

Exportação de nutrientes por forrageiras cultivadas em área na fase de recuperação após mineração de bauxita

Gustavo Conforti Ventura Mayrink⁽¹⁾; Rogério Santana da Cruz⁽²⁾; Silvano Rodrigues Borges⁽³⁾; Ernst Eduard Jan Verbrug⁽⁴⁾; Rafael Silva Santos⁽⁵⁾ & Ivo Ribeiro da Silva⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Estudante de Graduação em Agronomia; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, MG; gustavo.mayrink@ufv.br; ^(2,4,5) Estudante de Graduação em Agronomia; Universidade Federal de Viçosa; ⁽³⁾ Eng. Florestal, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Viçosa, MG; ⁽⁶⁾ Professor Associado do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, MG.

RESUMO: Conhecer a quantidade de nutrientes extraídos pelas forrageiras torna-se importante para avaliar a necessidade de reposição de nutrientes, maximizar a eficiência do uso de fertilizantes e minimizar impactos ambientais, decorrentes do excesso de fertilizantes. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a extração de nutrientes pelas plantas em áreas cultivadas com diferentes plantas forrageiras e tipos de adubação em áreas mineradas de bauxita, em fase de recuperação. O experimento foi instalado seis meses após a mineração e reconfiguração da área, avaliando-se o efeito de quatro tipos de adubação: i) padrão da Empresa (P); ii) adubação complementar com cama de aviário (C); iii) adubação química complementar (Q); iv) adubação química e cama de aviário combinadas (C+Q); e quatro tipos de cobertura do solo: i) sem planta (SP); ii) braquiária (B); iii) estilosantes (E); iv) consórcio braquiária-estilosantes (B+E). Foram realizadas quatro coletas para avaliar a exportação de nutrientes pelas forrageiras. A quantidade de nutrientes exportados pela braquiária foi maior em C e C+Q em relação à P, sendo que a exportação em Q não diferiu de P e de C+Q. De modo geral, a exportação de nutrientes foi maior para B em relação ao E. Conclui-se que as elevadas taxas de exportação de nutrientes pela braquiária, particularmente N e K, indicam que poderá haver rápida exaustão de nutrientes e perda de produtividade das forrageiras nos primeiros anos de pastoreio.

Termos de indexação: Adubação, forragem, recuperação de áreas degradadas.

INTRODUÇÃO

A atividade de mineração é uma das principais causas de degradação do solo (Lal e Stewart, 1992). Em particular, a mineração de bauxita exige obrigatoriamente a retirada da vegetação e da camada de solo superficial rica em matéria orgânica e nutrientes. Esta alteração drástica modifica as características químicas, físicas e biológicas do solo e não são favoráveis ao estabelecimento e crescimento da vegetação, imprescindível a recuperação da área (Dias et al., 2007). Assim, a

recuperação de um sistema degradado tem como um dos princípios restabelecer ao substrato condições para que possa cumprir os serviços desempenhados pelo solo.

A adubação em áreas mineradas em recuperação com pastagens deve propiciar a rápida formação da forrageira com elevada produção inicial, desenvolvendo o seu sistema radicular e demais órgãos. Além disso, deve-se levar em consideração a necessidade de nutrientes das plantas forrageiras e, conseqüentemente, sua capacidade de extraí-los do solo (Costa et al., 2010).

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são largamente utilizadas em pastagens no Brasil. Soares Filho (1994) afirma que estas gramíneas adaptam-se às mais variadas condições de solo e clima, ocupando espaço cada vez maior em todo o território brasileiro, por proporcionar produções satisfatórias de forragem em solos com baixa e média fertilidade, desde que sejam bem manejados, apresentam alta produção de matéria seca e eficiência na cobertura do solo (Ghisi, 1991).

A adoção de leguminosas na formação de pastagens, em consórcio ou exclusivas, em face da capacidade de fixação simbiótica do N₂ atmosférico e a sua contribuição para a produção animal, é essencial para diminuir custos com fertilização nitrogenada e incrementar a produção, constituindo um caminho na direção da sustentabilidade da recuperação de áreas mineradas com sistemas agrícolas (Barcellos et al., 2008).

Dentre as leguminosas utilizadas, as do gênero *Stylosanthes* têm se destacado por possuírem sistema radicular profundo, boa produção de biomassa (8 a 14 t/ha em estandes puros), alta produção de sementes, adaptação a solos pobres e boa cobertura de solo, diminuindo processos erosivos. Em consórcio com gramíneas, como as do gênero *Brachiaria*, o estilosantes melhora a qualidade do pasto, devido ao seu alto valor nutritivo, e a taxa de lotação, aumentando a produtividade animal (Barcellos et al., 2008). Além disso, o nitrogênio introduzido no sistema pela mineralização dos resíduos vegetais da leguminosa pode aumentar em até 130% a produção da gramínea (EMBRAPA, 2007).

