

# INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NO NORDESTE PARAENSE SOBRE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO SOLO

*Cristiane Formigosa Gadelha da Costa<sup>1</sup>; Ricardo de Oliveira Figueiredo<sup>2</sup>; Izabela Penha de Oliveira Santos<sup>3</sup>*

**RESUMO** – O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a hidrogeoquímica do escoamento superficial em solos de diferentes ecossistemas, na mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna (afluentes do rio Marapanim) no nordeste paraense, monitorando-se duas variáveis físico-químicas da água (condutividade elétrica e pH). Foram alocadas três parcelas experimentais (1m<sup>2</sup>) em seis ecossistemas, sob mesmas condições biofísicas de solo e clima, totalizando 18 parcelas de tratamento. Instalaram-se também na mesma bacia três coletores de água de chuva e dois pluviômetros. No período de janeiro a junho de 2010, foram coletadas 234 amostras água de chuva e de escoamento superficial. O pH apresentou-se mais ácido nas amostras de água da chuva, seguido pela Capoeira e Sistema Agroflorestal (com preparo por derruba-e-queima), que pode estar relacionado à concentração de material orgânico em decomposição. Os agroecossistemas Roça (derruba-e-queima), Sistema Agroflorestal (com preparo por corte-e-trituração) e Pastagem se destacaram apresentando os maiores valores de condutividade elétrica (CE). O manejo do solo parece influenciar a CE e o pH.

**ABSTRACT** – The objective of this study was to characterize the hydrogeochemistry of the overland flow, in the watershed of the Timboteua and Buiuna streams (tributaries of the Marapanim River), Northeast of Pará, through measurements of two physico-chemical variables of water (electrical conductivity and pH). It was placed three experimental plots (1m<sup>2</sup>) in each six ecosystems, under the same biophysical conditions of soil and climate, summing up 18 treatment plots. It was also installed three rainwater collectors and two rain gauges in the same watershed. In the period January to June/ 2010, it was collected 234 rainwater and overland flow samples. The pH was more acidic in rainwater samples, followed by Capoeira and agroforestry system (prepared by slash-and-burn) overland flow samples, what may be related to the soil organic matter decomposition. Agroecosystems (slash-and-burn), Agroforestry system (chop-and-mulch) and Pasture overland flow were distinguished by higher electrical conductivity (EC). Soil management seems to influence both EC and pH.

**Palavras-chave:** Ecossistemas, hidrogeoquímica, mesobacia.

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, MSc. do Programa Pós-Graduação em Ciências Florestais, UFRA, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n, Belém – PA, fone (0XX91) 3204-1147. E-mail: cristianeformigosa@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Pesquisador – Hidrogeoquímica, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5Jaguariúna – SP, fone (0XX19) 3311-2771. E-mail: ricfig@cnpma.embrapa.br.

<sup>3</sup> Acadêmica do Curso de Ciências Ambientais, UEPA, Bolsista PIBIC/CNPq, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n, Belém – PA, fone (0XX91) 3204-1147. E-mail: bela\_santos04@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

Em uma bacia hidrográfica onde todos os componentes da paisagem interagem: atmosfera e vegetação, plantas e solo, rocha e água subterrânea, cursos d'água ou lagos e suas áreas circundantes (Moldan e Cerný, 1994), o escoamento superficial, no contexto do ciclo hidrológico, é um dos componentes mais importantes para manejo dessa bacia. Pois, em áreas agrícolas é um dos principais meios de poluição difusa, transportando poluentes para os cursos de água na forma solúvel ou adsorvidos aos sedimentos (Gonçalves *et al.*, 2003).

Ações antrópicas favorecem o aumento do escoamento superficial, pois alteram o ciclo hidrológico, potencializando os processos dissipativos da energia acumulada na superfície do solo e a sua transferência progressiva aos ecossistemas aquáticos. Segundo Meybeck *et al.* (1996), a origem dos elementos carregados pelos canais fluviais é bastante diversa de um local para outro. Margalef (1994) ressalta que os vários processos que controlam a qualidade de água de um rio, fazem parte de um complexo equilíbrio.

Características físicas e químicas da água (como condutividade elétrica e pH), indicadores sensíveis da estabilidade do ecossistema terrestre, podem ser utilizadas para o controle e o monitoramento das atividades desenvolvidas em uma bacia hidrográfica. De acordo com Mckee e Wolf (1971), o pH está intimamente relacionado com a concentração de várias substâncias na água, podendo se tornar altamente significativa na determinação dos limites perigosos de concentração. Por sua vez, a condutividade elétrica da água fornece importantes informações tanto sobre o metabolismo de ecossistema aquático, quanto sobre os fenômenos desencadeados na bacia hidrográfica, ajudando na detecção de fontes poluidoras.

No entanto, existem poucos estudos de avaliação e monitoramento de parâmetros de qualidade da água do escoamento superficial no solo, disponíveis para subsidiar estratégias de gestão participativa de recursos naturais na Amazônia, especialmente no nordeste paraense.

Assim, visando favorecer ao entendimento das transformações de origem antrópica na paisagem rural como possíveis fontes de alteração na qualidade e na disponibilidade dos recursos hídricos, objetivou-se monitorar duas variáveis físico-químicas da água de escoamento superficial no solo em diferentes ecossistemas, a condutividade elétrica (CE) e o pH, na mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna no nordeste paraense.

## MATERIAL E MÉTODOS

## Área de estudo

O experimento foi instalado em duas propriedades de pequenos agricultores localizadas na Comunidade São João, situada a  $47^{\circ} 38' 38,7''$  W e  $01^{\circ} 00' 41,4''$  S, na mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna (ambos afluentes do rio Marapanim) com cerca de 6.700 ha (Figura 1), ao sul do município de Marapanim e ao norte do município de Igarapé-Açu (IBGE, 1991). O termo “mesobacia” aqui adotado foi proposta por Richey *et al.* (1997). Os aspectos biofísicos dessa bacia como solo e clima, se assemelham aos do município de Igarapé-Açu, relatados por Oliveira (2002).

