécies. Foram realizadas duas avaliações, sendo uma cinco meses após o plantio e a segunda oito meses após a primeira. A biomassa vegetal produzida em cada parcela foi avaliada por meio de coleta em campo e pesagem. Observou-se aumento da biomassa produzida entre a primeira e a segunda avaliação, exceto para o tratamento com solo, B1 e brita nas CC, CS e CQC, respectivamente. A quantidade de biomassa produzida nos tratamentos com solo na camada de cobertura foi maior do que com substrato B1. A presença de solo na camada selante foi de fundamental importância para a maior produção de biomassa quando comparado ao substrato B1.

Termos de indexação: revegetação; drenagem ácida; recuperação de áreas degradadas.

INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais, por possuir muitas reservas minerais, está sujeito à atividade de extração de diversos materiais. Por ser uma atividade geradora de grande impacto ambiental, é passível de pressão por parte da sociedade e de órgãos ambientais para que se promova, no menor tempo possível, a recuperação das áreas degradadas pela exploração.

A recuperação de áreas degradadas pela mineração normalmente está relacionada a atividades que visem o restabelecimento da

vegetação. Em se tratando de substratos sulfetados, a revegetação é um desafio. Este processo é complexo, uma vez que as condições que favorecem o desenvolvimento do sistema radicular geralmente estimulam a oxidação e a geração de drenagem ácida (resultante da oxidação do substrato sulfetado) e, por outro lado, as condições que promovem a redução da geração de águas ácidas, não são ideais para o crescimento das plantas (MELLO et al., 2003).

Dessa forma, camadas de cobertura com diferentes materiais sobre o substrato remanescente da lavra são utilizadas em todo o mundo com o objetivo de favorecer tanto o desenvolvimento da vegetação quanto a mitigação da drenagem ácida. Tem-se utilizado em diversos trabalhos camadas selantes, compostas em sua maioria por material argiloso compactado, e camadas de cobertura com características que promovam melhores condições de estabelecimento da vegetação (DIAS et al., 2008; ASSIS et al., 2012; ASSIS et al., 2011; TORDOFF et al., 2000; SUNDBLAD, 2003). A utilização destas camadas tem o objetivo de evitar a ascensão capilar de elementos tóxicos e a lixiviação dos mesmos, que pode levar à contaminação do lençol freático, além de promover melhores condições para o estabelecimento da vegetação.

Por meio da incorporação de espécies vegetais nestas áreas busca-se, sobretudo, o aporte de material orgânico e a proteção do substrato de modo a favorecer a atividade de microrganismos e dar início ao processo da ciclagem de nutrientes, que exerce papel fundamental na sustentabilidade do sistema em recuperação.

Considerando a falta de matéria orgânica dos materiais utilizados como camada de cobertura, avaliar a biomassa produzida é de grande importância uma vez que ela possui influência direta na incorporação de carbono ao substrato (DIAS et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a biomassa vegetal produzida em diferentes materiais e formas de cobertura de substrato sulfetado remanescente de exploração de ouro em Paracatu – MG.

MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo localiza-se na cidade de

Paracatu, Minas Gerais, no Morro do Ouro, onde ocorre atualmente exploração de ouro e prata.

O clima da região é do tipo tropical com estação seca no inverno, de abril a setembro, e o período chuvoso ocorrendo no verão, de outubro a março.

Tratamentos e amostragens

O experimento foi montado em cima de uma camada de substrato sulfetado, sobre o qual foi adotado um modelo de três camadas. Inicialmente colocou-se camada de quebra de capilaridade (10 cm) formada por brita calcária ou laterita. A camada selante (20 cm), quando presente, foi colocada acima da camada de quebra de capilaridade, sendo constituída de solo ou substrato B1 (substrato oxidado com menores teores de sulfetos, da ordem de 3,0 g kg⁻¹). Por fim, instalou-se a camada de cobertura (20 cm) formada por solo ou substrato B1 (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos implantados no experimento de campo com substrato B2

Tratamento	Camada		
	Quebra de capilaridade (10 cm)	Selante (20 cm)	Cobertura (20 cm)
1 (-)	B1	B1	B1
2 (B1/So/Br)	Brita calcária	Solo	B1
3 (So/So/Br)	Brita calcária	Solo	Solo
4 (B1/B1/Br)	Brita calcária	B1	B1
5 (So/B1/Br)	Brita calcária	B1	Solo
6 (B1-/Br)	Brita calcária	-	B1
7 (So-/Br)	Brita calcária	-	Solo
8 (B1/So/Lt)	Laterita	Solo	B1
9 (So/So/Lt)	Laterita	Solo	Solo
10 (B1/B1/Lt)	Laterita	B1	B1
11 (So/B1/Lt)	Laterita	B1	Solo
12 (B1-/Lt)	Laterita	-	B1
13 (So-/Lt)	Laterita	-	Solo

As espécies utilizadas são apresentadas na **tabela 2**. A caracterização da biomassa produzida foi realizada aos cinco e aos treze meses (maio de 2012 e janeiro de 2013) após o plantio. O material vegetal existente em cada parcela foi avaliado quanto à biomassa produzida por meio de três lançamentos ao acaso de gabarito de 0,16 m² em cada parcela. Todo material presente dentro deste quadrado foi coletado, armazenado em sacos de papel e seco em estufa de ar com circulação forçada a 60 °C por 72 h. Este material foi pesado em balança com aproximação de 0,01 g para

determinação da massa seca.