Assim, o objetivo com este estudo foi avaliar a extração de nutrientes pelas plantas em áreas cultivadas com diferentes plantas forrageiras e tipos de adubação em áreas mineradas de bauxita, em fase de recuperação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo e instalação do experimento

O estudo foi conduzido em condições de campo em propriedade localizada no município de São Sebastião da Vargem Alegre, na Zona da Mata de Minas Gerais, em área onde houve extração de bauxita sob concessão da Companhia Brasileira de Alumínio – Votorantim Metais. O solo dominante na região é o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico.

O experimento foi instalado seis meses após a reconfiguração da área minerada, utilizando o delineamento em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. Os blocos experimentais foram alocados entre os terraços em nível. As parcelas mediam 33 x 15 m e receberam os tratamentos com adubação: P – adubação padrão utilizada pela Empresa com 2,0 t/ha de calcário dolomítico e 30,0 t/ha de cama de aviário (*in natura*, com aproximadamente 27% de umidade); C – adubação orgânica complementar à adubação padrão (30 t/ha (base seca) de cama de aviário); Q - adubação química complementar à adubação padrão (3 t/ha de calcário dolomítico com 80 % de PRNT e 1,5 t/ha de fosfato natural reativo Bayóvar); C+Q – adubação orgânica e química combinadas complementares à adubação padrão.

As subparcelas mediam 15 x 7 m, com uma área útil de avaliação de 48 m², sendo separadas por corredores de um metro de largura. Os tratamentos foram: SP - sem planta, mantendo a área limpa com aplicação de herbicida quando necessário; B – semeadura de braquiária (50 kg/ha de sementes viáveis de *Brachiaria brizantha*, cultivar Piatã); E – semeadura de estilosantes (cultivar Campo Grande, que é uma mistura de sementes de duas espécies: 80 % de *Stylosanthes capitata* e 20 % de *Stylosanthes macrocephala*, com 5 kg/ha de sementes viáveis); B+E – consórcio braquiária-estilosantes (25 kg/ha de sementes viáveis de braquiária e 2,5 kg/ha de sementes viáveis de estilosantes).

A cama de aviário e o calcário foram aplicados em área total e incorporados na camada de 0-15 cm, 30 dias antes da semeadura. O fosfato natural reativo foi aplicado no fundo do sulco de semeadura. As sementes de braquiária ou estilosantes foram semeadas em 01/12/2010 em

sulcos de 0,02 m de profundidade e espaçados 0,25 m, dispostos perpendicularmente à pendente do terreno. No tratamento com consórcio braquiária-estilosantes, semeou-se uma linha de braquiária intercalada com uma de estilosantes.

Avaliação da extração de nutrientes pelas forrageiras

Ao longo de 15,5 meses (01/12/2010 a 15/03/2012) fizeram-se coletas para avaliar a produção a 105, 175, 378 e 470 dias após a semeadura. Após cada coleta, fez-se o corte de uniformização, assim os períodos de crescimento após a primeira coleta foram de 70, 203 e 92 dias, respectivamente. Para escolha do momento do corte utilizou-se como critério o início do florescimento da braquiária.

As amostras vegetais foram coletadas sistematicamente em duas faixas de 0,5 m de largura por 4,0 m de comprimento, localizadas a 4,0 m de cada extremidade da subparcela (sentido do maior comprimento), totalizando uma área coletada igual a 4 m²/subparcela, dentro da área útil. O corte da braquiária foi feito a uma altura de 0,20 a 0,25 m da superfície do solo e o do estilosantes de 0,10 a 0,15 m para permitir a rebrotação das plantas. A forragem coletada foi reunida em uma única amostra e a massa fresca quantificada no campo. Uma subamostra foi retirada, lavada em água destilada e seca em estufa de ventilação forçada a 60 °C por 72 horas para determinação da matéria seca (MS) e, em seguida, foi triturada em moinho tipo Wiley com peneira de malha de 0,5 mm para análise química posterior.

Subamostras foram mineralizadas com ácidos nítrico e perclórico a quente na proporção 3,5:1, e as concentrações de P (colorimetria), K (fotometria de chama), S (turbidimetria), Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn (espectrometria de absorção atômica) foram determinadas no extrato. O teor de N nas amostras foi determinado por meio de digestão sulfúrica, seguida de destilação semi-micro Kjeldal (Bataglia et al., 1983).