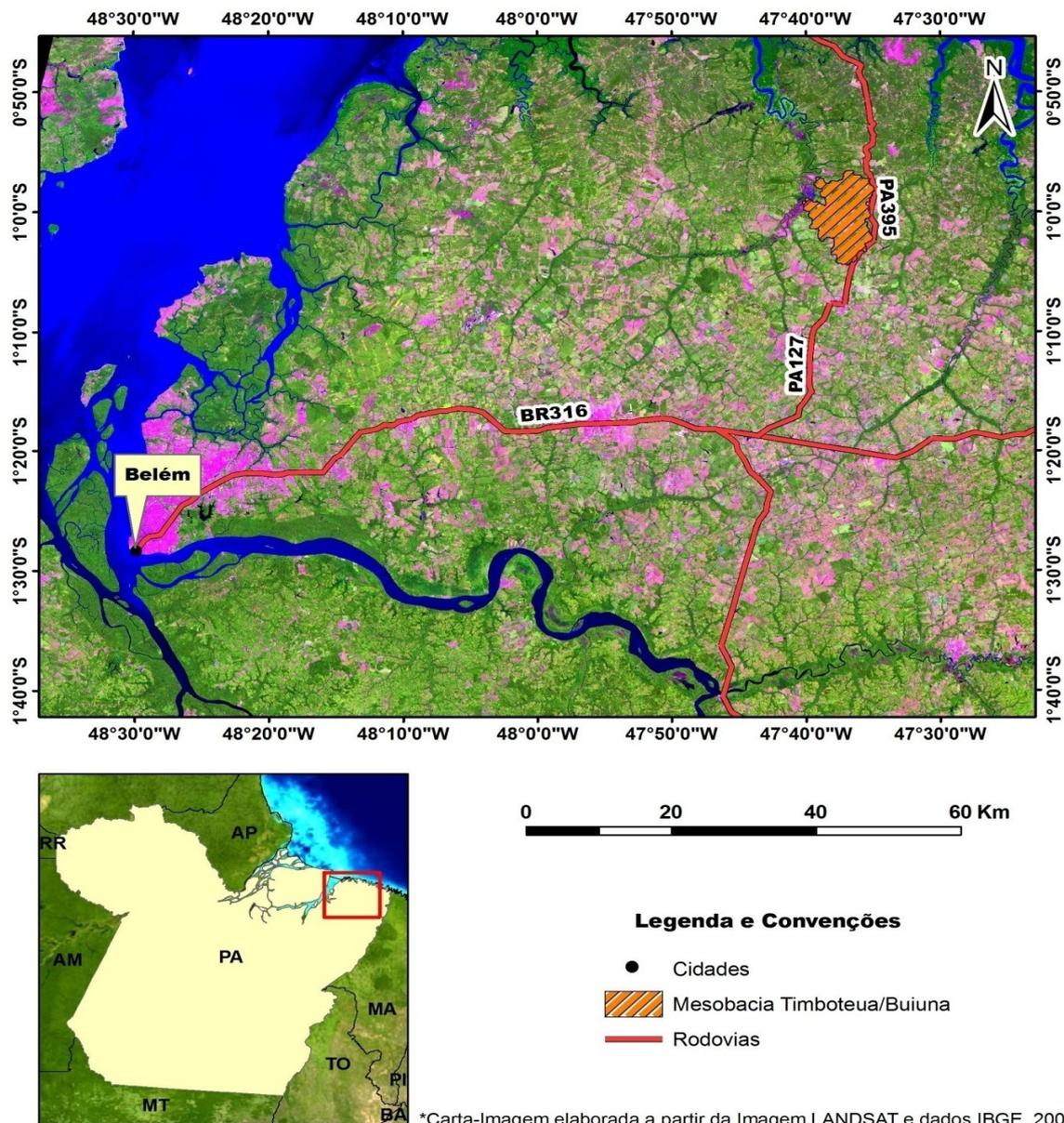


Figura 1 – Mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna, em que se localiza a área experimental situada no nordeste do Estado do Pará na comunidade São João, Marapanim-PA-Brasil. Tem como principais vias de acesso a BR-316 e a PA-395

A unidade geológica dominante área em estudo é o Grupo Barreira, contemplando argilitos, siltitos, arenitos e conglomerados (CPRM, 2006). O solo dominante é o Latossolo Amarelo distrófico típico textura média (Silva, *et al.*, 2010; RADAMBRASIL, 1973; IBGE, 2007).

A principal bacia hidrográfica é a do rio Marapanim, localizado na costa nordeste do Estado do Pará, a leste da desembocadura do rio Amazonas, entre as coordenadas: 47° 45' 00" W e 47° 32' 00" W; 00° 32' 30" S e 00° 52' 30" S. A bacia do rio Marapanim, tem suas nascentes nos municípios de Terra Alta (afluente esquerdo) e de São Francisco do Pará (afluente direito), a sua foz encontra-se ao norte com o oceano Atlântico.

O clima é predominantemente do tipo *Am* e do sub-tipo climático *Am2* (*Köppen*) com temperatura média anual em torno de 26,5 °C (Martorano *et al.*, 1993; Pachêco e Bastos, 2006). Precipitações pluviométricas em torno de 2500-3000 mm e umidade relativa do ar entre 80-85% (média anual) (SUDAM, 1984; Martorano *et al.*, 1993).

O ecossistema terrestre original da região é do tipo Floresta Equatorial Subperenifólia e Hidrófila (RADAMBRASIL, 1973). Atualmente, há predomínio de ecossistemas florestais em vários estágios sucessionais, possui extensões de terras sob uso agrícola.

Por meio de classificação do uso da terra (Satélite Landsat, sensor TM, RGB-345, 2008) na mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna observa-se as seguintes classes com suas respectivas áreas e percentuais de área em relação a área total da mesobacia: floresta antropizada (605 ha ou 6,9%); ecossistema sucessional maduro - "capoeira alta" (1.803ha ou 20,6%); ecossistema sucessional intermediário - "capoeira baixa" (3.302ha ou 37,8%); campos aluviais (192 ha ou 2,2%); agroecossistema de pastagem não manejado - "pasto sujo" (1.358 ha ou 15,5%); agroecossistema de pastagem - "pasto limpo" (1.259 ha ou 14,4%); agroecossistemas - "cultivos agrícolas" (41 ha ou 0,47%); e formação de agroecossistemas - "solo sob preparo" (136 ha ou 1,6%) (Oliveira *et al.*, 2010).

