

DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM SOLOS MANEJADOS COM E SEM QUEIMA NO NORDESTE PARAENSE¹

Elineuza Faria da Silva Trindade*

Oswaldo Riohey Kato**

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho***

Ernilo César da Silva Serafim****

RESUMO

Os solos amazônicos são conhecidos por sua baixa fertilidade natural, que além da elevada acidez, apresenta baixos teores de fósforo na forma disponível pelas plantas. O sistema de manejo tradicionalmente utilizado na agricultura familiar da região é o de corte e queima, cujas consequências aceleram a perda de fósforo no solo. Como alternativa a esse tipo de sistema, a tecnologia de corte e trituração da capoeira sem queima vem consolidando espaço nas unidades de produção camponesas objetivando, entre outros possíveis efeitos, o aumento da eficiência do uso do fósforo na agricultura. Com a finalidade de verificar a disponibilidade do fósforo em solo manejado com queima e sem queima entre os anos de 1995 a 2010, conduziu-se um experimento no município de Igarapé-Açu, Pará, sob um Latossolo Amarelo Distrófico textura arenosa. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. As coletas de solo realizadas nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, em cada parcela, e analisadas segundo a metodologia da Embrapa (1997). As médias dos resultados analíticos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. O sistema sem queima apontou para a elevação dos teores de fósforo disponível no solo e forte tendência de estabilização com o passar dos anos, notadamente no tratamento com incorporação da cobertura morta e adição de adubo. Ao contrário, o sistema com queima tendeu a diminuir os teores de fósforo ocasionado pela degradação química do solo e, conseqüentemente, contribuindo com a insustentabilidade do sistema de produção.

Palavras-chave: Manejo do Solo-Amazônia. Agricultura Familiar. Sistema de Corte e Trituração da Capoeira.

¹ Resultados da tese da primeira autora em elaboração junto ao Programa de Doutorado em Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)/Embrapa Amazônia Oriental.

* Engenheira Agrônoma; Doutoranda em Ciências Agrárias pela UFRA/Embrapa Amazônia Oriental. E-mail: elineuza_trindade@hotmail.com.

** Engenheiro Agrônomo; Dr.; Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental. E-mail: okato@cpatu.embrapa.br.

*** Engenheiro Agrônomo; Dr.; Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental. E-mail: maklouf@cpatu.embrapa.br.

**** Engenheiro Agrônomo; Técnico de Gestão Ambiental da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA/PA). E-mail: ernildoserafim@hotmail.com.

AVAILABILITY OF PHOSPHORUS IN MANAGED SOILS WITH OR WITHOUT SLASH AND BURN IN THE NORTHEAST OF PARA

ABSTRACT

Amazon soils are known for their low natural fertility, high acidity and low availability of phosphorus contents to plants. The management system which has been traditionally used in small scale family agriculture is slash-and-burn, as a results it accelerates the loss of phosphorus in the soil. More recently, as an alternative to that system, the slash- and-chopped technique used for fallow vegetation, without burning, has been more frequently used by small farmers aiming, among other possible effects, an increase in the use of phosphorus efficiency in agriculture. In order to check the availability of phosphorus in managed soil with and without burning, between 1995 and 2010, an experiment was conducted in the Municipality of Igarapé-Açu, Pará, under Dystrophic Yellow Latosol of sandy texture. The experimental design was random blocks, with three repetitions. The collection was made in the upper 0-10 cm and 10-20 cm of the soil, in each parcel, and was analyzed according to Embrapa's methodology (1997). The analytical result averages were compared to Tukey test at 5%. The non-burning system indicated an increase in phosphorus contents available in the soil and a strong tendency of stabilization throughout the years, especially in treatment with of incorporation of dead cover and nutrient addition in the long term. The slash-and-burn system, on the other hand, tended to decrease phosphorus contents causing a soil degradation, consequently adding to the unsustainability of the production system.

Keywords: Soil Management-Amazon. Family Agriculture. Fallow Vegetation Slash-and-Chopped System.

1 INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros são conhecidos pela carência em fósforo, devido principalmente ao material de origem e a forte interação deste elemento com o solo (RAIJ, 1991). A pouca mobilidade desse nutriente é resultado da sua adsorção aos colóides de forma não trocável, ou seja, não disponível às plantas, e mesmo na forma trocável a sua liberação ocorre lentamente (TOMÉ JÚNIOR, 1997). Devido a essa característica, o fósforo é considerado como o nutriente mais limitante para produção de biomassa nos solos tropicais (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Raven (2007) assinala que a fonte da maior parte do fósforo no solo é proveniente do intemperismo das rochas e dos minerais, e provavelmente, é o que mais limita o crescimento vegetal. O fósforo, portanto, é o elemento químico considerado de grande essencialidade para as plantas, sendo componente das moléculas transportadoras de energia, como a ATP, e também dos nucleotídeos do DNA e RNA.

