

SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

COMPARAÇÃO DA FERTILIDADE DE SOLOS EM RONDÔNIA COM DIFERENTES TEMPOS DE CONVERSÃO DE FLORESTA EM PASTAGEM⁽¹⁾

I. NUMATA⁽²⁾, J. V. SOARES⁽³⁾ & F. C. LEÔNIDAS⁽⁴⁾

RESUMO

Neste trabalho, foram comparadas as características dos solos de áreas de floresta e áreas de pastagens, considerando quatro diferentes idades de instalação, em três sítios, no estado de Rondônia. Os sítios foram escolhidos com o auxílio de imagens do sensor TM/Landsat, obtidas entre 1987 e 1997, sendo dois em Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e um em Luvissoilo Crômico (TC). Amostras de solo foram colhidas na camada de solo a 20 cm e submetidas à análise de fertilidade e granulométrica, obtendo-se os dados de pH, bases trocáveis, fósforo disponível, saturação por alumínio e por bases e carbono orgânico. Para o solo distrófico e de baixa fertilidade natural (PVA), a adição de cinza proveniente da queima da floresta e os restos vegetais nos primeiros anos de implantação de pastagem influenciaram bastante a dinâmica de solo. Para os dois sítios de PVA, o nível de saturação por bases manteve-se superior na área de pastagem, mesmo com mais de 10 anos de uso, ao encontrado na área de floresta. Já o alumínio mostrou baixo nível após a implantação de pastagem em todas as classes de idade estudadas. O fósforo disponível sofreu queda rápida após atingir o valor de pico e, após um período de mais de 10 anos de uso com pastagem, apresentou valor praticamente igual ao original, nos dois tipos de solo estudados. No caso do solo eutrófico (TC), o efeito da cinza, em geral, foi de menor intensidade em relação ao do solo distrófico (PVA), mostrando alta perda de nutrientes no tempo, decorrente de fatores associados ao baixo teor de argila do solo e ao relevo local mais acentuado.

Termos de indexação: uso da terra, carbono, agricultura itinerante, dinâmica de nutrientes.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada no Curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto no INPE. Recebido para publicação em agosto de 1999 e aprovado em julho de 2002.

⁽²⁾ Doutorando na "University of Califórnia, Santa Bárbara". E-mail: numata@geog.ucsb.edu

⁽³⁾ Pesquisador Titular da Divisão de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Av. dos Astronautas 1758, Jd. da Granja, CEP 12227-010 São José dos Campos (SP). E-mail: viane@ltid.inpe.br

⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa/CPAF-RO. BR 364, Km 5,5, Caixa Postal 406, CEP 78900-000 Porto Velho (RO). E-mail: leonidas@cpafro.embrapa.br

SUMMARY: *SOIL FERTILITY DYNAMICS IN THE AMAZON IN FORMER FOREST AREAS CONVERTED TO PASTURE*

In the State of Rondônia, Brazil, soil characteristics of forest and converted pasture areas were compared (four age classes). Adjacent areas of undisturbed natural forest were also surveyed for comparison. Based on the analysis of TM/LANDSAT images obtained between 1987 and 1997, three sites were selected for soil sampling. Two of these sites belong to the class "Argissolo Vermelho-Amarelo" (PVA – Ultisol), and the other to the "Luvisolo Crômico" (TC – Alfisol). The soil samples were collected at a depth of 20 cm, and fertility and texture analyses were carried out to obtain data on pH, exchangeable bases, available phosphorus, aluminum and base saturation, and organic matter values. Soil fertility in the dystrophic soil of low natural fertility (PVA) was strongly influenced by the incorporation of ashes derived from the burning of the primary forest and by the remaining vegetation in the first years after pasture implantation. Base saturation was higher in the two PVA pasture areas than in the forest, even after more than 10 years of use. On the contrary, the aluminum rate was lower in pastures after conversion in all investigated age classes. The values of available phosphorus dropped quickly after reaching a peak and returned to practically the original level after over 10 years of pasture utilization in both studied soil types. The eutrophic soil (TC) was less influenced by the effect of the ashes than the dystrophic soil (PVA) and presented elevated nutrient leaching, due to factors related to the low clay content and the marked local topography.

Index terms: land use, carbon, shifting cultivation, nutrient dynamics.

INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores que acarretam a baixa longevidade produtiva das pastagens na região Amazônica é a diminuição do grau de fertilidade do solo ao longo do tempo (Demattê, 1988). O mesmo fator também pode resultar no abandono das áreas de pastagens pelos pecuaristas e na exploração das outras áreas de floresta para estabelecimento de novas áreas mais produtivas no curto prazo. Este processo leva à expansão da área desflorestada ano após ano (Fearnside, 1980; Buschbacher, 1986).

No período da implantação, a produção forrageira tende a ser alta por causa da incorporação da cinza proveniente da queima da floresta ao solo. Três e cinco anos depois, a produtividade forrageira começa a decrescer com o declínio do nível da fertilidade do solo; em geral, cinco a 10 anos depois de seu estabelecimento, a pastagem fica severamente degradada. No entanto, a mudança do grau de fertilidade do solo, ao longo do seu tempo de uso como pastagem, varia conforme as propriedades químicas e físicas de cada tipo de solo e as práticas de manejo de pastagem empregadas em cada área (Demattê, 1988; Teixeira et al., 1997). Desse modo, a melhor compreensão da dinâmica dos nutrientes em pastagem no tempo, nas diferentes classes de solo, é necessária, para melhorar a longevidade produtiva da pastagem cultivada na Amazônia.

Assim, a análise de cronoseqüência da fertilidade do solo sob pastagem cultivada, após a derrubada e

queima da floresta, permite avaliar sua tendência de estabilização ou degradação ao longo do tempo (Moraes, 1995; Leônidas, 1998). Se a análise for efetuada em diferentes tipos de solo, é possível não só identificar quais fatores limitantes de cada um deles para pastagem, mas também as épocas críticas para definir as estratégias de manejo visando à sua sustentabilidade.

Este trabalho, ainda que limitado em razão do número de sítios amostrados, tem por objetivo avaliar a dinâmica da fertilidade do solo ao longo do tempo após a conversão de floresta em pastagem na região Amazônica, bem como estudar os efeitos de diferentes tipos de solos nesta mudança.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na região leste do estado de Rondônia, localizada entre 9°45' e 10°35'S e 62°17' e 64°55'W, composta pelos municípios de Ariquemes, Cacaulândia e Theobroma. Nesta região, predominam o Argissolo Vermelho-Amarelo álico (PVA), Latossolo Vermelho-Amarelo álico (LVA) e o Luvisolo Crômico eutrófico (TC) (EMBRAPA, 1982). O clima é Aw, segundo a classificação de Köppen, tropical úmido, apresentando uma estação seca bem definida entre junho e agosto.

Foram selecionados três sítios de estudo, denominados A, B e C, com diferentes idades de pastagem

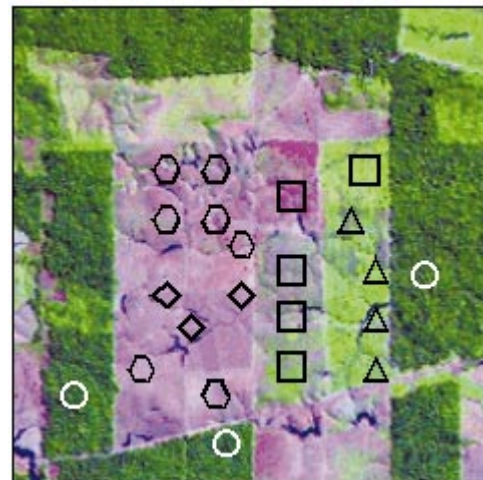
(desde a conversão de floresta em pastagem). Os sítios estão a distâncias que variam de 32 a 48 km entre si. Imagens multitemporais do sensor TM/Landsat, obtidas entre 1987 e 1997, foram utilizadas na pré-seleção desses sítios. As imagens multiespectrais foram transformadas em imagens de sombra, em que áreas de floresta nativa aparecem na cor clara e áreas desmatadas na cor escura, por meio de uma técnica fundamentada em modelos de mistura (Shimabukuro & Smith, 1991) e, posteriormente, foram fatiadas em quatro classes de idade de uso da terra desde a conversão de floresta em pastagem: (a) um a dois anos; (b) três a cinco anos; (c) seis a 10 anos e (d) mais de 10 anos. A descrição detalhada para detectar as diferentes idades de uso da terra pela utilização de imagens de satélite é apresentada em Numata (1999) e Numata et al. (2000).

