



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

DISPONIBILIDADE DO FERRO EM SISTEMAS DE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS ⁽¹⁾

Norberto Cornejo Noronha ⁽²⁾; Cristiano Alberto de Andrade ⁽³⁾; Carlos Clemente Cerri ⁽⁴⁾; Marisa de Cássia Piccolo ⁽⁵⁾; José Janderson Ferreira Costa ⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Parte da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo-CENA/USP. Apoio: FAPESP/CNPq. ⁽²⁾ Professor Adjunto no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Tancredo Neves, 2501, Cep 66.077.530-Caixa Postal 917-Belém/PA. E-mail: norberto.noronha@ufrpa.edu.br; ⁽³⁾ Pesquisador da EMBRAPA Meio Ambiente-Jaguaruina. Rodovia SP 340 - Km 127,5 Caixa Postal 69-Jaguaruina/SP-Brasil, Cep 13820-000; ⁽⁴⁾ Professor Titular do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, CENA/USP; ⁽⁵⁾ Professora Doutora do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, Universidade de São Paulo-CENA/USP. Av. Centenário 303, Cep 13400-970. Piracicaba/SP. Bolsista do CNPq; ⁽⁶⁾ Estudante de Graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: agro_ufra@hotmail.com

Resumo - O trabalho teve o objetivo de avaliar a disponibilidade de ferro no solo em tratamentos que visavam a recuperação de uma pastagem degradada. Foram utilizados cinco tratamentos, constituídos por T= testemunha (controle sem adubação), G (gradagem), H (herbicida), A (plantio direto de arroz), e S (plantio direto de soja). Os teores desse micronutriente foram avaliados em duas épocas, a saber: mês 0 correspondente à instalação dos experimentos e mês 28, vinte e oito meses após a instalação. Observou-se que os teores de ferro apresentaram diferenças significativas entre os períodos de amostragem (χ^2) nas camadas 0-20 cm devido, parcialmente, ao fornecimento desse nutriente via adubação nos tratamentos G, H, bem como a um possível efeito sazonal sobre a disponibilidade deste elemento. Houve tendência de diminuição dos teores de ferro no tratamento A, provavelmente devido à exportação via colheita ou complexação na rizosfera do arroz. O aumento da disponibilidade de Fe no tratamento S e a tendência de elevação dos teores desse micronutriente em T no segundo período de amostragem, provavelmente se deve ao efeito sazonal, visto que estes tratamentos não receberam fertilização com Fe. O aumento do teor de Fe no tratamento G vinte e oito meses após a instalação do experimento pode estar relacionado tanto à fertilização quanto ao efeito sazonal, pois nesse período houve maior intensidade e frequência de chuvas.

Palavras-Chave: Micronutrientes, adubação, efeito sazonal, Amazônia, gradagem.

INTRODUÇÃO

As pastagens constituem o principal tipo de uso da terra na Amazônia brasileira. Têm-se observado que após quatro a dez anos de uso inicia-se um processo de degradação, caracterizado pelo declínio da produtividade e vigor da pastagem e predomínio de plantas invasoras (CERRI, 2006). O uso de estratégias de recuperação e reforma de pastagens mostra-se bastante inovador com a incorporação de novas

técnicas, a passo de substituir processos tradicionais de derrubada e queima da floresta, por questões econômicas e ambientais. Entretanto, a recuperação direta através do manejo correto da planta e da fertilidade do solo tem apresentado os melhores resultados do ponto de vista prático e econômico.

O Ferro pode colaborar de forma direta no sistema de recuperação de pastagens, suprimindo a necessidade desse nutriente exigido pelas plantas forrageiras, pois para a produção de matéria seca, a planta necessita de quantidades adequadas de macro e micronutrientes. Além disso, de acordo com Malavolta (2006), o ferro melhora a qualidade da forragem, uma vez que faz parte de uma série de enzimas. Portanto a inclusão desse micronutriente nos programas de recuperação das pastagens é fundamental para o aumento da produtividade e qualidade.

Culturas de arroz e soja podem ser empregadas na recuperação da pastagem, pois, podem ser úteis na ciclagem desse elemento. No entanto, no período de colheita o nutriente pode ser exportado via grão em colheita ou via matéria seca em pastejo, evitando que alcance níveis críticos e que ocorra acúmulo no solo, ocasionando riscos de contaminação ambiental.

A matéria orgânica pode contribuir na disponibilidade de ferro na camada superficial. Os microorganismos, em condições redutoras, utilizam Fe^{+3} como acceptor de elétrons nos processos de decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) disponível, reduzido este elemento a Fe^{+2} e disponibilizando-o em solução. Esse processo é altamente dependente dos conteúdos de MOS e é otimizado com a adição de carbono orgânico dissolvido (COD) no sistema (COUTO; SANZONOWISZ e BARCELOS, 1985).