Não diferentemente, os solos amazônicos são conhecidos pela sua baixa fertilidade natural, que além da elevada acidez, apresenta baixos teores de fósforo na forma disponível pelas plantas. A necessidade de alimentar a população que cresce de modo exponencial pode com o tempo conduzir à escassez de nutrientes específicos, devido à remoção da cobertura vegetal e o aumento da erosão, acelerando a perda de fósforo no solo.

Neste contexto, a agricultura de corte-e-queima pode ser caracterizada como um sistema de uso da terra o qual utiliza o fogo na vegetação natural para o cultivo agrícola, mas que provoca efeitos negativos no solo e no meio ambiente. Essa prática ocorre durante um ou dois anos, seguindo-se um período de pousio. Nessa fase, a vegetação secundária (capoeira) se refaz por

meio de rebrotas de tocos, raízes e sementes, principalmente aquelas que sobrevivem à queimada. As taxas de rotação do uso da capoeira exigem períodos de pousio longos, de modo que a nova vegetação recomposta possa contar com diversidade florística, ciclagem de água e nutrientes, acúmulo de carbono e nutrientes na biomassa (TIPPMANN; DENICH; VIELHAUER, 2000; SOMMER, 2004).

Dessa forma, Kato, Sá e Figueiredo (2006) sugerem que o período de pousio cada vez mais curto, devido a pressão populacional por alimentos, diminui os efeitos benéficos desse sistema, pois as repetidas queimadas representam uma contínua perda de nutrientes minerais, maior exposição do solo, retirada da serrapilheira e o aumento da mineralização orgânica. Em estudos no Nordeste Paraense, Sommer (2004) estimou uma perda de 21,5 mg de carbono e 372 kg de nitrogênio por hectare, além da perda de 45 a 70% de cátions menos voláteis como o K, Ca e Mg em uma capoeira de sete anos de idade, sendo que a maioria dessas perdas ocorreu com a fumaça durante o processo de queima. O mais preocupante, neste caso, foi a exportação de 63% do estoque de fósforo, o qual corresponde a 11,0 kg ha⁻¹, por ser limitante para o rendimento das culturas, completa o autor. É oportuno destacar que antes da utilização do solo essa prática constitui-se numa das principais causas do desmatamento na Amazônia, além de ser, também, o foco de queimadas nessa região, contribuindo com a emissão de gases do efeito estufa, fatores que colocam em alerta a continuidade desse modelo.

Para conter essas pressões sobre os recursos naturais, a comunidade científica tem se empenhado em buscar alternativas com o sistema de plantio direto na capoeira ou tecnologia de corte-e-trituração da capoeira sem

queima, desenvolvido pela Embrapa Amazônia Oriental em parceria com o governo alemão, onde nesse sistema a capoeira é cortada, triturada e espalhada homogênea sobre o solo como cobertura morta (KATO et al., 2007). Pesquisas nesse sentido, como os trabalhos de Kato (1998), Gama (2002) e Coelho et al. (2004) no Nordeste do Pará e Serra et al. (2007) no Oeste do Pará, baseados no corte-e-trituração da capoeira como alternativa ao uso do fogo, apontam tendências de aumento da matéria orgânica favorecendo o restabelecimento de níveis desejáveis de fertilidade do solo, notadamente quanto à disponibilidade de fósforo e nitrogênio às plantas, ainda que sejam utilizadas pequenas doses de fertilizantes químicos nos primeiros anos de implantação do sistema. Os resultados de pesquisa de Sommer (2004) demonstram balanço positivo de nutrientes pelo corte e trituração da

vegetação por não ocorrer perdas pela queimada, com ganhos de 267 kg ha⁻¹ de N, 8 kg ha⁻¹ de P, 61 kg ha⁻¹ de K, 176 kg ha⁻¹ de Ca, 34 kg ha⁻¹ de Mg e 27 kg ha⁻¹ de S.

Esse sistema proporciona, além da recuperação gradual do solo pela oferta de nutrientes e carbono através da reciclagem de nutrientes das camadas profundas para a superfície e fornecimento de matéria orgânica pela deposição da folhagem, melhorias nas propriedades químicas e físicas do solo, oferta de serviços ambientais e flexibilização do calendário agrícola. Diante disso, essa pesquisa tem por objetivo verificar a disponibilidade do fósforo no solo a partir de dois diferentes sistemas de manejo da capoeira, com e sem queima, este baseado na trituração da capoeira, no período de 1995 a 2010, em Igarapé-Açu, Pará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A Pesquisa foi realizada na comunidade Cumaru, em área de pequeno produtor, no município de Igarapé-Açu, mesorregião do Nordeste Paraense, entre as coordenadas geográficas de 1° 11' S e 47° 34' W, sob um Latossolo Amarelo Distrófico textura arenosa (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1997).

