

ANÁLISE DO USO DA TERRA INTEGRADO COM PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA EM MICROBACIAS DO NORDESTE PARAENSE

Cristiane Formigosa Gadelha da Costa¹; Ricardo de Oliveira Figueiredo²; Izabela Penha de Oliveira Santos³; Pedro Gerhard²; Camila da Silva Pires⁴; Daniel Fernandes Rodrigues Barroso⁴; Fabiola Fernandes Costa⁵; Gabriel Lourenço Brejão⁴

RESUMO – O estudo teve como objetivo avaliar a relação do uso da terra com parâmetros físico-químicos em 96 microbacias, componentes das mesobacias hidrográficas, Timboteua/Buiuna e Peripindeua, no nordeste paraense. Para uma avaliação preliminar dos efeitos do uso da terra e caracterização hidrogeoquímica das microbacias foram feitas medições “*in situ*” de parâmetros físico-químicos, tais como: Oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e temperatura da água. No caso da Área 1 (Timboteua/Buiuna) as classes de uso da terra avaliadas foram: i. Pastagem; ii. Agricultura com derruba-e-queima para preparo de área de plantio; iii. Agricultura com corte-e-trituração para preparo de área de plantio; e iv. SAF (sistema agro-florestal). E na Área 2 (Peripindeua) as classes de uso definiram-se em: i. Pastagem; ii. Agricultura (derruba-e-queima), capoeira e pastagem (com lavagem de mandioca nos igarapés); iii. Agricultura (derruba-e-queima), capoeira e pastagem (com lavagem de malva nos igarapés); iv. Capoeira e pastagem; v. Agricultura (corte-e-trituração), SAF e mata de igapó. Dessa forma, as mesobacias avaliadas apresentaram histórico de uso diferenciado. Ocorreu interrelação dos parâmetros físico-químicos com o uso da terra nas microbacias estudadas.

ABSTRACT– The study aimed to evaluate the relation between land use and several physicochemical parameters in 96 catchments of the watersheds of Timboteua/Buiuna e Peripindeua streams in the Northeastern Pará. For a preliminary evaluation about the effects of land use and a hydrogeochemistry characterization some of the following “*in situ*” physic-chemical parameters measurements were done: Dissolved oxygen, pH, electric conductivity, and temperature. In the case of Area 1 (Timboteua/Buiuna) the evaluated land use classes were: i. Pasture; ii. Slash-and-burn Agriculture; iii. Chop-and-Mulching Agriculture; iv. SAF (Agroforestry). In the Area 2 (Peripindeua) the land use classes were: i. Pasture; ii. Slash-and-burn Agriculture, Secondary Vegetation (“Capoeira”) and Pasture (with cassava washing in streams); iii. Slash-and-burn Agriculture, Secondary Vegetation (“Capoeira”) and Pasture (with washing mauve in streams); iv. Secondary Vegetation (“Capoeira”) and Pasture; v. Chop-and-mulching Agriculture, SAF and Floodplain. The evaluated watersheds were distinguished by their land use history. It was observed an interrelation between the physic-chemical parameters and land use in the studied watersheds.

Palavras-chave: Parâmetros físico-químicos, mesobacias, uso da terra.

¹ Eng^a 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.

² Pesquisador – Hidrogeoquímica, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340 - Km 127,5Jaguariúna – SP, fone (0XX19) 3311-2771. E-mail: ricfig@cpma.embrapa.br.; Pesquisador da Embrapa Amazônia oriental, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n, Belém-PA. Email: pgerhard@cpatu.embrapa.br

³ 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.

⁴ Mestrando do programa de pós-graduação de Ciências ambientais UFPA/EMBRAPA/MPEG, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n, Belém – PA.

⁵ Doutoranda do programa de pós-graduação em Química – UFPA, Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n, Belém – PA, fone (0XX91) 3204-1147.