Os dados sobre as práticas de manejos empregadas em cada sítio foram obtidos por meio de entrevistas com os proprietários. Todos os sítios utilizam, como forrageira, a espécie *Braquiária brizantha*. A carga animal, na estação seca, é de 1,6 UA/ha, para o sítio A; de 1,4, para o B, e de 2,0, para o C, enquanto, na época úmida, de 2,4, para o A, e 2,0, para ambos os sítios, B e C. O período de descanso estende-se de 40 a 50 dias, para os sítios A e B, e de 30 a 40 dias, para o sítio C. O método de limpeza não é mecanizado para todos os sítios, e a adubação não é praticada em quaisquer dos sítios. O fogo é a prática empregada em todos os sítios para limpeza da área e é aplicado duas ou três vezes nos primeiros anos de instalação da pastagem. Para pastagens mais antigas, a limpeza não é feita anualmente. Desta forma, o efeito do fogo aparece apenas nos primeiros anos.

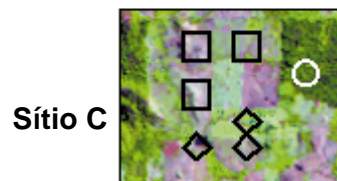
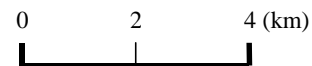
Nos sítios estudados, com base na carta de solos da região na escala de 1:500.000, publicada pela EMBRAPA (1982), e na identificação das características morfológicas de solos feita no campo, verificaram-se dois tipos de solo predominantes: (1) Argissolo Vermelho-Amarelo textura média, (PVA), encontrado nos sítios A e B; e (2) Luvisolo Crômico textura arenosa (TC), encontrado no sítio C. A coleta de amostras de solo foi realizada para cada classe de idade, incluindo as áreas sob floresta como referências (indicadores do nível de fertilidade natural do solo em cada sítio de estudo). O esquema de amostragem de cada área é apresentado na figura 1. Como as áreas de diferentes idades de uso tanto entre os sítios como dentro do próprio sítio não são uniformes, o número de amostras em cada área de uso variou de acordo com o tamanho e topografia de cada área. Adicionalmente, ao coletar as amostras, foram evitados locais como manchas de diferentes tipos de solos, que poderiam alterar os comportamentos típicos da sua fertilidade. Além desses fatores, a coleta de amostras foi limitada pela própria logística de acesso aos locais difíceis. Cada amostra composta para análise foi obtida da composição de quatro simples, em média, tomadas na camada de 0-20 cm.



Sítio A



Sítio B



Sítio C

Figura 1. Mapa de amostragem. As marcas nos sítios referem-se aos pontos de amostras de diferentes classes de idade de pastagem: Floresta - Círculo; 1 a 2 anos - Triângulo; 3 a 5 anos - Quadrado; 6 a 10 anos - Hexágono; > 10 anos - Losango.

As análises de fertilidade de solos foram realizadas de acordo com os métodos da EMBRAPA (1996). Os seguintes itens foram analisados: pH em H₂O; cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com KCL 1 mol L⁻¹, quantificados por titulação; fósforo e potássio foram extraídos pelo Mehlich-1, sendo os teores de P determinados por colorimetria e os de K por fotometria de chama; carbono orgânico, extraído com dicromato de potássio 0,4 %. Com esses dados, foram calculadas a capacidade de troca de cátions (T) e saturação por base (V) e por alumínio (m). Foram também obtidos a média, o desvio-padrão e o intervalo de confiança (95 %) para cada elemento analisado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dinâmica dos nutrientes em PVA

Na condição natural, em floresta, os Argissolos Vermelho-Amarelos, PVA, dos sítios A e B, caracterizaram-se por baixo nível de fertilidade, baixo teor de bases e por alto teor em alumínio trocável (Quadro 1). Nas áreas nas quais a floresta havia sido queimada, após um a dois anos, os elementos estudados apresentaram valores muito superiores aos observados em floresta. As diferenças entre os valores médios na floresta e nas áreas com um a dois anos de pastagem estão além dos limites de confiança na maioria dos elementos analisados. Para as bases (Ca e Mg), soma de bases e CTCe, essa superioridade, possivelmente efeito da queima, continuou nas áreas queimadas três a cinco anos antes, e até com valores mais altos que nas áreas queimadas há um-dois anos, embora com diferenças não-significativas, com base no intervalo de confiança, exceto para o Mg. Os teores das bases, incluindo S e CTCe, nas áreas com seis a dez anos de pastagem, tenderam a ser inferiores aos das áreas com três a cinco anos, mas as diferenças em relação aos das áreas com mais de 10 anos de pastagem foram muito pequenas.