### **Delineamento experimental**

Em duas propriedades agrícolas familiares, identificaram-se e selecionaram-se seis ecossistemas (tratamentos), onde foram alocadas em cada um destes três parcelas experimentais de 1m x 1m (1m<sup>2</sup>) no sentido da declividade, para amostragem do escoamento superficial no solo (Quadro 1). Método adotado por Silva *et al.* (2005) e Moraes *et al.* (2006). Todas as parcelas foram implantadas em áreas com declividade aproximada de 5% sob as mesmas condições biofísicas de solo e clima. Adicionalmente foram instalados três coletores de água de chuva e dois pluviômetros em uma dessas duas propriedades rurais.

Para o monitoramento da pluviometria local e da química da água da chuva foram instalados três coletores de chuva (CH), a 47°38'03,31" W e 01°00'25,61" S, em área aberta, ou seja, local sem

intercepção da precipitação. Tais coletores de amostras de chuva constituíram-se de um recipiente (volume de 5 L), e funil ( $\varnothing=103,2$  mm ; 1,5 m acima do solo) protegido com tela de *nylon* (0,5 mm de malha), ambos de polipropileno, conectados por uma mangueira ( $\varnothing=20$  mm) de silicone inerte. Instalaram-se também dois pluviômetros segundo a padronização estabelecida pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica e o INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (DNAEE, 1970).

Dessa forma, durante a época chuvosa do ano de 2010 foi monitorado o escoamento superficial nos diferentes ecossistemas avaliados conforme expresso na Tabela 1.

Tabela 1 – Histórico dos diferentes ecossistemas da área de estudo na Mesobacia Timboteua/Buiuna, nordeste paraense

<b>Ecossistema</b>	<b>Localização e Dimensão</b>	<b>Manejo</b>	<b>Características</b>	
“Capoeira”(CP) - Ecossistema de floresta sucessional	47°38'06,34"W/ 01°00'26,46"S ≈36.300m <sup>2</sup>	Derruba-e-queima da capoeira	Área de 20 anos de idade sob pouso.	
Sistema agroflorestral [SAF] (SQ)	47°38'00,17"W/ 01°00'27,25"S ≈9.075 m <sup>2</sup>	Derruba-e-queima da capoeira realizada há 7 anos	Ecossistema de Roça inicial, posteriormente ocorreu plantio de (Pimenta-do-reino) <i>Piper nigrum</i> L. (5 anos) e (Maracujazeiro) <i>Passiflora edulis</i> Sims. 2004 implantação do SAF de 7 anos:- (Urucuzeiro) <i>Bixa orellana</i> /- (Mogno) <i>Swietenia macrophylla</i> .	Abubações do plantio de <i>Piper nigrum</i> L.: NPK-18.18.18 (1° ano) e NPK-10.28.20 (2° ano) todos os meses. 1 adubação em cova em 2004 com composto de: torta de mamona, farinha de osso, Yoorin. Capinas: 4 em cada ano de cultivo.
Sistema agroflorestral [SAF] (ST)	47°37'59,80"W/ 01°00'30,24"S ≈6.050 m <sup>2</sup>	Corte-e-trituração da capoeira realizado há 5 anos	Contém plantios de: - (Bananeira) <i>Musa paradisiaca</i> / - (Mogno) <i>Swietenia macrophylla</i> / - (Açaizeiro) <i>Euterpe oleracea</i> / - (Pimenta-do-reino) <i>Piper nigrum</i> L. / - (Teca) <i>Tectona grandis</i> L. f. /- (Gliricídia) <i>Gliricidia sepium</i> .	4 adubações em cova (2007): composto orgânico de torta de mamona, cinzas, folhas de capim <i>Brachiaria Brizantha</i> (Braquiarião), folhas de <i>Inga edulis</i> (Ingazeiro), cama de aviário, esterco bovino, casca de (Mandioca) <i>Manihot esculenta</i> Crantz.
“Roça”(RQ) - Agricultura itinerante	47°38'22,8"W/ 01°01'04,81"S ≈5.050 m <sup>2</sup>	Derruba-e-queima da capoeira realizada em janeiro/2010	Cultivo de (Mandioca) <i>Manihot esculenta</i> Crantz. Inicialmente era um ecossistema de floresta sucessional de ≈20 anos, queimado pela primeira vez no ano de 1994 para implantação da primeira roça.	
“Roça” (RT) - Agricultura alternativa	47°38'02,33"W/ 01°00'28,42"S ≈6.050 m <sup>2</sup>	Corte-e-trituração da capoeira realizado em janeiro/2010	Cultivo de <i>Manihot esculenta</i> Crantz. Ano de 2009: realizado plantio de (Cacaueiro) <i>Theobroma cacao</i> L. e (Açaizeiro) <i>Euterpe oleracea</i> , adubado no momento do plantio em cova com composto orgânico de torta de mamona, cinzas, folhas de capim <i>Brachiaria Brizantha</i> , folhas de <i>Inga edulis</i> , cama de aviário, esterco bovino, casca de (Mandioca) <i>Manihot esculenta</i> Crantz.	
Agroecossistema de pastagem (PQ)	47°38'27,73"W/ 01°00'57,13"S ≈6.050 m <sup>2</sup>	Derruba-e-queima da capoeira realizada há cerca de 10 anos	Destinada à criação de bovinos, contendo capim do gênero <i>Brachiaria</i> , sem processo de calagem. Limpeza e roçagem: 1/ano. Suplementação animal : -Casca de (Mandioca) <i>Manihot esculenta</i> Crantz. -Sal mineral, (Purinafós, Purina, Brasil) dieta para animais de 450kg com consumo de 100g/dia.	<i>Especificações nutricionais Purinafós:</i> <b>Macronutrientes</b> – 17 g/dia (Ca <sup>2+</sup> ), 10 g/dia (P), 10 g/dia (Na <sup>+</sup> ), 1,5 g/dia (Mg <sup>2+</sup> ) e 1 g/dia (S). <b>Micronutrientes</b> –4,5 g/dia (Co), 134 mg/dia (Cu), 9 mg/dia (I), 201 mg/dia (Mn), 3 mg/dia (Se), 492 mg/dia (Zn), 48 mg/dia (Fe).