INTRODUÇÃO

A quantidade e a qualidade da água representam parâmetros integradores dos efeitos dos diversos componentes sobre os recursos naturais na bacia hidrográfica (Costa *et al.*, 2010). Análises preliminares das condições da água fluvial de bacias hidrográficas da Amazônia oriental relacionadas com o uso da terra tornam-se importantes para o planejamento da recuperação de áreas que sofreram relevantes alterações ambientais.

Em virtude da extensão geográfica, das variações edafoclimáticas e, sobretudo, do histórico e da forma de ocupação do Estado do Pará, as mudanças antrópicas na sua paisagem não se processam de maneira homogênea no espaço, gerando algumas áreas mais críticas quanto às modificações ambientais. No contexto das transformações ambientais, a parte leste do Estado, localizada no denominado “arco do desflorestamento” da Amazônia, tem sofrido impactos negativos e enfrenta grandes problemas causados pela ocupação desordenada do seu espaço (Mertens *et al.*, 2002; Metzger, 2002; Watrin *et al.*, 2007).

Em busca da sustentabilidade ambiental, as práticas de manejo e uso do solo urbano e rural devem ser analisadas de forma integrada ao ambiente em escala global da paisagem, permitindo o uso da terra sem comprometer a qualidade ambiental (Araujo e Pinese, 2006). Dessa forma, a bacia hidrográfica como unidade integradora é muito usada para investigação em estudos ambientais.

Embora não seja o único agente responsável pela perda da qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, quando não são adotadas práticas conservacionistas, contribui para a degradação dos mananciais. As relações entre uso do solo e as águas têm sido demonstradas por vários estudos, e a conversão de áreas florestadas, principalmente para o uso agrícola ou urbano, têm sido associada à diminuição da qualidade dos recursos hídricos (Tucci, 2000; Ometto *et al.*, 2000; Gergel *et al.*, 2002; Snyder *et al.*, 2005). Assim, em grandes extensões territoriais, o conhecimento de parâmetros que relacionem as condições da cobertura vegetal com a qualidade desejável das águas pode embasar instrumentos de planejamento e padrões de uso do solo (Ripa *et al.*, 2006).

Dessa forma, a análise do uso da terra associada à caracterização da hidrogeoquímica fluvial, por meio de medições de parâmetros físico-químicos, pode apontar dentre estes últimos alguns indicadores de impactos antrópicos sobre os recursos hídricos na região amazônica. Adicionalmente estudos nessa área do conhecimento geram novas informações sobre as condições hídricas locais. Visando a obtenção dessas informações em duas mesobacias hidrográficas no nordeste paraense, buscou-se avaliar a relação do uso da terra com alguns parâmetros físico-químicos em 96 microbacias. Seus resultados visaram a seleção de algumas microbacias para realização de

pesquisas no âmbito do projeto GESTABACIAS, conduzido pela EMBRAPA Amazônia oriental, com a finalidade de apoiar ações voltadas para a gestão ambiental das mesobacias em foco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado em 96 microbacias da mesorregião do nordeste do Estado do Pará, localizadas na mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna e na mesobacia do igarapé Peripindeua, cujas características e localização são apresentadas na Tabela 1 e na Figura 1. Por sua vez, essas mesobacias estudadas se inserem nas bacias hidrográficas do Rio Marapanim (áreas 1) e do Rio Guamá (áreas 2).