A dinâmica das bases nos primeiros cinco anos de instalação de pastagem pode ser atribuída ao aporte ao solo dos elementos contidos na massa vegetal queimada e mineralizados com a deposição dos resíduos que escapam da queima. Nos dois primeiros anos, é depositada maior quantidade de cinzas, o que é refletido nos altos teores dos elementos. Após este período, até quatro a cinco anos de instalação, mais uma ou duas queimas são realizadas nas pastagens. A partir dos cinco a seis anos, como não há mais queima e deposição dos elementos como cinza, fatores, tais como: erosão, lixiviação e absorção pelas plantas, levam à perda dos elementos. Ainda assim, a soma das bases nas áreas com mais de 10 anos de pastagem foi, em geral, superior à das florestas vizinhas. No caso da CTCe,

as áreas com mais de 10 anos de uso tiveram praticamente os mesmos valores que os ecossistemas naturais. Entretanto, na floresta, a CTCe foi composta, na maior parte, por Al, ao passo que, na pastagem com mais de 10 anos, ela foi caracterizada pela alta proporção de bases e baixo teor de Al.

O efeito corretivo da cinza sobre a acidez do solo pela adição de óxidos básicos é evidenciado pela dinâmica do pH e do Al trocável. Nas áreas queimadas, o valor do pH permaneceu superior ao das áreas de floresta, mesmo depois de 10 anos de uso, enquanto o Al mostrou comportamento oposto. Tendência semelhante foi observada em Correa & Reichardt (1995) e Sampaio (1998). O Al atingiu valores mínimos nas áreas com pastagem de um a dois anos, para o sítio A, e de três a cinco anos, para o B, com valores novamente mais altos nos solos a partir do seis anos de uso. Os valores mais altos do Al trocável devem estar associados com a perda de bases trocáveis ao longo do tempo, como já discutido anteriormente, mas podem também estar relacionados com a liberação de complexos orgânicos de Al pela decomposição de matéria orgânica (Sanchez et al., 1983). Mesmo com a tendência de aumento a partir de cinco-seis anos de uso, o nível de saturação por Al nas áreas com 10 anos de uso foi muito menor que nos solos sob floresta. Este comportamento foi também observado por Teixeira & Bastos (1989), Correa & Reichardt (1995) e Costa et al. (1998). Serrão et al. (1982) observaram que a saturação por Al ficou praticamente nula por mais de 13 anos com a adição de bases trocáveis provenientes da cinza.

Para o P disponível, o efeito da adição de cinzas não se mostrou tão duradouro. Apesar do alto nível do elemento no início da pastagem, muito superior ao da floresta, o decréscimo foi rápido e, nas áreas com mais de 10 anos de pastagem, os valores estavam próximos aos das áreas de floresta. Serrão et al. (1982) observaram resultados semelhantes em pastagens estabelecidas em Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) e TC textura média. Para Teixeira & Bastos (1989), o nível de P na pastagem ficou praticamente igual ao da floresta (por volta de 2 mg dm⁻³), já no segundo ano após a queima de floresta, em Latossolo Amarelo, muito argiloso, na região de Manaus (AM). Segundo esses autores, o incremento na disponibilidade deste elemento por um período tão curto pode ser atribuído à baixa solubilidade do P disponível e à alta capacidade de fixação pelos oxidróxidos de ferro e alumínio no solo. Deve-se ressaltar que, para algumas áreas, o desvio-padrão foi nulo, porque as amostras tinham o mesmo valor (Quadro 1).