### **Procedimentos de campo e coleta**

Nas 26 campanhas de campo realizadas foram aplicados métodos baseados em protocolos recomendados pela APHA (1995) e CETESB (1978). As medidas físico-químicas foram feitas diretamente nas amostras de escoamento superficial e de água da chuva utilizando-se equipamentos portáteis da seguinte maneira: i) **pH**: medição *in situ* através do método potenciométrico, usando aparelho digital (eletrodo combinado de vidro e calomelano, com correção de temperatura para 25°C, da marca ORION, modelo 290A plus), com calibração em soluções-tampão de pH 4,00, 5,00 e 7,00 (CETESB, 1978); ii) **Condutividade Elétrica(CE)**: método condutimétrico (CETESB,1978), utilizando-se o medidor digital VWR®modelo2052, que possui compensação automática de temperatura, e realizando-se a leitura em  $\mu\text{S}$ .

### **Análise estatística**

Os dados foram analisados quanto à natureza das distribuições paramétricas (gaussianas) a partir de teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*. Após esta análise preliminar dos resultados foi feita a análise descritiva dos dados calculando-se a média ponderada do analito pelo volume coletado, a mediana, o desvio padrão, e os valores máximos e mínimos das variáveis monitoradas. Posteriormente, foi aplicado o teste de significância de *Tukey* somente para os valores de pH, pois não foi possível aplicar teste estatístico paramétrico de comparações múltiplas de médias para os valores de condutividade elétrica (CE).

Adicionalmente foi feita a análise de correlação utilizando-se o coeficiente de correlação de *Pearson* com teste de significância ( $p < 0,05$ ;  $0,01$ ), sendo que os valores de CE foram previamente convertidos para logaritmo natural por apresentar distribuição não normal. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os programas computacionais SPSS 17.0 e *MS Excel* para execução de gráficos e gerenciamento do banco de dados em planilhas eletrônicas (em formato *xls*).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O total precipitado na área experimental no período estudado (26-Jan-2010 a 21-Jun-2010) foi de 1.276,80 mm (Figura 2), precipitação esta abaixo da média histórica (RPCH, 2010e). De acordo, com os boletins de análises e previsões climáticas do RPCH (2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e) nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho ocorreu irregularidade na distribuição sazonal das chuvas, com predominância de áreas com precipitação abaixo do normal no nordeste paraense.

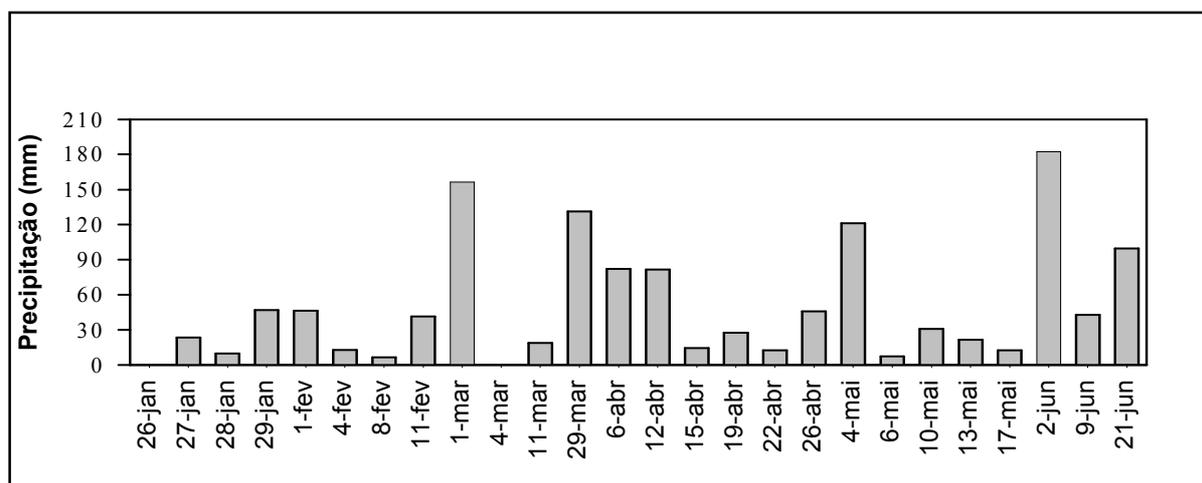


Figura 2 – Precipitação pluviométrica acumulada (mm de chuva) observada na área experimental nos dias de coleta, Comunidade São João, Marapanim-PA-Brasil

Segundo a estatística descritiva, os valores das médias e medianas de pH variaram pouco, apresentando segundo o coeficiente de *Pearson* assimetria pequena e moderada, sendo negativo para os ecossistemas PQ e RQ, devido ao fato da média ser menor que a mediana. A curtose com módulo menor que três (platicúrtica), possibilitou inferir que a distribuição possui muitos dados intermediários e pequenos picos. Esse é um comportamento esperado para a distribuição dos dados de pH, uma vez que seu valor refere-se ao logaritmo da concentração do íon hidrogênio, operação matemática que diminui a variabilidade de uma distribuição.

Tabela 2 – Estatística descritiva para os valores de pH nos diferentes ecossistemas das 26 campanhas de campo ao longo do período de 26-jan a 21-jun de 2010

Tratamentos	Média	Mediana	Dv. Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo
(CH) Chuva	4,867 <i>a</i>	4,832	0,286	0,082	0,649	-0,676	4,498	5,420
(CP) Capoeira	5,295 <i>b</i>	5,232	0,466	0,218	0,501	0,163	4,469	6,255
(PQ) Pastagem	5,525 <i>bc</i>	5,526	0,581	0,338	-0,759	2,029	3,973	6,477
(RQ) Roça derruba-e-queima	6,034 <i>d</i>	6,061	0,627	0,393	-0,253	0,204	4,675	7,111
(RT) Roça corte-e-trituração	5,732 <i>bcd</i>	5,651	0,499	0,250	1,028	1,676	5,068	6,894
(SQ) SAF derruba-e-queima	5,339 <i>b</i>	5,370	0,516	0,267	0,023	1,426	4,401	6,378
(ST) SAF corte-e-trituração	5,911 <i>cd</i>	5,844	0,290	0,084	1,083	1,536	5,523	6,724

\*Medidas estatísticas de posição e dispersão.