O município de Igarapé-Açu, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011), possui 7.562 ha ocupados com lavouras temporárias (22,28%) e permanentes (77,72%), respondendo por 2,35% das áreas de lavouras do Nordeste Paraense. Entre as lavouras temporárias destaca-se o cultivo da mandioca com 68,25% da área plantada (1.150 ha). Quanto às permanentes, o cultivo do dendezeiro ocupa 4.200 ha (71,46%) e a pimenta-do-reino 1.060 ha (18,04%).

O clima da região é intermediado entre Aw/Am, pela classificação de Köppen, chuvoso, apresentando estação seca de cinco meses, de agosto a dezembro, com temperatura anual variando entre 21 e 32°C, precipitação de aproximadamente 2.500 mm, umidade relativa do ar de 84% e brilho solar de 192,8 h/mês (BASTOS; PACHECO, 1999).

Os estudos foram conduzidos em áreas de pousio da vegetação secundária com idade de quatro anos, onde as parcelas experimentais constaram de 120 m² (10,0 x 12,0 m) e área total de 5.000 m² (50,0 X 100,0 m). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial (7x4x2), com três repetições. As parcelas constituídas pelas formas de preparo da terra: Queima da vegetação + adubação química (Q+); Queima da vegetação sem adubação química (Q-); Cobertura com

vegetação triturada + adubação química (C+); Cobertura com vegetação triturada sem adubação química (C-); Trituração e incorporação da vegetação + adubação química (I+); Trituração e incorporação da vegetação sem adubação química (I-) e Capoeira natural (CAP); quatro épocas de coleta de solo (1995, 1996, 1998 e 2010) e duas profundidades de coleta de solo (0-10 e 10-20 cm).

As parcelas foram cultivadas em regime de sequeiro com o arroz (*Oryza sativa* cv. Xingu) em rotação com o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* cv. BR3-Tracueteua) e a mandioca (*Manihot esculenta* cv. Pretinha) de acordo com o calendário agrícola da região nos anos de 1995, 1997, 2002, 2004 e 2010. Nas parcelas com fertilizantes foram utilizadas como fonte de NPK a uréia, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente, nas doses 50, 25 e 25 kg ha⁻¹ para o arroz e 10, 22, 42 kg ha⁻¹ para o feijão-caupi. Para a mandioca não houve adubação específica,

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios da variável fósforo disponível (P₂O₅) para os diferentes tratamentos dentro de cada ano e os diferentes anos dentro de cada tratamento, por profundidade, estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que, de modo geral, houve diferença estatística significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade nos sistemas de manejo, inclusive em relação à testemunha, com melhores resultados naqueles que receberam aplicação de fertilizantes químicos, principalmente na camada de 0-10 cm e com tendência de diminuição do fósforo disponível no decorrer dos anos nas duas profundidades.

Uma ressalva se faz para a camada de 10-20 cm que apresenta valores e diferenças menores para todos os tratamentos e

sendo considerado o efeito residual do fertilizante aplicado nas culturas do arroz e feijão-caupi.

A determinação analítica do parâmetro fósforo disponível foi realizada por meio do espectrofotômetro de chama, em conformidade com os procedimentos propostos pela Embrapa (1997). Para isso, foram coletadas três amostras de solo compostas, oriundas de nove amostras simples, na área útil da subparcela em forma de "zig-zag," utilizando-se trados.

Para efeito de análise estatística foi empregado o modelo de análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas (LITTELL et al., 2006). Tais análises foram conduzidas com auxílio da planilha Excel, do SAS System e do pacote STATISTICA 5.5. Dada a significância dos efeitos, a ordenação univariada dos valores médios, com representação do respectivo desvio padrão, foi obtida por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

testemunha, tendendo a estabilização. Esta situação pode ser considerada normal, pois naturalmente os teores de nutrientes diminuem com a profundidade do solo.

Como esperado, os resultados maiores foram observados nos tratamentos onde houve queima da vegetação independente da adubação, mas a partir de 1998 e, sobretudo em 2010 esses valores diminuem, ficando mais próximos dos demais tratamentos, devido possivelmente à ação dinâmica do solo, com sucessivas alternâncias de preparo de área, cultivo e pousio da vegetação ao longo dos anos e a reduzida capacidade regenerativa da capoeira devida provavelmente à baixa quantidade de nutrientes no solo, como também foi constatado em pesquisa realizada por Zarin et al. (2001).

As duas primeiras coletas de solo (1995 e 1996) tiveram o efeito de, apenas, um plantio, no ano de 1995, bem como na coleta de 1998 que teve efeitos do plantio de 1997. Os desgastes maiores no solo vieram a ser refletidos na última coleta em 2010, tanto pelo efeito cumulativo desde 1995 como pelos plantios (2002, 2004 e 2010) e queimas mais intensas em relação às coletas anteriores. Apesar de todos os tratamentos apresentarem tendência de aumento da quantidade de fósforo disponível para as plantas em relação à testemunha, nos tratamentos onde não foi realizada aplicação de adubo o teor de fósforo variou de 2,33 a 9,33 mg dm⁻³, enquanto que nas áreas adubadas a variação foi de 9,0 a 19 mg dm⁻³, considerados

por Cravo, Viégas e Brasil (2007), para este tipo de solo arenoso, de baixo a médio, em geral.