Tabela 2 – Relação das espécies e quantidade de sementes utilizadas no experimento

Espécies	Quantidade de sementes kg ha ⁻¹
<i>Melinis minutiflora</i> (capim gordura)	35
<i>Mucuna pruriens</i> (mucuna preta)	35
<i>Lolium multiflorum</i> Lam (azevém)	15
<i>Crotalaria spectabilis</i> (crotalaria)	35
<i>Stylosanthes spp.</i> – <i>S. capitata</i> e <i>S. macrocephala</i> – (estilosante)	2

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância para os diferentes tratamentos em estudo. Os graus de liberdade dos tratamentos foram desdobrados em contrastes ortogonais de modo a se testar o efeito dos tratamentos (**Tabela 3**).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeira avaliação

A produção de biomassa nos tratamentos que continham solo na camada de cobertura foi maior do que nos tratamentos com B1 (**Tabela 4**). Apenas entre os tratamentos 12 (B1-/Lt) e 13 (So-/Lt) essa diferença não foi significativa, o que pode ter sido ocasionado pelo crescimento da vegetação de forma não uniforme em algumas parcelas.

A presença de camada selante resultou em um efeito significativo apenas para tratamentos com brita calcária na camada de quebra de capilaridade. Neste caso, a biomassa foi 0,30 t ha⁻¹ (p<0,01) maior nos tratamentos que possuíam camada selante (T2, T3, T4 e T5) do que naqueles em que ela não estava presente (T6 e T7) (C₃). O efeito da camada selante nos tratamentos com laterita na camada de quebra de capilaridade não foi significativo possivelmente pela variação na quantidade de biomassa produzida em cada bloco para estes tratamentos.

Segunda avaliação

De modo geral, na segunda avaliação, realizada no décimo terceiro mês após o plantio, observou-se também maior produção de matéria seca em tratamentos que receberam solo na camada de cobertura em relação ao substrato B1 (**Figura 1**).

Em relação à primeira avaliação houve aumento da biomassa vegetal para a maioria dos

tratamentos, exceto para T₁ (-) e T5 (So/B1/Br) (**Figura 1**). No T5, a presença de substrato B1 na camada selante pode ter ocasionado a ascensão de metais pesados possivelmente presentes para a camada de cobertura por meio da evapotranspiração das plantas existentes.

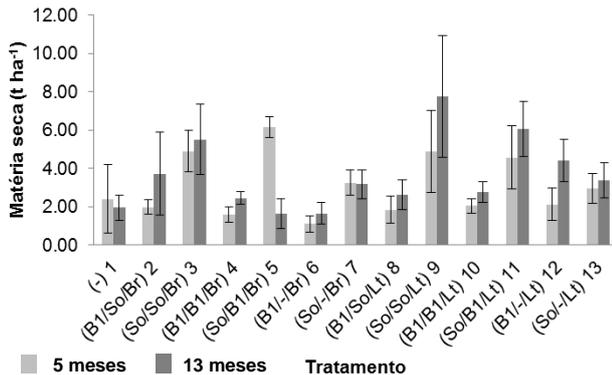


Figura 1 – Biomassa seca produzida por tratamento no quinto e décimo terceiro mês após o plantio.

Avaliando a produção de material vegetal em função do material presente na camada de quebra de capilaridade observou-se que tratamentos que apresentavam laterita na camada de quebra de capilaridade produziram em média 0,98 t ha⁻¹ (p<0,01) a mais de material vegetal do que os tratamentos que continham brita calcária nesta camada (**Tabela 4**).

Tratamentos que continham solo na camada selante produziram em média 5,16 t ha⁻¹ (p<0,01) a mais do que tratamentos que continham substrato B1 nesta camada (**Tabela 4**). O efeito mais expressivo da presença de solo na camada selante do que na de cobertura também foi observado por Assis (2006), o qual sugeriu que o uso desta camada seja indispensável para a revegetação deste tipo de ambiente.

CONCLUSÕES

A presença de solo na camada de cobertura possibilitou maior produção de biomassa devido às melhores condições químicas, físicas e biológicas deste material.

Diante da importância da camada de quebra de capilaridade para o processo de revegetação destas áreas, foi observado que a utilização de laterita em relação à brita calcária contribuiu para o aumento da biomassa produzida favorecendo, portanto, o processo de recuperação destas áreas.

O uso de solo na composição das camadas selante e de cobertura propicia melhores condições

para o estabelecimento de plantas do que quando é usado o substrato B1. No entanto, a utilização desse substrato na camada de cobertura reduziria a demanda por solo diminuindo os custos e a degradação nas áreas de empréstimo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Kinross Brasil Mineração pela oportunidade de realização do estudo.