A quantidade de nutriente exportada pela biomassa em cada corte foi calculada pela fórmula: nutriente exportado (kg/ha) = [matéria seca (t/ha) x teor do nutriente (g/kg)]. A quantidade de cada nutriente acumulada no período foi obtida pela soma das quantidades do nutriente nas quatro coletas.

Análise estatística

Os dados de quantidades de nutrientes extraídos por hectare (acumulados nas quatro coletas) foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelos testes F ou Tukey a 10 % de

probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Quando necessário, os dados foram transformados para \sqrt{Y} ou $\ln Y$, adicionando-se as constantes 0,5 ou 1,0, se necessárias, para que os desvios seguissem a distribuição normal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre tipos de adubação e tipo de planta forrageira na extração de nutrientes por unidade de área pelas forrageiras (Figura 1), exceto para o K. As quantidades de K extraídas pela braquiária nas adubações C e C + Q foram superiores àquelas nas adubações Q e P. Porém, não houve diferença ($p > 0,1$) entre as adubações quanto às quantidades de K extraídas pelo estilosantes.

Em média, as quantidades dos nutrientes N, P, S, Mg, Mn, Cu e Zn extraídos pela braquiária (B e B+E) foram superiores às exportadas pelo estilosantes, exceto para o Cu onde B+E foi similar ao estilosantes (Figura 1). Quanto ao Fe as quantidades exportadas não diferiram entre as forrageiras. As quantidades de Ca extraídas pelo estilosantes foram muito superiores às da braquiária (em média 129,4 kg/ha do E, contra 38,5 kg/ha da B e B+E). As leguminosas apresentam maior capacidade de troca de cátions radicular do que as gramíneas e, com isso, cátions divalentes (como o Ca) são absorvidos em maiores quantidades pela leguminosa (Silva et al., 2009). Desse modo, além do N fixado biologicamente, a alta capacidade de reciclagem de Ca do estilosantes também pode beneficiar a braquiária, quando o consórcio for bem estabelecido.

Quanto ao efeito da adubação nas quantidades de nutrientes exportados, os tratamentos C e C+Q foram equivalentes para todos os nutrientes e diferiram da adubação padrão, exceto para o Mn que não houve efeito das adubações. A exportação de todos os nutrientes no tratamento com adubação química (Q) foi equivalente à padrão e também equivalente ao tratamento C+Q. É importante levar em consideração que toda a área experimental recebeu uma adubação com cama de aviário e calcário (padrão da empresa) e que o tratamento Q no experimento recebeu apenas calcário e fosfato natural reativo, o que pode ter levado a adubação padrão a ter resposta equivalente à química, tanto na produção de MS, quanto na quantidade de nutrientes exportados.

De modo geral, as quantidades de nutrientes extraídos (Figura 1) pela braquiária (B e B+E) apresentaram a seguinte ordem decrescente no tratamento C: K>N>Mg>S>P>Ca>Fe>Mn>Zn>Cu;

no tratamento C+Q há uma inversão apenas entre P e Ca em B+E; e no tratamento Q e no padrão há uma inversão na ordem entre P e Ca (em B e B+E) e também entre N e K em B. O estilosantes apresentou a seguinte ordem no tratamento C: N>K>Ca>S>P>Mg>Fe>Mn>Zn>Cu; nos tratamentos C+Q e Q há uma inversão na ordem entre P e Mg; e na adubação padrão a ordem foi: N>K>Ca>Mg>S>P>Fe>Mn>Zn>Cu. Os resultados de extração de K e N e micronutrientes obtidos no tratamento C neste estudo são semelhantes aos obtidos por Primavesi et al. (2006), que encontraram maiores extrações de K, seguida de N para *B. brizantha*, porém difere dos macronutrientes Ca, Mg, P e S.

CONCLUSÕES

As quantidades de nutrientes extraídos por unidade de área são maiores na adubação complementar com cama de aviário.

Em média, a braquiária apresenta maior extração de nutrientes por unidade de área do que o estilosantes, exceto Ca e Fe.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Companhia Brasileira de Alumínio – Votorantim Metais pelo financiamento do projeto e concessão da área de estudo, à Sociedade de Investigações Florestais e à FAPEMIG pelo apoio financeiro para a publicação do trabalho

REFERÊNCIAS

- BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína. R. Bras. Zootec., 37: 51-67, 2008.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C., TEIXEIRA, J. P. F., FURLANI, P. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: IAC, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).
- COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; SEVERIANO, E. C.; SAMPAIO, F. M. T.; CARRIJO, M. S.; RODRIGUES, C. R. Extração de nutrientes pela fitomassa de 23 cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio. Ci. Anim. Bras., 11(2): 307-314, 2010.
- DIAS, L. E.; FRANCO, A. A. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. Eds. Fertilidade do solo, Viçosa, MG, Soc. Bras. de Ciência do Solo, 1017 p. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Cultivo e uso de estilosantes-campo-grande. Campo Grande: EMBRAPA, 2007. 10 p. (Comunicado Técnico, 105).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ci. Agrotec.*, 35(6): 2011.