Esta situação é devida às características químicas e mineralógicas do solo, pois de acordo com Brady (1979) e Raij (1991) em regiões de clima tropical, semelhantes ao deste estudo, de pH ácido na faixa de 4 a 5, há predominância de óxidos de ferro, óxidos de alumínio e minerais de argila 1:1, como a caulinita, condicionando a formação de fosfatos de ferro e alumínio que além de não assimiláveis pelas plantas, fazem com que a disponibilização do fósforo, em nível de laboratório, ocorra a baixos teores, o que segundo Malavolta (1979) ocorre devido ao fenômeno da "fixação".

Tabela 1 - Valores médios de fósforo disponível (mg dm⁻³), em diferentes profundidades, comparando os Sistemas com Queima e com Corte e Trituração da Capoeira com uma área de Capoeira Natural, referentes aos anos de 1995, 1996, 1998 e 2010, no município de Igarapé-Açu (PA).

PROF Cm	TEMPO ano	TRATAMENTO													
		CAP		Q(-)		C(-)		I(-)		Q(+)		C(+)		I(+)	
mg dm ⁻³															
0-10	1995	4,67	Da	8,33	CDab	8,00	CDa	6,33	Da	19,00	Aa	11,67	BCa	14,00	Ba
	1996	4,33	Da	9,33	BCa	8,33	BCa	7,67	CDa	17,00	Aa	12,00	BA	11,00	BCab
	1998	4,33	Ca	5,00	Cbc	6,33	BCa	5,00	Cab	11,33	Ab	10,33	AA	9,33	ABb
	2010	1,67	Ca	3,33	Cc	2,33	CDb	2,33	Ca	13,00	Ab	9,00	BA	14,00	Aa
10-20	1995	2,33	Aa	3,00	Aab	3,33	Aab	2,67	Aab	3,67	Aab	4,00	AA	3,33	Ab
	1996	2,67	Ca	4,67	ABCa	3,67	ABCa	3,33	BCa	9,67	Aa	5,67	BA	5,00	BCab
	1998	2,33	Da	3,33	CDab	3,33	CDab	3,00	Dab	7,67	Aa	5,33	BCa	6,00	ABa
	2010	1,00	Ca	1,33	BCb	1,33	BCb	1,00	Cb	3,33	ABab	3,67	Aa	4,67	Aab

Fonte: dados da pesquisa.

Nota: médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Comparando, apenas, os tratamentos sem adubação, na camada de 0-10 cm, na área submetida à queima (Q-), observou-se uma tendência de aumento no teor de fósforo para

todos os anos, confirmando o efeito imediato das cinzas na disponibilidade deste nutriente no solo, apesar de uma diminuição a partir de 1998.

Para a cobertura do solo onde o material foi apenas triturado (C-), observa-se tendência de teores de fósforo maiores do que no tratamento com a incorporação (I-), provavelmente devido a mineralização mais lenta dos resíduos orgânicos deixados na superfície do solo pela ação quase que exclusiva do clima, concordando com Kato et al. (1998). Lopes (1989) acrescenta que há um aumento do teor de fósforo disponível no solo devido ao efeito da cobertura morta por esta melhorar as condições de umidade e temperatura. No entanto, quando há uma incorporação em grande quantidade de material orgânico, Rossetto e Tsai (1992) explicam a ocorrência de um aumento no estímulo ao crescimento da população microbiana, havendo uma maior demanda por fósforo que são assimiladas por esses organismos para a formação e desenvolvimento de suas células.

Kato (1998) estudando a dinâmica do fósforo no solo no mesmo local desta pesquisa, também observou que nas parcelas onde houve incorporação da biomassa triturada sem adubação ocorreu um decréscimo acentuado nos teores de fósforo disponível em níveis quase indetectáveis na solução do solo. O autor atribuiu esse resultado ao baixo teor do nutriente no solo no início do experimento, a baixa quantidade do mesmo na biomassa da capoeira, a sua baixa mobilidade no solo e a remoção pelas culturas exigentes em fósforo (arroz e caupi) nos primeiros anos de implantação desse sistema.

Já na comparação entre os tratamentos onde foi feita a aplicação de adubo, o tratamento Q(+) apresentou os maiores resultados, inclusive em relação a todo o

experimento. Todos os tratamentos, também, repetiram a tendência de diminuição no teor do fósforo com o passar dos anos, exceto o I(+), que teve comportamento diferenciado, apesar de estatisticamente ter sido semelhante ao tratamento Q(+) para os anos de 1998 e 2010.