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey para amostras independentes CV = 14,98 % (P = 0,05).

Em ordem crescente de maior nível de acidez para menor nível, os valores medianos de pH ocorreram nas amostras de água da chuva e nos ecossistemas conforme a seguinte ordenação: CH (4,832) > CP (5,232) > SQ (5,366) > PQ (5,527) > RT (5,652) > ST (5,844) > RQ (6,061) (Tabela 2).

Os valores de pH apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância em pelo menos um dos tratamentos. Dessa forma, o pH da água da chuva (CH – controle do experimento) diferiu significativamente do pH dos ecossistemas (Tabela 2). Os valores mínimos e máximos do pH de CH ao longo do período de amostragem variaram entre 4,498 [em 19-Abr-2010] e 5,420 [em 01-Fev-2010].

Infere-se pelos valores de CH que as características naturais de equilíbrio da água da chuva foram modificadas, pois o estado de referência para o pH das chuvas é definido pelo equilíbrio de CO<sub>2</sub> na atmosfera com a água pura (Forti e Neal, 1992). Dessa forma, valores de pH menores que 5,6, que é o valor de pH da chuva em equilíbrio com o gás carbônico atmosférico, indicam que a atmosfera contém compostos, frequentemente de origem antrópica, que modificam as características naturais dessa água podendo provocar chuva ácida (Reuss, 1975).

Na Amazônia, existem relatos de chuva ácida em decorrência dos efeitos das queimadas (Silva *et al.* 2002; Artaxo *et al.*, 2005). Segundo Artaxo *et al.* (2002; 2003), estudos na Amazônia mostraram que a composição química e a deposição atmosférica estão sendo alteradas pelas mudanças no uso do solo.

Em relação aos ecossistemas observou-se grande variação nos valores máximos e mínimos de pH (Tabela 2). Os menores valores de pH foram encontrados em PQ (3,973, em 11-Mar-2010), SQ (4,401, em 29-Mar-2010) e CP (4,469, em 11-Mar-2010) e o maior valor em RQ (7,111, em 26-Jan-2010).

O ecossistema de Capoeira não diferiu estatisticamente do ecossistema de Pastagem, Roça (corte-e-trituração) e SAF (derruba-e-queima), e esses tiveram pH ácido (Tabela 2). Esse pH baixo (ácido) encontrado na Capoeira (CP) pode estar relacionado à concentração de material orgânico em decomposição que ocorre nesses solos florestais, material rico em ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos) que, por sua vez, diminuem o pH da água de escoamento superficial. A produção do material orgânico (liteira) pelo ecossistema está intimamente ligada ao fluxo de energia, ao balanço hídrico e a ciclagem de elementos minerais. De acordo com Vieira (1988) a liteira é o conjunto de detritos orgânicos, produzidos pelo ecossistema florestal, responsável por grande parte da liberação de nutrientes para as plantas.

Sugere-se que no caso do SAF [SQ], o tempo de preparo de área pode ter afetado completamente os valores de pH, pois o mesmo foi manejado há 7 anos, quando foi realizado o plantio das espécies *Bixa orellana* L. (Urucuzeiro) e *Swietenia macrophylla* King. (Mogno), que ao longo do tempo gerou, possivelmente, acúmulo e deposição de liteira influenciando o pH da água de escoamento superficial. Martius *et al.* (2004) estudando a produção, estoque e taxas de decomposição da liteira em uma floresta tropical e sistemas agroflorestais na Amazônia central,

encontraram um valor de pH de 4,2 em um latossolo amarelo de uma área de SAF com preparo de área por meio de derruba-e-queima com plantio de *Vismia* spp., *Carapa guianensis*, *Schizolobium amazonicum*, *Swietenia macrophylla* e *Hevea brasiliensis* de 7 anos.

Os dados de condutividade elétrica (CE) tiveram distribuição não normal e não apresentaram variância homogênea. Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de condutividade elétrica (CE) que permitem relacionar as condições da água do sistema natural com a água do escoamento superficial dos ecossistemas estudados.

De acordo com a estatística descritiva, houve variação na CE da água de escoamento superficial nos diferentes tratamentos ao longo do período avaliado. Os valores das medidas de posição, média e mediana, foram diferentes, apresentando, segundo o coeficiente de *Pearson*, assimetria moderadamente forte à esquerda e positiva (Tabela 3).

A curtose teve distribuição platicúrtica na maioria dos tratamentos sendo leptocúrtica positiva nas amostras água da chuva, na SAF com corte-e-trituração, capoeira, e negativa na SAF com derruba-e-queima, ou seja, os valores desses tratamentos apresentaram influência dos valores extremos e grande variação em torno da média, confirmando assim, a relação assimétrica, variância não homogênea e distribuição não normal encontrada (Tabela 3).

Tabela 3 – Estatística descritiva para os valores de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ) nos diferentes ecossistemas nas 26 campanhas de campo ao longo do no período de 26-jan a 21-jun de 2010

Tratamentos	Média	Mediana	Erro Padrão	Assimetria	Curtose	Mínimo	Máximo
(CH) Chuva	8,36	7,33	0,86	1,56	2,02	3,56	19,35
(CP) Capoeira	25,01	19,15	2,99	0,87	0,13	6,71	54,95
(PQ)Pastagem	27,13	15,87	7,15	2,39	4,79	6,19	107,80
(RQ)Roça derruba-e-queima	36,36	28,50	6,30	2,79	9,18	13,64	121,10
(RT)Roça corte-e-trituração	19,91	13,17	5,43	2,29	4,92	7,10	70,70
(SQ)SAF derruba-e-queima	19,60	16,10	3,09	0,69	-0,52	8,10	38,00
(ST)SAF corte-e-trituração	29,30	24,84	3,66	1,48	2,16	11,19	77,93
*Medidas estatísticas de posição e dispersão.							
*Dados não normais, com isso, foram considerados os valores de erro padrão ao invés do desvio padrão e a variância foi desconsiderada.							