GHISI, O.M.A.A. *Brachiaria* na pecuária brasileira: importância e perspectivas. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO BRACHIARIA, 2., 1991, Nova Odessa. Anais... Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1991. 356p.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. *Ci. Agrotec.*, 30(3): 562-568, 2006.

SILVA, J. O.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; ROCHA, F. A. Capacidade de troca catiônica radicular de gramíneas e leguminosas forrageiras na absorção de cátions. *Educ. Tecnol. Cult.*, 6: 60-64, 2009.

SOARES FILHO, C. V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM 11, 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 25-48.

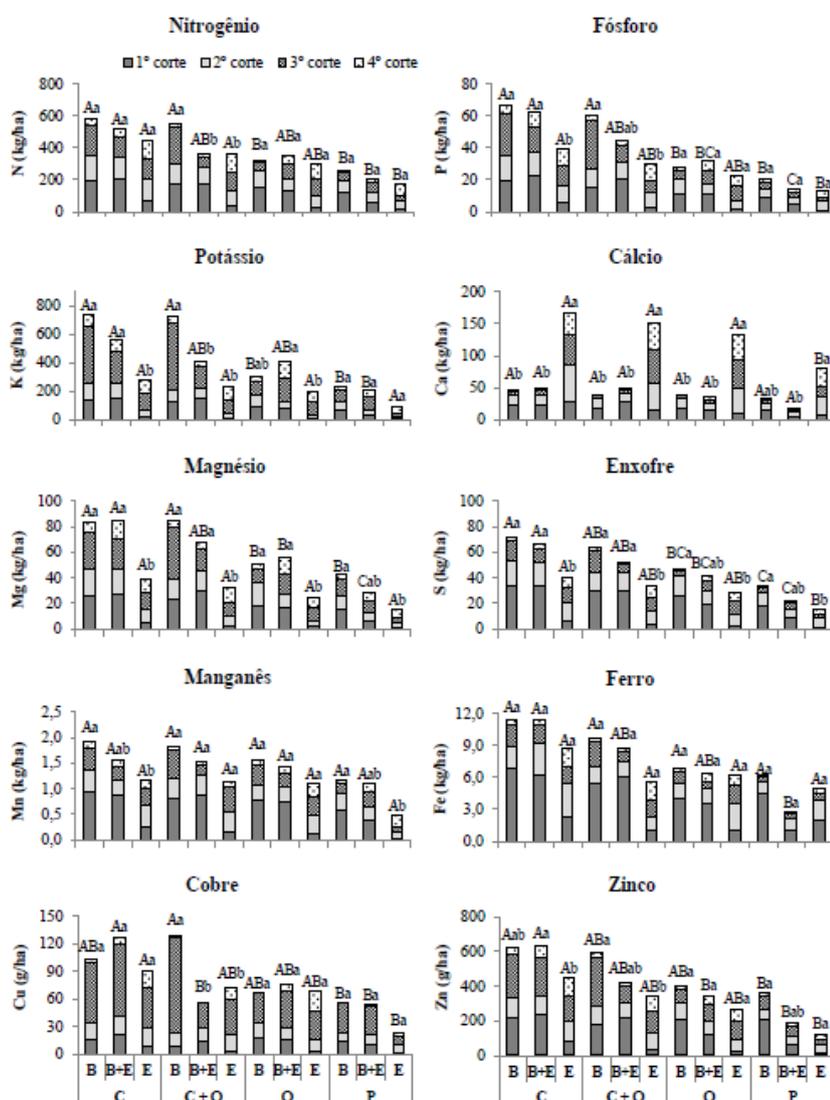


Figura 1: Quantidades médias de macro e micronutrientes exportados por hectare na parte aérea de braquiária e estilosantes aos 105 (1ª corte), 175 (2ª corte), 378 (3º corte) e 470 (4º corte) dias após plantio, durante 15,5 meses de crescimento (01/12/10 a 15/03/12), sob diferentes adubações de implantação em área em recuperação após mineração de bauxita. C = adubação complementar com cama de aviário; Q = adubação química complementar; C+Q = adubação orgânica e química combinadas; P = adubação padrão da Empresa; B = braquiária; E = estilosantes. Letras maiúsculas comparam médias acumuladas de adubação dentro de cada tipo de planta forrageira e minúsculas comparam plantas forrageiras dentro de cada tipo de adubação pelo teste Tukey a 10 %.