É importante lembrar que o preparo de área feito em 2009 influencia diretamente nesse resultado. A queima ocorrida na área mais a adição de fertilizante provocaram a diminuição imediata da acidez e da toxidez do Al (Tabelas 2 e 3) favorecendo uma maior disponibilidade de fósforo no solo. No entanto, mesmo com trituração recente do material vegetal, a adição de adubo provavelmente compensou a imobilização dos nutrientes pelos microorganismos na fase inicial de decomposição da matéria orgânica, como proposto por Oliveira (2002), que somado ao efeito positivo dos manejos ocorridos nos anos anteriores na área deste tratamento refletiu no resultado alcançado pelo mesmo no último ano desta pesquisa (2010).

Desta forma, é possível observar que o tratamento (I+) voltou a apresentar o resultado do início das observações (14 mg dm^{-3}), apontando para a estabilidade da ação microbiana, mesmo com pouca chuva no período, enquanto no tratamento (Q+) houve queda gradativa do fósforo disponível ao longo dos anos. Este resultado assinala que com a continuidade dessa prática alternativa ao uso do fogo (incorporando a cobertura e adicionando adubo) é possível que haja uma tendência ao aumento do teor desse nutriente no solo, o qual contribuirá com a sustentabilidade do sistema de produção.

Em relação a essa queda acentuada no teor de fósforo em quase todos os tratamentos no ano de 2010, outra possível causa pode estar relacionada ao período de coleta das amostras de solo realizado no mês de outubro, pois o solo encontrava-se muito seco devido à baixa precipitação pluviométrica do período. Neste tipo de situação, esclarece Lopes (1989), a menor umidade e as altas temperaturas tornam o fósforo, praticamente, todo fixado.

Nos anos anteriores, as coletas foram realizadas em períodos de maior índice de chuvas na região (janeiro, julho e agosto), favorecendo uma maior umidade do solo e tornando o nutriente mais disponível, refletindo em maiores produtividades, como constatado no trabalho de Coelho et al. (2004), no município de Igarapé-Açu, PA, em solo do tipo Latossolo Amarelo fase arenosa, comparando uma área manejada com queima e outra com corte-e-trituração da capoeira.

No caso da testemunha, capoeira natural (CAP), os teores de fósforo podem ser considerados relativamente altos para os três primeiros anos de observação da camada de 0-10 cm, para as condições dos solos desta região. Isso pode estar relacionado à grande adição de resíduos vegetais na superfície do solo ou mesmo devido a queimadas ocorridas nessa área nos anos que antecederam a implantação do experimento, pois naquele momento a vegetação estava em repouso há quatro anos, e com certeza ainda sofrendo a influência dos manejos anteriores do solo.

Porém, após 12 anos, quando a capoeira já se encontrava com um porte bem maior e possivelmente sem resíduos de cultivos anteriores ou de efeito de queimadas, o teor de nutrientes – e portanto de fósforo – no solo foi reduzindo, ainda mais, devido a maior absorção pelas plantas as quais passaram a exigir maiores demandas para a formação de frutos, ou até mesmo por fixação do fósforo, além do que o solo voltou a apresentar as características naturais da região, ou seja, pobres nesse nutriente.

Esses resultados coincidem com os verificados por Szott e Palm (1986), trabalhando com vegetação secundária na Amazônia Peruana, onde foi observado um decréscimo acentuado no nível de fertilidade do solo com o passar do tempo de desenvolvimento da vegetação. Resultados semelhantes também foram encontrados por Kleinman et al. (1996) que observaram uma tendência de maior acidez e maiores teores de Al^{3+} em solos cuja vegetação ficou em pousio por onze anos, em comparação a outra de três anos, afetando negativamente a disponibilidade de fósforo no solo.

Nas Tabelas 2 e 3, encontram-se os valores de pH e alumínio trocável, que apesar de não apresentarem diferenças estatísticas significativas para a maioria dos tratamentos ao longo dos anos, caracterizam esse solo como bastante ácido e de elevado teor de toxidez por alumínio, podendo explicar os baixos níveis nos teores de fósforo disponível na área estudada.

Tabela 2 - Valores médios de pH em H₂O, em diferentes épocas e profundidades, comparando os Sistemas com Queima e Sem Queima com uma área de Capoeira Natural, no município de Igarapé-Açu-PA.

PROF Cm	TEMPO Ano	TRATAMENTO													
		CAP		Q(-)		C(-)		I(-)		Q(+)		C(+)		I(+)	
		mg dm ⁻³													
0-10	1995	5,33	AA	5,47	Aa	5,10	Aab	5,43	Aa	5,57	Aa	5,33	Aa	5,43	Aa
	1996	5,37	AA	5,50	Aa	5,50	Aa	5,40	Aa	5,67	Aa	5,50	Aa	5,20	Aa
	1998	5,17	ABa	5,30	ABa	5,37	ABa	5,07	Bab	5,60	Aa	5,43	ABa	5,00	Bab
	2010	4,67	BB	5,23	ABa	4,87	ABCb	4,73	ABb	5,27	Aa	4,57	Bb	4,60	Bb
10-20	1995	5,30	AA	5,27	Aab	4,93	Aab	5,20	Aa	5,07	Aab	5,07	Aa	5,17	Aa
	1996	5,13	AA	5,33	Aa	5,27	Aa	5,33	Aa	5,40	Aa	5,43	Aa	5,10	Aa
	1998	4,97	Aab	5,23	Aab	5,17	Aa	4,93	Aab	5,13	Aab	5,03	Aa	4,97	Aa
	2010	4,63	Ab	4,80	Ab	4,53	Ab	4,53	Ab	4,83	Ab	4,40	Ab	4,43	Ab

Fonte: dados da pesquisa.