Do ponto de vista da longevidade produtiva da pastagem, como o fósforo é o nutriente mais limitante, pode-se esperar que a queda da produtividade venha a aparecer por volta do sexto ano de instalação, principalmente no sítio B, que

Quadro 1. Resultados e análises de solos em pastagem comparativamente à floresta, com diferentes tempos de conversão de floresta em pastagem

Sítio	Nº ⁽¹⁾	Argila	pH-H ₂ O	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al + H	
									g kg ⁻¹
A	Floresta	3	229 (60)	3,9 (0,1)	4,3 (2,1)	0,11 (0,03)	0,5 (0,3)	0,3 (0,98)	5,97 (0,98)
	<i>máx./mín.</i>			4,2/3,7	9,5/-0,8	0,17/0,04	1,25/-0,25	0,55/0,05	8,41/3,53
	1-2 anos	3	150 (75)	5,3 (0,1)	15 (1,7)	0,42 (0,2)	1,54 (0,4)	0,6 (0,1)	2,5 (1,15)
	<i>máx./mín.</i>			5,6/5,1	19,5/10,5	0,90/-0,10	2,54/0,54	0,85/0,35	5,36/-0,36
	3-5 anos	5	156 (104)	5,5 (0,1)	10,0 (2,3)	0,34 (0,07)	1,68 (0,8)	0,96 (0,21)	3,5 (0,51)
	<i>máx./mín.</i>			5,6/5,4	12,8/7,2	0,42/0,26	2,67/0,69	1,22/0,70	4,14/2,86
B	6-10 anos	3	177 (85)	5,5 (0,1)	6,0 (0,0)	0,4 (0,26)	0,97 (0,29)	0,7 (0,26)	2,97 (0,47)
	<i>máx./mín.</i>			5,8/5,2		1,04/-0,25	1,68/0,25	1,36/0,04	4,14/1,79
	> 10 anos	4	271 (49)	5,25 (0,1)	4,8 (0,5)	0,23 (0,06)	0,93 (0,21)	0,65 (0,13)	4,13 (0,87)
	<i>máx./mín.</i>			5,3/5,2	5,6/4,0	0,31/0,14	1,25/0,60	0,86/0,44	5,50/2,75
	Floresta	3	353 (59)	3,9 (0,3)	1,0	0,09 (0,03)	0,1 (0,1)	0,1 (0,0)	5,47 (0,91)
	<i>máx./mín.</i>			4,6/3,2		0,16/0,02	0,35/-0,15		7,72/3,21
C	1-2 anos	4	284 (73)	5,4 (0,8)	3,5 (1,9)	0,52 (0,14)	1,15 (0,99)	0,55 (0,17)	3,43 (0,96)
	<i>máx./mín.</i>			6,7/4,2	6,6/0,45	0,74/0,29	2,72/-0,42	0,83/0,27	4,95/1,90
	3-5 anos	5	280 (94)	5,3 (0,4)	3,8 (2,2)	0,42 (0,12)	1,24 (0,32)	0,88 (0,26)	4,34 (1,01)
	<i>máx./mín.</i>			5,8/4,9	6,5/1,1	0,57/0,27	1,64/0,84	1,20/0,56	5,60/3,08
	6-10 anos	7	258 (49)	4,9 (0,1)	1,0	0,18 (0,05)	0,65 (0,29)	0,48 (0,21)	4,47 (0,47)
	<i>máx./mín.</i>			5,0/4,8		0,22/0,13	0,95/0,35	0,71/0,26	4,96/3,98
C	> 10 anos	3	223 (71)	5,0 (0,2)	1,0	0,42 (0,31)	0,53 (0,21)	0,43 (0,21)	4,07 (0,25)
	<i>máx./mín.</i>			5,4/4,7		1,20/-0,36	1,05/0,02	0,71/-0,08	4,69/3,44
	Floresta	1	59	6,1	2,0	0,2	4,0	1,1	2,5
3-5 anos	3	35 (11)	7,4 (0,6)	7,3 (4,6)	0,33 (0,1)	7,0 (0,53)	1,2 (0,53)	0,93 (0,93)	
<i>máx./mín.</i>			8,9/5,9	18,8/-4,1	0,64/0,01	8,31/5,69	1,68/0,65	3,24/-1,38	
> 10 anos	3	65 (25)	5,9 (0,4)	2,7 (1,2)	0,19 (0,14)	2,2 (1,4)	0,7 (0,31)	2,3 (0,30)	