Tabela 1 – Detalhes das áreas de estudo, municípios paraenses onde essas estão inseridas, e o uso da terra predominante

Área	Identificação e Tamanho das Áreas	Município	Uso da Terra
1	Mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna (8756,28 ha)	Marapanim e Igarapé-Açu	Agricultura Familiar, Pastagem e Vegetação Secundária
2	Mesobacia do Igarapé Peripindeua (19321,6 ha)	Irituia e Mãe do Rio	Agricultura Familiar, Pastagem e Vegetação Secundária

Trata-se de mesobacias com histórico de uso diferenciado (Figura 1). A mesobacia dos igarapés Timboteua e Buiuna apresenta predomínio de formação de vegetação secundária em estágios sucessionais diversificados, e possui significativas extensões de terras sob uso agrícola, as quais se caracterizam tanto por pequenas propriedades de base econômica familiar como também por extensas áreas de pastagens degradadas. Assim, as pequenas propriedades (lotes de 25 ha) presentes nessa mesobacia compartilham a área dessa mesobacia com fazendas de médio porte, de base produtiva empresarial, voltadas principalmente para a pecuária extensiva de corte. Já a mesobacia do Igarapé Peripindeua, é ocupada primordialmente por pastagens extensivas, de base produtiva empresarial, e voltadas tanto para a pecuária leiteira como de corte. No entanto, possui também agricultura familiar com pouca expressão econômica, cujos lotes ainda possuem pequenas áreas de matas de igapós e vegetação secundária de porte alto.

As principais classes de solos identificadas na mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna foram: o Gleissolo Háptico Tb aluminico, com textura argilosa/muito argilosa; o Latossolo Amarelo Distrófico típico, com textura média; e o Argissolo Amarelo Distrófico típico, com textura arenosa/ argilosa. Na mesobacia do Igarapé Piripindeua os solos dominantes foram: o Latossolo Amarelo Distrófico típico, com textura média; e o Argissolo Distrófico típico, com textura média/argilosa (Silva *et al.*, 2010).



Mapa de Localização



0 0,5 1 2 3 4 Km

Escala: 1:370.000

Convenções:

- Localidades
- Estradas e Ramais
- ~ Drenagem

Legenda:

- Mesobacia Igarapé Timboteua-Buiuna
- Mesobacia Igarapé Peripindeua

Figura 1—Localização das áreas de estudo no Estado do Pará (Fonte: Projeto GESTABACIAS, 2010).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima é predominantemente do tipo climático *Ami* e do sub-tipo climático *Am2* (Köppen) com temperatura média anual em torno de 26,5 °C. A amplitude térmica é mínima e o clima é amenizado pela proximidade do oceano, sendo que a variação climática nesta região está associada com a distribuição das chuvas (Martorano *et al.*, 1993; Pachêco e Bastos, 2006; SEPOF-PA, 2009). Assim, as precipitações pluviométricas são relativamente elevadas, com cerca de 2500-3000 mm entre os meses de janeiro a junho. Ocorre um período de estiagem característico entre os meses de julho a dezembro, caracterizado por baixas precipitações (inferiores a 60 mm) (SUDAM, 1984). A umidade relativa do ar situa-se entre 80-85% (média anual), associada ao regime de chuvas (Martorano *et al.*, 1993).

A drenagem da região, onde se localiza a mesobacia dos igarapés contíguos Timboteua e Buiuna, é generalizadamente dendrítica, dada a área de litologia sedimentar que percorre. A principal bacia hidrográfica é a do rio Marapanim, localizado na costa nordeste do Estado do Pará, a leste da desembocadura do rio Amazonas. Por outro lado a mesobacia do Igarapé Peripindeua, insere-se na bacia hidrográfica do Rio Guamá, cuja foz juntamente com a foz do Rio Acará, forma a Baía de Guajará, que se liga à foz do Rio Amazonas.

O termo “mesobacia” aqui adotado segue o proposto por Richey *et al.* (1997), que classificaram as bacias hidrográficas na Amazônia em três diferentes tamanhos: microbacias (áreas menores que 10 km²); mesobacia (área de aproximadamente 10.000 km²); e a Bacia do Rio Amazonas (com aproximadamente 7 x 10⁶ km²).