Nota: médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 3 - Valores médios de alumínio trocável (cmolc dm⁻³), em diferentes épocas e profundidades, comparando os Sistemas com Queima e Sem Queima, com uma área de capoeira natural, no município de Igarapé-Açu-PA.

PROF Cm	TEMPO ano	TRATAMENTO													
		CAP		Q(-)		C(-)		I(-)		Q(+)		C(+)		I(+)	
		Cmolc dm ⁻³													
0-10	1995	0,33	ABb	0,23	Ba	0,70	Aa	0,37	ABb	0,30	ABa	0,43	ABb	0,37	ABb
	1996	0,37	Ab	0,37	Aa	0,20	Ab	0,30	Ab	0,20	Aa	0,30	Ab	0,43	Ab
	1998	0,27	Ab	0,23	Aa	0,20	Ab	0,33	Ab	0,20	Aa	0,23	Ab	0,27	Ab
	2010	0,80	ABa	0,37	Ba	0,73	ABa	0,77	ABa	0,37	Ba	0,93	Aa	0,87	Aa
10-20	1995	0,77	Aa	0,73	Aa	1,13	Aa	0,87	Aab	0,67	Aa	0,93	Aab	0,70	Ab
	1996	0,63	Aa	0,80	Aa	0,50	Ab	0,47	Ab	0,57	Aa	0,57	Ab	0,63	Ab
	1998	0,47	Aa	0,63	Aa	0,40	Ab	0,47	Ab	0,83	Aa	0,57	Ab	0,53	Ab
	2010	0,90	Aa	1,00	Aa	1,13	Aa	1,10	Aa	1,03	Aa	1,30	Aa	1,23	Aa

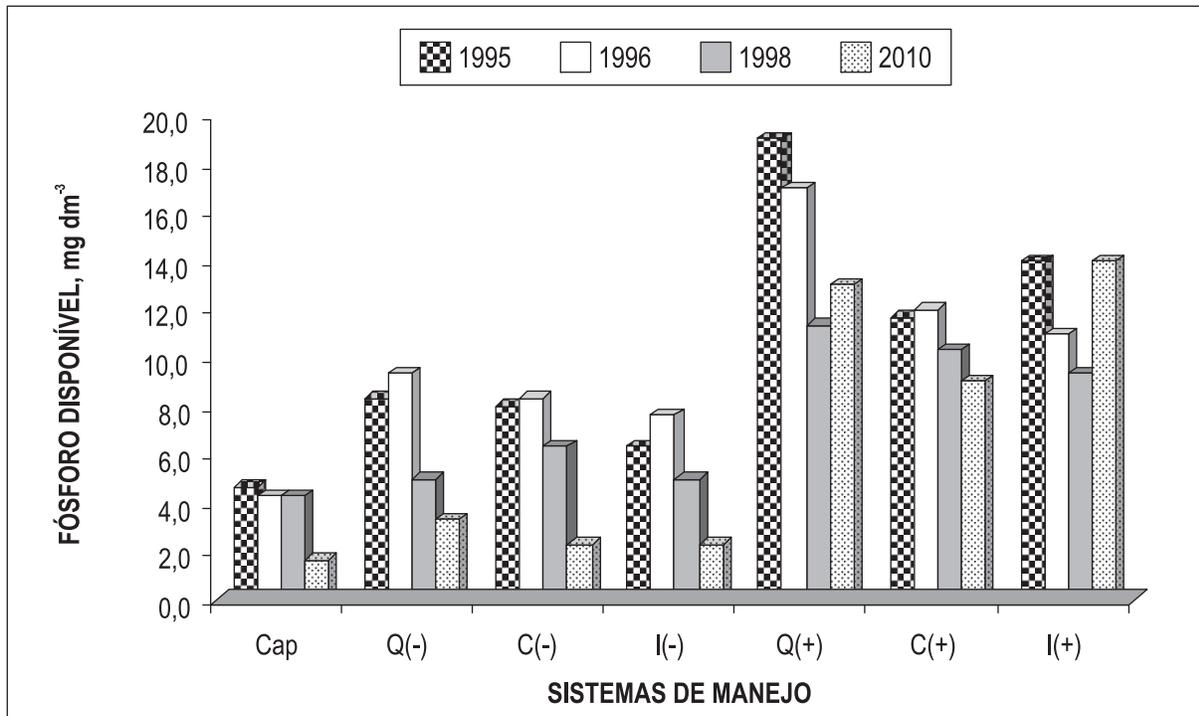
Fonte: dados da pesquisa.