Tendo em vista a carência de informações técnicas que possam ser empregadas no sistema de recuperação de pastagens, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a disponibilidade de ferro no solo, em sistema de recuperação de pastagens, com e sem a aplicação deste micronutriente.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada na Fazenda Nova Vida (10° 10' 05" S, 62° 49' 27" O), município de Ariquemes, no km 472 da BR-364, a aproximadamente 250 km ao sul da cidade de Porto Velho - RO (Moraes et al., 1996). A temperatura e precipitação média anual são, respectivamente, 25,5°C e 2.200 mm, com período seco entre junho e setembro (Bastos & Diniz, 1982). A vegetação natural característica da região é a floresta tropical. A área experimental de 3 hectares foi escolhida em estudo prévio usando geoestatística, em que se concluiu sobre a homogeneidade do solo dentro de cada bloco, quanto aos conteúdos de areia e argila, pH, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, C e N totais (Cerri et al., 2004). Esta área apresentava-se com *Brachiaria brizantha* estabelecida no ano de 1983 e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com textura média.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com 4 repetições e 5 tratamentos, totalizando 20 parcelas. Cada parcela foi constituída de 40 x 40 m (1600 m²), com área útil de 35 x 35 m (1225 m²). Os tratamentos foram aplicados às parcelas em outubro de 2001.

Os tratamentos empregados na recuperação da produtividade da forrageira foram:

T: Testemunha - pastagem degradada onde não foi feito nenhum tipo de manejo, constituída de *Brachiaria brizantha* + *Panicum maximum* + invasoras;
 H: Herbicida - corte manual de invasoras e aplicação de herbicidas Padron no toco das lenhosas e Garlon nas palmáceas; fertilização com sulfato de amônio, KCl e micronutrientes; aplicação seqüencial do herbicida Tordon (2-4 D);
 G: Gradagem + NPK + micronutrientes - duas gradagens com grade aradora e uma com grade niveladora seguida do plantio da *Brachiaria brizantha* e adubação com Termofosfato, incorporados com grade niveladora; fertilização com sulfato de amônio, KCl e micronutrientes;
 A: Plantio direto de arroz - dessecação em área total com Glifosato e Gramoxone, plantio direto do arroz e adubação com termofosfato, adubação de cobertura com sulfato de amônio, KCl e micronutrientes; aplicação dos herbicidas pós-emergentes Gladium e Ally e controle de formigas; aplicação de adubo sulfato de zinco nas folhas; após a colheita foi semeada a *Brachiaria brizantha* e;
 S: Plantio direto de soja - aplicação de Glifosato e Gramoxone, plantio direto da soja e adubação com termofosfato; adubação de cobertura com KCl, aplicação de herbicida pós-emergente Basagran e controle de formigas. Aplicação de adubo sulfato de manganês nas folhas; após a colheita foi semeada a *Brachiaria brizantha*.

O experimento foi instalado em outubro de 2001. As informações relacionadas aos tipos de fertilizantes usados e quantidades dos nutrientes aplicados nos tratamentos estão apresentados no Quadro 1.

A primeira amostragem de solo foi realizada por ocasião da instalação do experimento, em outubro de

2001. A precipitação referente a este período e dos dois meses anteriores foi de 0, 124 e 209,5 mm para agosto, setembro e outubro de 2001, respectivamente. A segunda amostragem se procedeu em fevereiro de 2004 com maior intensidade de chuvas (452 e 361 mm em janeiro e fevereiro/2004, respectivamente).

O método empregado na análise do ferro foi o da extração com ácido dietileno triamino pentacético (DTPA) e determinação da concentração por espectrofotometria de absorção atômica (LIDSAY; NORVELL, 1978). Para a comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de Fe estão dispostos na Tabela 1. As análises desse metal no solo apresentam valores bastante variáveis. Os coeficientes de variação obtidos foram de 14 a 71%.

Os teores de ferro extraídos com DTPA variaram entre 15,38 e 130,61 mg dm⁻³. Os tratamentos empregados na recuperação da pastagem apresentaram diferenças entre os teores deste micronutriente apenas no vigésimo oitavo mês após a instalação do experimento onde, nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm, o tratamento G apresentou valores de ferro 90, 80 e 98%, respectivamente, superiores aos encontrados no tratamento A.

Embora os tratamentos G e A tenham recebido a mesma dose de adubação com ferro, a menor quantidade deste micronutriente no tratamento A no segundo período de amostragem pode ser um indicativo de que esse elemento tenha sido absorvido pela cultura e exportado via colheita. Mayol (1996) cita que as plantas de arroz têm maior requerimento de ferro que outras culturas. Além disso, pode ocorrer a oxidação deste elemento na superfície das raízes de arroz (TANAKA; NAVASERO; 1996; OKUDA; TAKAHASHI, 1984, apud MAYOL, 1996). Os óxidos de ferro, como a lepidocrosita e goetita, são associadas à superfície radicular desta cultura (BACHA, 1976, BACHA; HOSSNER, 1977, CHEN et al., 1980, apud MAYOL, 1996).