<i>máx./mín.</i>			7,0/4,9	5,5/-0,2	0,27/0,12	5,68/-1,28	1,43/-0,09	3,05/1,55	
			S	CTCe⁽²⁾	CTCt⁽³⁾	Al³⁺	m	C.O.⁽⁴⁾	V
			cmolc dm ⁻³				%	g kg ⁻¹	%
A	Floresta	3	0,91 (0,42)	2,04 (0,37)	6,87 (1,35)	1,13 (0,06)	57,1 (13,1)	12,0 (2,4)	13,0 (4,4)
	<i>máx./mín.</i>		1,94/-0,13	2,95/1,13	10,25/3,52	1,28/0,99	89,7/24,5	17,9/6,2	23,8/2,2
	1-2 anos	3	2,83 (0,46)	2,7 (0,26)	5,4 (0,86)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	11 (2,0)	54,5 (15,3)
	<i>máx./mín.</i>		3,97/1,68	3,34/2,06	7,53/3,27			15,6/6,0	92,5/16,5
	3-5 anos	5	2,98 (1,02)	2,98 (1,02)	6,48 (1,41)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	10,9 (4,0)	45,2 (6,7)
	<i>máx./mín.</i>		4,25/1,71	4,25/1,71	8,23/4,73			15,9/5,9	53,1/36,9
B	6-10 anos	3	2,06 (0,45)	2,10 (0,46)	5,03 (0,6)	0,03 (0,06)	1,5 (2,6)	11,3 (0,8)	40,7 (7,2)
	<i>máx./mín.</i>		3,18/0,94	3,23/0,96	6,52/3,54	0,18/-0,11	8,07/-5,03	13,2/9,4	58,6/22,7
	> 10 anos	4	1,8 (0,35)	1,95 (0,34)	5,93 (0,88)	0,15 (0,06)	7,8 (3,1)	12,6 (3,2)	30,8 (6,0)
	<i>máx./mín.</i>		2,35/1,25	2,49/1,41	7,33/4,52	0,24/0,06	12,7/3,0	17,7/7,6	40,33/21,17
	Floresta	3	0,29 (0,12)	1,69 (0,41)	5,76 (0,83)	1,4 (0,53)	80,7 (13,4)	10,0 (2,8)	5 (2,5)
	<i>máx./mín.</i>		0,59/-0,01	2,71/0,67	7,81/3,71	2,71/0,09	113,8/47,5	17,0/2,9	11,6/-1,6
C	1-2 anos	4	2,22 (1,04)	2,42 (0,91)	5,64 (0,1)	0,2 (0,14)	10,3 (7,5)	8,3 (1,6)	39 (17,6)
	<i>máx./mín.</i>		3,88/0,56	3,87/0,97	5,81/5,48	0,43/-0,03	22,2/-1,7	10,9/5,8	67,0/11,0
	3-5 anos	5	2,54 (0,59)	2,68 (0,54)	6,48 (1,3)	0,1 (0,2)	5,3 (7,6)	9,5 (1,4)	37 (8,2)
	<i>máx./mín.</i>		3,88/0,56	3,34/2,01	8,18/5,57	0,40/-0,12	14,7/-4,1	11,2/7,8	47,2/26,8
	6-10 anos	7	1,31 (0,46)	1,78 (0,39)	5,78 (0,6)	0,47 (0,21)	27,3 (13,4)	10,0 (3,4)	22,5 (6,4)
	<i>máx./mín.</i>		1,79/0,83	2,18/1,37	6,40/5,15	0,68/0,25	41,4/13,3	13,5/6,4	29,2/15,8
C	> 10 anos	3	1,39 (0,1)	1,79 (0,1)	5,46 (0,17)	0,4 (0,0)	22,4 (1,4)	9,6 (2,4)	25,3 (2,5)
	<i>máx./mín.</i>		1,65/1,13	2,05/1,53	5,88/5,03		25,8/19,0	15,4/3,8	31,6/19,1
	Floresta	1	5,3	5,3	7,8	0,0	0,0	11,1	68
3-5 anos	3	8,49 (0,31)	8,49 (0,31)	9,43 (0,71)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	7,8 (0,3)	90,7 (9,3)	
<i>máx./mín.</i>		9,26/7,72	9,26/7,72	11,20/7,66			8,6/7,1	113,8/67,6	
> 10 anos	3	3,06 (1,65)	3,09 (1,62)	5,36 (1,31)	0,03 (0,06)	1,6 (2,7)	6,5 (0,3)	54,7 (14)	
<i>máx./mín.</i>		7,15/-1,03	7,11/-0,92	8,81/1,91	0,18/-0,11	8,34/-5,19	7,3/5,8	90,4/19,0	