Nota: médias seguidas de letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

O Gráfico 1 ilustra de forma didática a situação de campo durante o período de estudo, ficando bastante nítido o efeito da adubação química, da prática da queima e redução do teor de fósforo ao longo dos anos, entre os diferentes

tratamentos e a capoeira natural. Ficou evidente também, nos tratamentos com a cobertura, principalmente com adubação e a capoeira natural, os teores de fósforo em níveis mais equilibrados quando comparados com a queima.

Gráfico 1 - Fósforo disponível na profundidade de 0-10 cm comparando os sistemas com queima e sem queima da vegetação secundária, com a área de capoeira natural, em diferentes épocas, no município de Igarapé-Açu- PA.



Fonte: dados da pesquisa.

Em termos de produção e produtividade das culturas, os trabalhos de Kato et al. (2007) afirmam que é possível mostrar o benefício da prática de corte-e-trituração da capoeira para as culturas, considerando o uso de fertilizantes como um pré-requisito para se obter uma boa produção em solos de baixa fertilidade, pois o efeito residual do insumo aumenta consideravelmente a produção das culturas. Os pesquisadores verificaram que a produtividade do arroz passou de 2,3 para 3,6 t ha⁻¹, a do feijão-caupi de 1,5 para 1,8 t ha⁻¹ e a da mandioca de 26,8 para 34,3 t ha⁻¹, do ano agrícola de 1995/1996 para o ano agrícola de 2002/2003 nas áreas manejadas com

trituração da capoeira, enquanto que para os mesmos períodos a produção reduziu ou manteve-se estável nas áreas preparadas com queima.

Costa (2008) avaliou o efeito da adubação e da calagem no primeiro ano de cultivo em sistema de corte-e-trituração da capoeira e observou que a adubação contribuiu para o aumento da produtividade, independentemente da calagem, e que a produção cresceu em função da maior dosagem de NPK. No entanto, deve-se observar a resposta biológica da planta de acordo com as quantidades utilizadas de adubo, uma vez que doses superiores à necessidade destas podem

tornar-se tóxicas, prejudicando o crescimento e, conseqüentemente, a produtividade da cultura.

Neste trabalho, verifica-se um potencial benefício para a produtividade das culturas a partir da liberação de nutrientes da biomassa após o processo de decomposição, mesmo no caso dos tratamentos com trituração da capoeira sem adição de fertilizantes C(-) e I (-), pois é possível perceber o aumento significativo do fósforo em relação à testemunha (Tabela 1). Kato (1998) confirmou o efeito da não adubação no sistema sem queima considerando, apenas, a cobertura sem incorporação do material vegetal, relatando que a produção da cultura do arroz

nesse sistema aumentou 70,6% do ano agrícola de 1995/1996 para 1997/1998, enquanto sistema com queima e sem adubação o aumento foi de, apenas, 14,3% para o mesmo período.

Os dados de produtividade para esta pesquisa tiveram de ser desconsiderados, mesmo sabendo da sua influência no estoque de nutrientes pelo efeito residual da adubação, devido às perdas ocasionadas por fatores climáticos adversos ocorridos durante o período analisado, escassez ou excesso de chuvas, especialmente para o ano de 2010, período em que houve perda total das culturas do feijão-caupi e do arroz e produtividade insignificante da cultura da mandioca.

4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados pode-se concluir que a elevação dos teores de fósforo disponível no solo nas condições de campo da região estudada pode ser conseguida satisfatoriamente a partir do manejo da capoeira natural, através da técnica de corte-e-trituração da biomassa da vegetação.

Os melhores resultados obtidos pela queima, principalmente associada com a aplicação de fertilizantes, não implica necessariamente que este tipo de manejo seja a melhor alternativa em relação a não queima, pois o corte-e-trituração da capoeira apontou para uma forte tendência em ser superior e se estabilizar com o passar dos anos, enquanto aquele tende a diminuir os teores de fósforo ocasionado pela degradação química e física do solo.

O estoque do nutriente fósforo disponível no solo, considerado de baixo a

médio, não atingiu níveis melhores, possivelmente, pela capoeira não ter tido tempo suficiente para a sua recomposição e fornecimento de um maior aporte de massa vegetal para reposição de nutrientes em níveis satisfatórios. Podendo-se, neste caso, lançar mão do enriquecimento da capoeira com espécies leguminosas de ciclo mais curto durante o período de pousio.

Além do efeito positivo em longo prazo da incorporação da cobertura morta com adubação na disponibilidade de fósforo no solo, pode-se esperar que haja uma maior vantagem do sistema sem queima a partir da melhoria da qualidade física, umidade e temperatura do solo (dados ainda em análise de laboratório). E como consequência disso, a diminuição das perdas de nutrientes, melhor desenvolvimento e produtividade das plantas e sustentabilidade ambiental.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA).