O ferro apresentou diferenças significativas entre as médias dos períodos de amostragem (x'), a maior variação ocorreu na camada 5-10 cm, que passou de 60,67 no primeiro período, para 86,55 mg dm⁻³ no segundo período. Diferenças menos expressivas também foram observadas nas demais camadas. Isso se explica parcialmente pela adubação com Fe que foi efetuada nos tratamentos G, H.

Com relação ao efeito dos períodos de amostragem sobre os teores de ferro em cada tratamento, observou-se que os tratamentos G e S apresentaram valores estatisticamente superiores no mês 28. No tratamento G, nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm, os teores de ferro em solução são, respectivamente, 115, 92 e 104 % mais elevados no último período de coleta em relação ao primeiro. No tratamento S, onde não foi feita a fertilização com Fe, houve maior disponibilidade desse micronutriente nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, em relação ao primeiro período de amostragem (Tabela 1). Os demais tratamentos apresentam a mesma tendência até 30 cm de profundidade, salvo o tratamento A na camada 0-5 cm. A tendência de elevação dos teores de ferro solúvel no último período de amostragem (mês 28), inclusive, com aumento

significativo na camada 10-20 cm no tratamento T, que não recebeu qualquer adubação, é justificada pela maior intensidade e frequência de chuvas nesta época, em relação à primeira, que sugere um efeito sazonal sobre a disponibilidade desse metal.

Tabela 1. Teores de ferro no solo nos tratamentos de recuperação da pastagem em duas épocas de amostragem períodos de amostragem.

Trat	Ferro		
	Período de Amostragem (meses)		
	0	28	x''
-----0-5 cm-----			
T	79,32 aA	101,1 abA	90,56 A
G	60,74 aB	130,1 aA	95,68 A
H	86,35 aA	106,4 abA	96,29 A
A	78,18 aA	68,64 bA	73,41 A
S	83,64 aA	96,65 abA	90,15 A
x'	77,65 B	100,9 A	
-----5-10 cm-----			
T	64,74 aA	82,43 abA	73,58 A
G	57,40 aB	110,5 aA	83,87 A
H	71,69 aA	80,45 abA	76,07 A
A	54,55 aA	61,45 bA	58,00 A
S	54,98 aB	98,05 aA	76,51 A
x'	60,67 B	86,55 A	
-----10-20 cm-----			
T	34,84 aB	53,32 abcA	44,08 ab
G	36,29 aB	74,13 aA	55,21 a
H	39,37 aA	41,83 bcA	40,60 ab
A	31,37 aA	37,53 cA	34,45 b
S	31,03 aB	64,80 abA	47,92 ab
x'	34,58 B	54,32 A	
-----20-30 cm-----			
T	18,46	28,75	23,60 a
G	24,49	29,20	26,84 a
H	18,27	20,18	19,22 a
A	15,88	20,88	18,38 a
S	17,33	37,95	27,64 a
x'	18,88 B	27,39 A	

Trat. = Tratamentos; T = Testemunha; G = Gradagem; H = Herbicida; A = Arroz e S = Soja. n = 4; x' = Médias dos períodos de amostragem; x'' = Média dos tratamentos. n = 4; Médias seguidas de mesma letra ou sem letras não diferem estatisticamente; letras minúsculas comparam médias entre linhas e letras maiúsculas comparam médias entre colunas pelo teste de Tukey a 5%. Para camada 0-5 cm: CV = 24,37, F_{trat} = 1,12 ns, F_{tempo} = 11,33**, F_{trat*tempo} = 3,56*; para camada 5-10 cm: CV = 73,60, F_{trat} = 2,03ns, F_{tempo} = 32,11**, F_{trat*tempo} = 4,19*; para camada 10-20 cm: CV = 27,02, F_{trat} = 3,08 ns, F_{tempo} = 27,03**, F_{trat*tempo} = 3,50*, para camada 20-30 cm: CV = 30,59, F_{trat} = 3,05ns, F_{tempo} = 14,44**, F_{trat*tempo} = 2,2ns.

Barros et al. (2004) relatam que a ação de alguns grupos da macrofauna em pastagens, em especial o grupo *P. corethrurus*, pode contribuir para a formação de camadas adensadas, diminuindo a porosidade do solo e dificultando as trocas de gases entre o solo e a atmosfera. Em meses mais chuvosos ocorre a formação de microssítios temporariamente redutores, de colorações pálidas com mosqueados ferroginosos em torno dos poros, o que é um indício de processos de oxidação e redistribuição do ferro.