⁽¹⁾ Número de repetições. ⁽²⁾ CTC efetiva. ⁽³⁾ CTC potencial. ⁽⁴⁾ carbono orgânico. Os valores de média com desvio-padrão em parêntese; limites, máximo e mínimo, de confiança, 95%, em itálico.

apresentou o nível mais baixo deste nutriente. Entretanto, esse processo de degradação pela baixa disponibilidade do P no solo dependeria muito da espécie forrageira utilizada (Serrão et al., 1982; Costa, 1996; Teixeira et al., 1997).

A dinâmica da matéria orgânica parece diferir das outras variáveis de fertilidade do solo. Para os dois sítios de solo TC, as diferenças nos níveis de carbono orgânico, entre as áreas com floresta ou distintos tempos de pastagem, foram muito pequenas e não-significativas. A estabilidade do nível de C orgânico deve estar relacionada com o efeito da pastagem como fonte de carbono, após a derrubada e queima da floresta (Chone et al., 1991; Moraes, 1995).

Dinâmica dos nutrientes em TC

O sítio C, Luvisolo Crômico, TC, apresentou elevados teores de bases trocáveis, com pH 6,1, e com teor de Al trocável praticamente nulo (Quadro 1). Considerando a alta variabilidade observada nos dados e o número limitado de repetições para cada classe de idade, principalmente a floresta de referência, qualquer análise é dificultada para este sítio. No entanto, há uma indicação clara de que a dinâmica dos nutrientes é caracterizada pelo possível efeito da cinza nos cinco primeiros anos e retorno dos nutrientes ao nível original após mais de 10 anos de uso. Por exemplo, os níveis médios de Ca e K, nas áreas com três a cinco anos de uso, foram 75 e 57 %, respectivamente, maiores que os na floresta. Nas áreas com mais de 10 anos de uso, os níveis foram semelhantes ou inferiores aos da floresta de referência. A mesma tendência se repete para a CTC efetiva, saturação por bases e P. Para este tipo de solo (e para esta área em particular), a redução das bases no tempo pode ser atribuída a fatores físicos, como: baixa percentagem de argila (Quadro 1) e relevo relativamente mais acidentado, o que poderia ter intensificado a perda desses elementos por lixiviação e erosão. A mesma causa pode ser responsável pela diminuição no carbono orgânico, que foi 42 % menor nas áreas com mais de 10 anos de pastagem que na floresta-testemunha. O efeito dos fatores físicos na dinâmica dos nutrientes deve merecer atenção específica em estudos futuros.

Ainda que o objetivo central deste estudo tenha sido o de analisar a mudança da fertilidade do solo no tempo, desde a conversão de floresta em pastagem, os resultados obtidos podem ter sido influenciados também pelo fator espacial, considerando a não-uniformidade das áreas de diferentes idades amostradas. Ademais, as práticas de manejo empregadas em cada um dos sítios amostrais poderiam ser outro fator influente nos resultados. Esses fatores poderiam ser estudados no futuro, com um desenho experimental apropriado para contemplar uma análise de seus efeitos sobre a dinâmica de fertilidade dos solos sob pastagem.

Recomenda-se a expansão deste trabalho para outras áreas da Amazônia, incluindo classes de pastagem mais velhas, mais tipos de solo e práticas de manejo. Outro ponto importante é a adequação da estratégia da amostragem, ainda que ocasionando custos de aquisição e análise de dados bem superiores aos empregados nesta pesquisa, com vistas em realizar uma análise estatisticamente adequada para separar os efeitos espaciais, notadamente associados a solos e manejo, da dinâmica temporal.

CONCLUSÕES

1. A dinâmica da fertilidade do solo nas áreas com pastagem foi bastante influenciada pela adição de cinzas provenientes da queima da floresta e pela decomposição dos restos vegetais, nos primeiros anos da implantação. A incorporação das cinzas proporcionou um aumento no nível geral de fertilidade, principalmente nas bases, que tiveram teores mais altos nas áreas com pastagem (com um- dois anos até mais de 10 anos de implantação) que nas áreas de floresta.

2. A dinâmica do alumínio mostrou comportamento similar, mantendo-se mais baixa nas áreas de pastagem, enquanto o reverso ocorreu com o pH, mais alto que nas áreas de floresta. Já o efeito no fósforo disponível foi relativamente efêmero. Os níveis foram maiores nas áreas convertidas em pastagem um-dois anos antes que nas áreas de floresta, mas onde a conversão havia sido há mais de seis anos, os níveis foram semelhantes e até inferiores aos da floresta.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto "Seqüestro e emissão de carbono em função da mudança no uso e cobertura da terra amazônica", projeto-piloto do PPD-G7, pelo financiamento deste estudo; à EMBRAPA/CPAFRO, Rondônia, pela colaboração no trabalho de campo; aos Drs. Getúlio T. Batista e Diógenes S. Alves, pesquisadores do INPE, e a Newton L. Costa, pesquisador da EMBRAPA/CPAFRO, Rondônia, pelas contribuições e sugestões no manuscrito.