Os menores valores medianos ocorreram nas amostras de água da chuva(7,33  $\mu\text{S}$ ) e no ecossistema de Roça triturada (13,17  $\mu\text{S}$ ), e a maior mediana ocorreu no RQ (28,50  $\mu\text{S}$ ). As amostras de água da chuva tiveram valores baixos de CE, apresentando valor máximo de 19,35  $\mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabela 3). Confirmando assim, o processo de destilação simples natural da água da chuva e a eficácia do procedimento amostral, pois a água de chuva coletada foi utilizada como controle do experimento.

Comparando os valores médios de CE das amostras de água de escoamento superficial com as de água da chuva [CH] (controle do experimento), demonstram que houve incremento nos valores

observados durante o estudo (Figura 3). Tais valores refletem alteração das condições naturais da água da chuva após o contato com o solo dos ecossistemas.

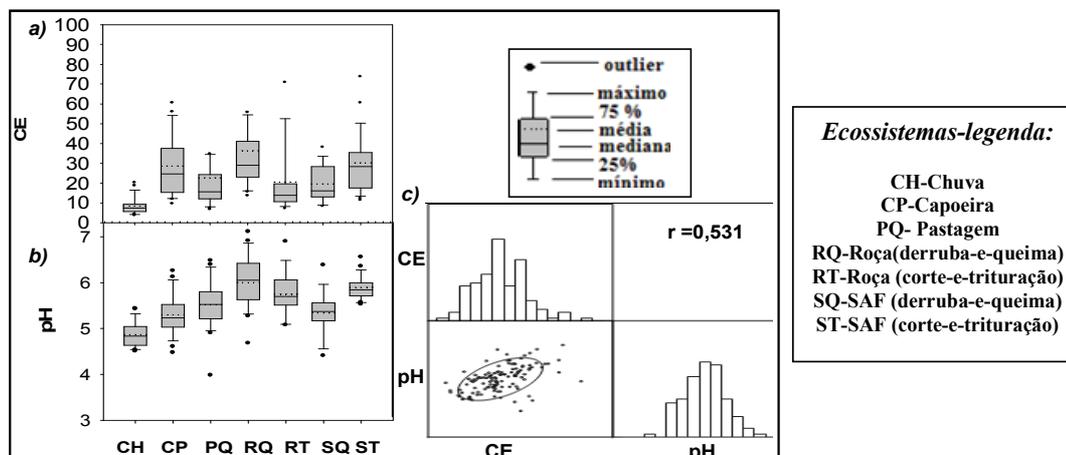


Figura 3 – (a) Valores de condutividade elétrica(CE), em  $\mu\text{S}$ , das amostras de água da chuva e dos ecossistemas, respectivamente; (b) valores de pH das amostras de água da chuva e dos ecossistemas, respectivamente; c) correlação linear e valor do coeficiente de *Pearson* entre as variáveis condutividade elétrica e pH

Nos ecossistemas os valores máximos de CE ocorreram na Roça (derruba-e-queima) e na Pastagem com  $121,10 \mu\text{S}$  (pH=5,806) e  $107,80 \mu\text{S}$  (pH=7,111), respectivamente (Tabela 4). De acordo com as data apresentadas na Tabela 4, infere-se, que o efeito da queima recente influenciou os resultados de condutividade elétrica (CE). Pois, o ecossistema RQ, que passou por um processo de derruba-e-queima da capoeira dias antes das coletas (realizada em Janeiro/2010), apresentou o valor máximo no primeiro dia de coleta (26-Jan-2010).

Com a queima recente (realizada em Janeiro/2010) da cobertura vegetal do RQ, houve grande liberação de íons dissolvidos por meio das cinzas, que alteraram e elevaram os valores da CE das águas de escoamento superficial avaliadas nesta data. Porém, posteriormente os valores decresceram, comprovando o efeito efêmero da queima na liberação de nutrientes.

Tabela 4 – Eventos de coleta com valores máximos de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ) e seus respectivos dados de pH

Ecosistemas	Chuva(CH)	Capoeira(CP)	Pastagem(PQ)	Roça(RQ) derruba-e- queima	Roça (RT) Corte-e- trituração	SAF(SQ) derruba- e-queima	SAF(ST) Corte-e- trituração
Máx. CE	19,35	54,95	107,80	121,10	70,70	38,00	77,93
pH	5,117	6,255	5,806	7,111	6,213	5,472	6,220
Data	04/02	11/02	28/01	26/01	01/03	26/04	01/03

Analisando o valor máximo de pH durante os eventos de coleta de 7,111 encontrado no mesmo dia (Tabela 4). Pode-se afirmar que, o alto valor de condutividade elétrica foi ocasionado por liberação de cátions ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) no momento da queima, que pode ter influenciado o tamponamento do pH, por causa da neutralização da acidez. O pH teve correlação altamente significativa e positiva com a CE ( $r=0,531$ ) (Figura 3).

Na queima de dois sítios de estudo em que a vegetação foi mantida sobre *pousio* por 3,5 e 7 anos, foi identificado impacto do efeito da queima sobre o pH da solução solo superficial (0-10 cm), que aumentou cerca de 1 unidade variando de 4,5-5,5 a 5,5-6,5 (Sommer et al., 2004). Nesse estudo, o potencial hidrogênionico teve correlação significativa com a concentração de magnésio e cálcio, cátions que elevam o pH.

Em áreas de florestas, vários autores têm verificado que o fogo aumenta o pH e a concentração de cátions (Fritze et al., 1994; Almendros et al., 1990), em um curto período após a queima. Porém, como o passar do tempo à sustentabilidade da área diminui. De acordo com Kanashiro & Denich (1998) após vários ciclos de derruba-e-queima na mesma área, os níveis de sustentabilidade decrescem.