REFERÊNCIAS

- BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A. **Características agroclimáticas do município de Igarapé-Açu (PA) e suas implicações para as culturas anuais:** feijão-caupi, milho, arroz e mandioca. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 25).
- BRADY, H. O. **Natureza e propriedades dos solos:** compêndio universitário sobre edafologia. 5. ed. Rio de Janeiro, 1979. 647 p.
- COELHO, R. F. R.; OLIVEIRA, V. C.; CARVALHO, C. J. R.; SÁ, T.D. de A. Fluxo de nitrogênio e fósforo pela deposição de liteira em sistemas de produção agrícola de corte/queima e corte/trituração/manejo de capoeira, na Amazônia oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. **Anais ...** Colombo: EMBRAPA, 2004. p. 559-561.
- COSTA, M. C. G. **Calagem e adubação no primeiro ano de cultivo em sistema de corte e trituração em Roraima.** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 16 p. (Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).
- CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 262 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- GAMA, M. A. P. **Dinâmica do fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativos ao corte e queima no Nordeste Paraense.** 2002. 96 f. Tese (Doutorado)- ESALQ, Piracicaba, 2002.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Agrícola Municipal.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 7 nov. 2011.
- KATO, M. do S. A. **Fire free land preparation as an alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina region:** crop performance and Phosphorus dynamics. Göttingen: Cuvillier, 1998. 144 p.
- _____; KATO, O. R.; PARRY, M. M., DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the Eastern Amazon region: The role of fertilizers. In: SHIFT-WORKSHOP, 3, 1998 Manaus. **Abstracts...** Manaus: CNPq/EMBRAPA/GmbH, 1998. 260 p.
- _____; SÁ, T.D. de A.; FIGUEIREDO, R. Plantio direto na capoeira. Ciência e Ambiente, 29:99-111. In: GAMA-RODRIGUES, Antonio Carlos et al. (Ed.). **Sistemas agroflorestais:** bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006, 365 p.
- KATO, O. R.; KATO, M. do S. A.; CARVALHO, C. J. R. de ; FIGUEIREDO, R. de O.; CAMARÃO, A. P.; SÁ, T. D. de A. Plantio direto na capoeira: uma alternativa com base no manejo de recursos naturais. In: WADT, Paulo Guilherme Salvador (Org.). **Sistema plantio direto e controle de erosão no Estado do Acre.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2007. p. 79-111.
- KLEINMAN, P. J. A.; BRYANT, R. B.; PIMENTEL, D. Assessing ecological sustainability of slash-and-burning agriculture through soil fertility indicators. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 122-127, 1996.

- LITTELL, R. C.; MILIKEN, G. A.; STROUP, W. W.; WOLFINGER, R.; SCHABENBERBER, P. D. **SAS System for Mixed Models**. 2nd Edition. SAS Publishing.. 2006. 840 p.
- LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Trad. e adap. de Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989. 153 p.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.
- NOVAIS, F.R.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.
- OLIVEIRA, C. D. de S. **Percepção de agricultores familiares na adaptação do sistema de cultivo de corte e trituração**. 2002. 140 f. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.
- RAIJ, B.VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.
- RAVEN, P.H. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830 p.
- ROSSETTO, R.; TSAI, M. S. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E. J. B.; TSAI, M. S.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 231-242.
- SERRA, A. B.; CARVALHO, C. J. R. de; SÁ, T. D. de A.; SOUSA, G. F. de. **Estoque de serapilheira e matéria orgânica do solo em sistemas alternativos ao uso do fogo, desenvolvido por agricultores familiares na região Transamazônica E Xingu – Oeste do Pará 2007**. Disponível em: <<http://www.fvpp.org.br/fotos/programas/estoque.PDF>>. Acesso em: 6 mar. 2011.
- SOMMER, R. **Water and nutrient balance in deep soils under shifting cultivation with and without burning in the eastern Amazon**. 240 f. PhD (Thesis)-Göttingen, Cuvillier, 2004.
- SZOTT, L. T.; PALM, C. A. Nutrients stocks in managed and natural humid tropical fallows. **Plant and Soil**, v. 186, p. 293-309, 1986.
- TIPPMANN, R.; DENICH, M.; VIELHAUER, K. Integration of geo and remote sensing data for the assessment and monitoring of changes in smallholder land-use systems at farer level. In: GERMAN-BRAZILIAN WORKSHOP ON NEOTROPICAL ECOSYSTEMS – ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF COOPERATIVE RESEACH. **Abstracts...** Hamburg, 2000. 297 p.
- TOMÉ JUNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.
- ZARIN, D. J.; DUCEY, M.; TUCKER, J. M.; SALAS, W. A. Potential biomass accumulation in Amazonian regrowth forests. **Ecosystems**, Nova York, v.4, p. 658-668, 2001.