LITERATURA CITADA

BUSCHBACHER, R.L. Tropical deforestation and pasture development. *Bioscience*, 36:22-28, 1986.

- CHONÉ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J.C.; VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. Change in organic matter in Oxisol from Central Amazonian forest during eight years as pasture, determined by ^{13}C isotopic composition. In: BERTHELIN, J., ed. Diversity of environmental biogeochemistry. Amsterdam, Elsevier, 1991. p.397-405.
- CORREA, J.C. & REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. *Pesq. Agropec. Bras.*, 30:107-114, 1995.
- COSTA, N.L. Adubação fosfatada na recuperação de pastagens degradadas da Região Amazônica. *L. Arrozera*, 49:16-19, 1996.
- COSTA, N.L.; THUNG, M.; TOWNSEND, C.R.; MOREIRA, P. & LEÔNIDAS, F.C. Quantificação das características físico-químicas do solo sob pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. Anais. Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.167-169.
- DEMATTE, J.L.I. Manejo de solos ácidos úmidos - região amazônica. Campinas, Fundação Cargill, 1988. 215p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (EMBRAPA-SNLCS). Mapa de levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos de Rondônia. [S.I.], Rio de Janeiro, 1982.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1996, 212p.
- FEARNSIDE, P.M. The effects of cattle pasture on soil fertility in the Brazilian Amazon: consequences for beef production sustainability. *Trop. Ecol.*, 21:125-137, 1980.
- LEÔNIDAS, F.C. Alterações físicas e químicas do solo sob pastagem na Amazônia Ocidental submetido a diferentes períodos de utilização. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 1998. 56p. (Tese de Mestrado)
- MORAES, J.F. Propriedades do solo e dinâmica da matéria orgânica associada às mudanças do uso da terra em Rondônia (RO)/Brasil. - Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura /Universidade de São Paulo, 1995. 69p. (Tese de Doutorado)
- NUMATA, I. Avaliação da conversão de floresta para pastagem na Amazônia usando sensoriamento remoto e fertilidade do solo. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999. 104p. (Tese de Mestrado)
- NUMATA I.; SOARES, J.V.; BATISTA, G.T.; ROBERTS, D.A. & CHADWICK, O.A. Evaluation of the conversion from forest to pasture using remote sensing for soil fertility analysis. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF REMOTE SENSING. International Archives of Photogrametry and Remote Sensing, Amsterdam, 2000. Proceedings. Amsterdam, 2000, v.33. p.1033-1038.
- SAMPAIO, F.A.R. Balanço de nutrientes em um sistema de agricultura migratória no município de Ji-Paraná, RO. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 102p. (Tese de Mestrado)
- SANCHEZ, P.A.; VILLACHICA, J.H. & BANDY, D.E. Soil fertility after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47:1171-1178, 1983.
- SERRÃO, E.A.S.; FALESI, I.C.; VEIGA, J.B. & TEIXEIRA, J.F. Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta da Amazônia Brasileira. In: SANCHEZ, P.A.; TERGAS, L.E. & SERRÃO, E.A.S., eds. Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos. Brasília, CIAT, 1982. p.219-251.
- SHIMABUKURO, Y.E. & SMITH, J.A. The least-square mixing models to generate fraction imagens derived from remote sensing multispectral data. *IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing*, 29:16-20, 1991.
- TEIXEIRA, L.B. & BASTOS, J.B. Nutrientes nos solos de floresta primária e pastagem de *Brachiaria humidicola* na Amazônia Central. Belém, EMBRAPA/CPATU, 1989. 31p. (Boletim de Pesquisa, 98)
- TEIXEIRA, L.B.; SERRÃO, E.A.S. & NETO, J.F.T. Pastagens cultivadas na Amazônia: sustentabilidade e sua relação com a fertilidade do solo. In: TUCCI, C.A.F., ed. Amazônia Agricultura Sustentável. Manaus. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. p.43-78.