A área de Pastagem apresentou um elevado valor de CE (107,80  $\mu\text{S}$ ), bem como um pH menos ácido, no dia 28-Jan-2010. (Tabela 4). Sugere-se que nessa data, a presença de cátions na água de escoamento superficial coletada, pode ter elevado o pH e a condutividade elétrica na solução do solo.

Tal efeito pode ser explicado pela dieta típica aplicada aos sistemas de criação de bovinos de corte que é rica em  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , tais nutrientes ficam concentrados na urina e nas fezes dos animais. Buschbacher (1987) e Humphreys (1991) afirmaram que a urina de gado possivelmente fornece  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e o esterco de gado o  $\text{Mg}^{2+}$ . Esses são considerados abundantes no escoamento superficial por estarem na superfície do solo.

A disponibilidade desses nutrientes, retornados à pastagem via excreção animal, é amplamente influenciado pela sua distribuição na pastagem, bem como pelas perdas por caminhos de fluxo. Devido à deposição irregular dos dejetos, superpastejo e pisoteio dos animais o nutriente que deveria retornar a planta acaba sendo perdido por escoamento superficial, pois, o superpastejo e pisoteio causam compactação do solo e criação de microrelevo que proporciona fenômenos de superfície, como escoamento da água da chuva no solo.

Germer et al. (2009) estudando as implicações em longo prazo de mudanças de uso da terra para a hidrologia e balanços de solutos em microbacias na Amazônia, identificou em uma bacia de pastagem uma maior concentração de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no escoamento superficial em comparação com outros caminhos hidrológicos.

O período de preparo de área e o tipo de manejo pode ter influenciado os valores de condutividade elétrica e pH. No caso das áreas com corte-e-trituração, a diferença de CE (Figura 3) pode ser explicada pela influência do fator tempo no material deixado como cobertura do solo. A Roça com trituração teve seu preparo de área realizado em um período muito próximo do início das coletas, portanto muito recente (Janeiro/2010). Dessa forma, no período das coletas de água, o

material deixado como cobertura do solo deve ter passado por imobilização no processo de decomposição, não disponibilizando íons dissolvidos para o sistema. Em áreas preparadas sem queima ocorre imobilização dos nutrientes na fase inicial (Kato et al., 2004). Diferentemente do SAF triturado (ST), em que os valores de condutividade se mantiveram com picos mais elevados (valor máximo de CE de  $77,93\mu\text{S cm}^{-1}$  com pH de 6,220, em 01-Mar-2010) (Tabela 4). A SAF (ST) teve o preparo de área 5 anos antes das coletas, tempo suficiente para decomposição do material orgânico e disponibilização de nutrientes.

## CONCLUSÕES

1. As variáveis, condutividade elétrica (CE) e pH, monitoradas na água de escoamento superficial demonstraram diferenças nos diferentes ecossistemas mostrando-se eficiente para avaliação de possíveis fontes de alteração na qualidade e na disponibilidade dos recursos hídricos.

2. O uso da terra influenciou os valores das variáveis monitoradas na água de escoamento superficial no solo da bacia hidrográfica dos igarapés Timboteua e Buiuna, no período do experimento.

3.

## AGRADECIMENTOS

Ao técnico da Embrapa, Reginaldo Frazão, pelo apoio no trabalho de campo; Aos Drs. Steel Vasconcelos e Pedro Gerhard, coordenadores dos projetos; A EMBRAPA Amazônia Oriental e CNPQ/CT-HIDRO - *Agricultura familiar e qualidade de água no Nordeste Paraense: Conservação de serviços agro-ecossistêmicos em escala de bacia hidrográfica*, pelo apoio e estrutura proporcionada para a execução do projeto de pesquisa; Aos estagiários, Rodrigo Rafael Souza de Oliveira e Gustavo Martínez Pimentel, pela execução do mapa de localização da área experimental.

## BIBLIOGRAFIA

ALMENDROS, G.; GONZALEZ-VILA, F.J.; MARTIN, F. (1990). *“Fire-induced transformation of soil organic matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances”*. Soil Science 149, pp. 158 – 168.

APHA. American Public Health Association. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed. Washington, American Public Health Association, 140 p.

ARTAXO, P. et al. (2002). *“Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry season in Rondônia, Amazonia”*. Journal of Geophysical Research 107, pp. 8.081–8.095.

ARTAXO, P.; LARA, L.B.L.S.; PAULIQUEVIS, T.M. (2003). “*Dry and wet deposition in Amazonia: from natural biogenic aerosols to biomass burning impacts*”. IGAC Newsletter 27, pp. 12 – 16.

ARTAXO, P.; GATTI, L.V.; LEAL, A. M. C.; LONGO, K.M.; FREITAS, S.R.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T.M.; PROCÓPIO, A.S.; RIZZO, L.V. (2005). “*Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica*”. Acta Amazônica 35, pp. 2.

BUSCHBACHER, R.J. (1987). “*Cattle productivity and nutrient fluxes on an Amazon pasture*”. Biotropica 19, pp. 200 – 207.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (1978). *Análise físico-química das águas*. Normalização técnica NT-07. CETESB-SP, 340 p.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. (2006). “*Rochas Carbonáticas de Marapanim – PA*”, Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=258&sid=32>>. Acesso em 14 Set. 2010.

DNAEE. Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. (1970). *Normas e Recomendações Hidrológicas*. Anexo I - Pluviometria. DNAEE-DF, 94 p.

FORTI, M.C.; NEAL, C. (1992). “*Hydrochemical cycles in tropical rainforests: an overview with emphasis on Central Amazonia*”. Journal of Hydrology 134, pp. 103 – 115.

FRITZE, H.; SMOLANDER, A.; LEVULAT, T.; KITUNEN, V.; MÄLKÖNE, E. (1994). “*Wood-ash fertilization and fire treatments in a Scots pine forest stand: Effects on the organic layer, microbial biomass and microbiological activity*”. Biology and Fertility of Soils 17, pp. 57 – 63.