REFERÊNCIAS

ASSIS, I. R.; DIAS, L. E. ; ABRAHAO, W. A. P. ; RIBEIRO JR., E. S. ; MELLO, J. W. V. Cover layers to the growth of trees and shrubs over a sulfide spoil from gold mining. *Revista Árvore (Impresso)*, v. 35, p. 941-947, 2011.

ASSIS, I. R.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JR., E. S.; ABRAHAO, W. A. P.; MELLO, J. W. V.; VELOSO, R. W. Induction of geochemical barrier for As, Fe And S immobilization in a sulfide substrate. *Rev. Bras. de Ciênc. do Solo (Impresso)*, v. 36, p. 671-679, 2012.

DIAS, L. E.; ASSIS, I. R.; DANIELS, W. L. Revegetation of acid forming mine spoil in Paracatu, Minas Gerais State, Brazil. In: NATIONAL MEETING OF THE AMERICAN SOCIETY OF MINING AND RECLAMATION, 2008, Richmond: New opportunities to apply our science. American Society of Mining and Reclamation, 2008.

MELLO, J. W. V.; DIAS, L. E. & CORRÊA, M. L. T. Drenagem ácida: Avaliação do potencial de ocorrência, mitigação e revegetação de substratos sulfetados. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S. & ALVAREZV., V. H. eds., *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. V.3. p.401-430.

SUNDBLAD, B. Ten years experience of a multilayer cover system for uranium mill tailings in Ranstad Sweden. In: CONFERENCE MINING AND THE ENVIRONMENT, 3., 2003, Sudbury. *Proceeding. Sudbury*: 2003.

TORDOFF, G. ; BAKER, A. J. ; WILLIS, A. . Current approaches to the revegetation and reclamation of metalliferous mine wastes. *Chemosphere*, jul. 2000. v. 41, n. 1-2, p. 219-228. . Acesso em: 12 jan. 2013.

Tabela 3 – Confronto estabelecido e efeito principal de cada contraste

Contraste	Confronto	Efeito Principal
C ₁	Testemunha vs Tratamentos	Tratamentos
C ₂	Brita vs Laterita na camada de quebra de capilaridade	Cam. quebra capil.
C ₃	Presença vs Ausência de camada selante com brita na camada de quebra de capilaridade	Camada selante
C ₄	B1 vs Solo na camada de cobertura, com brita na camada de quebra de capilaridade e com solo na camada selante	Camada de cobertura
C ₅	B1 vs Solo na camada de cobertura, com brita na camada de quebra de capilaridade e com B1 na camada selante	Camada de cobertura
C ₆	B1 vs Solo na camada de cobertura, com brita na camada de quebra de capilaridade na ausência de camada selante	Camada de cobertura
C ₇	B1 vs Solo na camada selante com brita na camada de quebra de capilaridade	Camada selante
C ₈	Presença vs Ausência de camada selante com laterita na camada de quebra de capilaridade	Camada selante
C ₉	B1 vs Solo na camada de cobertura, com laterita na camada de quebra de capilaridade e com solo na camada selante	Camada de cobertura
C ₁₀	B1 vs Solo na camada de cobertura, com laterita na camada de quebra de capilaridade e com B1 na camada selante	Camada de cobertura
C ₁₁	B1 vs Solo na camada de cobertura, com laterita na camada de quebra de capilaridade na ausência de camada selante	Camada de cobertura
C ₁₂	B1 vs Solo na camada selante com laterita na camada de quebra de capilaridade	Camada selante

Tabela 4 – Contrastes médios e sua significância para valores médios de matéria seca produzida por tratamento no quinto e no décimo terceiro mês após o plantio

Contraste	Contrastes médios	
	Matéria seca (5° mês)	Matéria seca (13° mês)
Blocos	t ha ⁻¹	
C ₁	0,72	1,81*
C ₂	-0,06	0,98**
C ₃	-0,30**	-0,18
C ₄	1,46**	0,89°
C ₅	4,59**	-0,83
C ₆	0,36**	0,25
C ₇	0,87	-5,16**
C ₈	-1,59	-1,82
C ₉	3,06**	5,13**
C ₁₀	1,25**	1,64**
C ₁₁	0,83	-1,01
C ₁₂	-0,11	-1,54
CV (%)	30,31	32,32

°, *, **: Significativo a 10, 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste F.

C1 (T1 vs T2+T3+T4+T5+T6+T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13); C2 (T2+T3+T4+T5+T6+T7 vs T8+T9+T10+T11+T12+T13); C3 (T2+T3+T4+T5 vs T6+T7); C4 (T2 vs T3); C5 (T4 vs T5); C6 (T6 vs T7); C7 (T2+T3 vs T4+T5); C8 (T8+T9+T10+T11 vs T12+T13); C9 (T8 vs T9); C10 (T10 vs T11); C11 (T12 vs T13) e C12 (T8+T9 vs T10+T11)