No segundo período de amostragem, na estação chuvosa, a maior disponibilidade de ferro até 20 cm de profundidade no tratamento G também pode estar relacionada ao conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS), uma vez que, neste tratamento, a parte aérea da pastagem degradada foi incorporada através do revolvimento do solo por ocasião da instalação do experimento. Nos microssítios de redução os microorganismos utilizam Fe⁺³ como acceptor de elétrons nos processos de decomposição da MOS disponível, reduzido este elemento a Fe⁺² e disponibilizando-o no sistema. Esse processo é altamente dependente dos conteúdos de MOS e é otimizado com a adição de carbono orgânico dissolvido (COD) no sistema (COUTO; SANZONOWISCZ e BARCELOS, 1985). O valor de COD encontrado no tratamento G por Cassiolato (2003) foi de 4,87 mg L⁻¹, 34% superior ao tratamento T, o que pode favorecer o processo de redução do ferro e, conseqüentemente, justifica a tendência de maior teor de ferro solúvel no tratamento G.

CONCLUSÕES

1. Os teores de ferro apresentaram diferenças significativas entre os períodos de amostragem (x') nas camadas 0-20 cm devido, parcialmente, ao fornecimento desse nutriente efetuado via adubação nos tratamentos G, H

2. Houve tendência de diminuição dos teores de ferro, na camada até 20 cm no tratamento A, este elemento tenha sido exportado na colheita ou complexado na rizosfera do arroz.

3. O aumento nos teores de Fe do solo no tratamento S e a tendência de elevação dos conteúdos deste micronutriente no tratamento T (com aumento significativo na camada 10-20 cm) no período mais chuvoso mostra um possível efeito sazonal na disponibilização desse metal.

4. A maior disponibilidade de ferro até 20 cm de profundidade no tratamento G, no segundo período de amostragem, em relação ao primeiro, pode ser devida à fertilização, ao efeito sazonal e a maior quantidade de COD neste sistema.

AGRADECIMENTOS

À equipe da Fazenda Nova Vida (RO) por possibilitar a execução do trabalho e pelo apoio logístico em Rondônia.

REFERÊNCIAS

- CERRI, C.E.P. et al. Assessment of property spatial variation in the Amazon pasture: basis for selecting an agronomic experimental area. *Geoderma*, Amsterdam, v. 123, p. 51-68, 2004.
- CERRI, C.C., FEIGL, B.J. & PICCOLO, M.C. Avaliação de sistemas de recuperação de pastagens degradadas na Amazônia: critérios agrônômicos, ambientais e econômicos. Centro de Energia Nuclear na Agricultura Universidade de São Paulo (USP), 2006.
- BARROS, E. et al. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 157-168, 2004.

- BASTOS, T. X. & DINIZ, T. D. de A. S. Avaliação do clima do Estado de Rondônia para o desenvolvimento agrícola. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 28p. (boletim de Pesquisa, 44).
- CASSIOLATO, M.E. Carbono orgânico dissolvido na solução do solo sob floresta e pastagem em Rondônia. 2003. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- COCHRAN G. C. & COX G. M. Diseños experimentales. Trillas: Mexico, 1978. 615p. 1978.
- COUTO, W.; SANZONOWISZ, W. & BARCELOS, A. de O. Factors affecting oxidation-reduction processes in an oxisol with a seasonal water table. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 49, p. 1245-1248, 1985.
- LIDSAY; W. L. & NORVELL, W.A. . Development of DTPA soil text for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal. v. 42, p. 421-428, 1978.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agrônoma Ceres, 2006. – 638 páginas.
- MAYOL R. M. Nutrição mineral e desenvolvimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa L.*) Cultivados em soluções nutritivas com diferentes concentrações de ferro. 1996. 114 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

Quadro 1. Quantidade total de nutrientes aplicados nos tratamentos para recuperação da pastagem de baixa produtividade. Obs.: O tratamento T não recebeu fertilizantes.

Tratamentos	N	P-total	K	Ca	Mg	S	Micronutrientes
G	42,0	75,48	26,5	204,0	71,4	88,8	23,5 Cl; 2,4 Zn; 0,24 Cu; 0,54 B; 0,3 Mo; 0,9 Fe; 0,6 Mn.
A	33,6	39,29	60,9	106,2	37,17	59,7	54,0Cl; 2,48 Zn; 0,24 Cu; 0,54 B; 0,3 Mo; 0,9 Fe; 0,6 Mn.
S	0,0	39,29	70,5	106,2	37,17	21,4	62,6 Cl; 0,32 Mn.
H	42,0	0,0	26,5	0,0	0,0	48,0	23,5 Cl; 2,4 Zn; 0,24 Cu; 0,54 B; 0,3 Mo; 0,9 Fe; 0,6 Mn.

Tratamentos: T = Testemunha; G = Gradagem; H = Herbicida; A = Arroz; S = Soja