GERMER, S.; NEILL, C.; VETTER, T.; CHAVES, J.; KRUSCHE, A.V.; ELSENBEEER, H. (2009). “*Implications of long-term land-use change for the hydrology and solute budgets of small catchments in Amazonia*”. Journal of Hydrology 364, pp. 349 – 363.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. (2005). “*Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 9(3), pp. 1807 – 1929.

HUMPHREYS, L.R. (1991). *Tropical Pasture Utilization*. University Press- Cambridge, 206 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1991). “*Sinopse Preliminar do Censo Demográfico*”. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 6, pp. 1 – 74.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2007). *Manual técnico de pedologia*. 2.ed. IBGE-RJ, 316 p.

KANASHIRO, M.; DENICH, M. (1998). *Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia brasileira*. MCT/CNPq-DF, 157 p.

KATO, O.R.; KATO, M.D.S.; SÁ, T. de A.; FIGUEIREDO, R.O. (2004). “*Plantio direto na capoeira*”. Ciência e Ambiente 29, pp. 99 – 111.

MARGALEF, R. (1994). “*The place of epicontinental waters in global ecology*”, in *Limnology now: a paradigm of planetary problems*. Org. por Margalef, R., Elsevier Science, pp. 1 – 8.

MARTIUS, C. et al. (2004). “*Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia*”. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 68, pp. 137 – 154.

MARTORANO, L.G. et al. (1993). *Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwhite, Mather)*. SUDAM/EMBRAPA-PA, 55 p.

MCKEE, J.E.; WOLF, H.W. (1971). *Water Quality Criteria*. Water Resources Control Board-California, 547 p.

MEYBECK, M.; FRIEDRICH, G.; THOMAS, R.; CHAPMAN, D. (1996). “*Rivers*”, in *Water Quality Assessments: Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Org. por Chapman, D., ed. Chapman & Hall, London-NY, pp. 626.

MOLDAN, B.; CERNÝ, J. (ED). (1994). *Biogeochemistry of small catchments: a tool for environmental research*. John Wiley & Sons- Chichester, p. 419.

MORAES, J.M.; SCHULER, A.E.; DUNNE, T.; FIGUEIREDO, R.O.; VICTORIA, R.L. (2006). “*Water storage and runoff processes in plinthic soils under forest and pasture in Eastern Amazonia*”. *Hydrological Processes* 20, pp. 2509 – 2526.

OLIVEIRA, C.D.S. (2002). “*Percepção de agricultura familiar na adaptação do sistema de cultivo de corte e trituração*”. 129p. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Pará, Belém-Pará. 2002.

OLIVEIRA, R.R.S, WATRIN, O.S., SAMPAIO, S.M.N., PIMENTEL, G.M. (2010). “*Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra nas microbacias hidrográficas dos igarapés timboteua e peripindeua, nordeste paraense*” in *Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA*, Belém-PA, Ago. 2010.

PACHÊCO, N.A.; BASTOS, T.X. ( 2006). *Boletim Agrometeorológico 2004 Igarapé- Açu, PA*. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 216). Embrapa Amazônia Oriental-PA, 28 p.

RPCH. Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará. (2010a). *Boletim de Análise e Previsão Climática (Fevereiro)*. RPCH Belém, 4, pp. 38.

RPCH. Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará. (2010b). *Boletim de Análise e Previsão Climática (Abril)*. RPCH Belém-PA, 4, pp. 40.

RPCH. Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará. (2010c). *Boletim de Análise e Previsão Climática (Maio)*. Belém, RCPH Belém-PA, 4, pp. 41.

RPCH. Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará. (2010d). *Boletim de Análise e Previsão Climática (Junho)*. Belém, RCPH Belém-PA, 4, pp. 42.

RPCH. Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará. (2010e). *Boletim de Análise e Previsão Climática (Julho)*. RCPH Belém-PA, 4, pp. 43.

RADAMBRASIL. (1973). *Folha SA 23 São Luiz e Parte da Folha SA 24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra (Levantamento de Recursos Naturais, 3)*. Departamento Nacional da Produção Mineral-RJ.

REUSS, J.R. (1975). *Chemical/biological relationships relevant to ecological effects of acid rainfall*. Environmental Protection Agency 44 p.

RICHEY, J. E.; WILHELM, S. R.; MCCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; MELACK, J. M.; LIMA, A.C. (1997). “*Organic matter and nutrient dynamics in river corridors of the Amazon basin and their response to anthropogenic change*”. *Ciência e Cultura Journal* 49, pp. 98 – 110.

SILVA, D. et al. (2002). “*Clouds and rain processes in a biosphere atmosphere interaction context in the Amazon Region*”. *Journal of Geophysical Research* 107, pp. 8.072 – 8.092.

SILVA, M.G.M.; FIGUEIREDO, R.O.; COSTA, F.F.; PACHECO JUNIOR, A. de C.; LIMA, L.M.; CUNHA, E. da S.; KATO, O.R. (2005). “*Transferência de nutrientes e carbono por escoamento superficial para igarapés em áreas agrícolas sob diferentes sistemas de preparo de área para plantio (corte-e-queima e corte-e-trituração) no nordeste paraense*”. in *Anais do II Congresso de Estudantes e Bolsistas do Experimento LBA, Manaus-AM, 2005*.

SILVA, L. G. T.; VALENTE, M. A.; OLIVEIRA, R. R. S.; WATRIN, O. S. (2010). “*Caracterização e mapeamento dos solos de duas mesobacias hidrográficas no Nordeste Paraense*” in *Anais do I Seminário GESTABACIAS: Resultados de pesquisas em mesobacias do Nordeste Paraense e sua aplicação no desenvolvimento rural, Belém-PA, Jun. 2010*.

SOMMER, R. et al. (2004). “*Nutrient balance of shifting cultivation by burning or mulching in the Eastern Amazon - evidence for subsoil nutrient accumulation*”. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 68, pp. 257 – 271.

SUDAM. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. (1984). *Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira*. Belém, SUDAM/PHCA, 125 p.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. (1987). *Amazônia seus solos e outros recursos naturais*. Agronômica Ceres-SP, 416 p.

VIEIRA, L.S. (1988). *Manual de ciência do solo*. São Paulo, Agronômica Ceres-SP, 384p.