Para a obtenção e análise das características ambientais estudadas, as mesobacias foram segmentadas em microbacias com a utilização da ferramenta SWAT2000 (Di Luzio *et al.*, 2002), tendo como base a hidrografia digitalizada de cartas topográficas em escala 1:100.000. Esta segmentação definiu os limites topográficos das mesobacias deste estudo, que foram analisadas como paisagens independentes, de tal forma que estas microbacias apresentassem áreas entre dezenas e poucas centenas de hectares (entre 70-200 hectares) e predomínio de uma classe de uso da terra. Com base na delimitação das microbacias, constituintes das mesobacias estudadas, foram amostradas 66 microbacias na mesobacia dos igarapés Timboteua e Buiuna e 30 microbacias na mesobacia do igarapé Peripindeua, representando diferentes tipos de uso da terra.

Procedimentos de Campo

Para a avaliação preliminar dos parâmetros físico-químicos propostos, foram realizadas medidas em águas fluviais, empregando-se métodos baseados em protocolos recomendados pela APHA (1995) e CETESB (1978), da seguinte forma: **pH** - medição realizada “*in situ*” através do método potenciométrico, usando-se aparelho digital (eletrodo combinado de vidro e calomelano, com correção de temperatura para 25°C, da marca ORION, modelo 290A plus); **Condutividade**

Elétrica (CE) - o método aplicado foi o condutimétrico, com o equipamento VWR® (modelo 2052), a leitura foi feita na unidade de medida (μS); **Oxigênio Dissolvido (OD)** e **Temperatura** - foi utilizado o oxímetro YSI® 55, que por meio de uma sonda polarográfica de compensação automática de temperatura. Todas as medidas dos parâmetros físico-químicos medidos (pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura) foram realizadas na profundidade de 20-25 cm.

Uso da terra: Foram escolhidos pontos com visível interferência antrópica com predominância de um determinado sistema de produção ou cobertura vegetal. No caso da Área 1 foram escolhidas as seguintes categorias de uso da terra: i. Pastagem; ii. Agricultura com derruba-e-queima para preparo de área de plantio; iii. Agricultura com corte-e-trituração para preparo de área de plantio; e iv. SAF (sistema agro-florestal). Como a Área 2 apresentou outras peculiaridades em relação ao uso da terra praticado, outras categorias de uso foram estabelecidas. Assim, as classes de uso da terra definidas para a Área 2 foram: i. Pastagem; ii. Agricultura (derruba-e-queima), capoeira e pastagem (com lavagem de mandioca nos igarapés); iii. Agricultura (derruba-e-queima), capoeira e pastagem (com lavagem de malva nos igarapés); iv. Capoeira e pastagem; v. Agricultura (corte-e-trituração), SAF e mata de igapó.

Adicionalmente, para controle do estudo e comparação com os resultados, foi executado em laboratório o processo de classificação supervisionada por regiões, com suporte dos programas ArcGIS e SPRING, a partir de imagens TM/Landsat compactadas e georreferenciadas com alta precisão, e da base planialtimétrica digital do IBGE na escala de 1:100.000.

Análise estatística

Os dados foram analisados quanto à natureza das distribuições paramétricas (gaussianas) a partir de teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* e *Kolmogorov-Smirnov*. Após essa análise preliminar dos resultados foi feita a análise descritiva dos dados calculando-se a média, a mediana, o erro padrão, e os valores máximos e mínimos das variáveis monitoradas. Posteriormente, foi feita a análise de correlação utilizando-se o coeficiente de correlação de *Spearman* ($p < 0,05$; $0,01$). 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

Na Área 1, dentre as 66 microbacias avaliadas, foi identificado um maior número de microbacias na categoria Agricultura de Derruba-e-Queima (Figura 2), que apresentaram os

seguintes valores médios: pH = 4,16; OD = 4,28 mg l⁻¹; CE=19,68 μS e T = 24,20 °C (Tabela 2). Essa predominância da agricultura de derruba-e-queima de base “familiar”, segundo Silva *et al.* (1999), é bastante representativa em Igarapé-Açu e Marapanim.

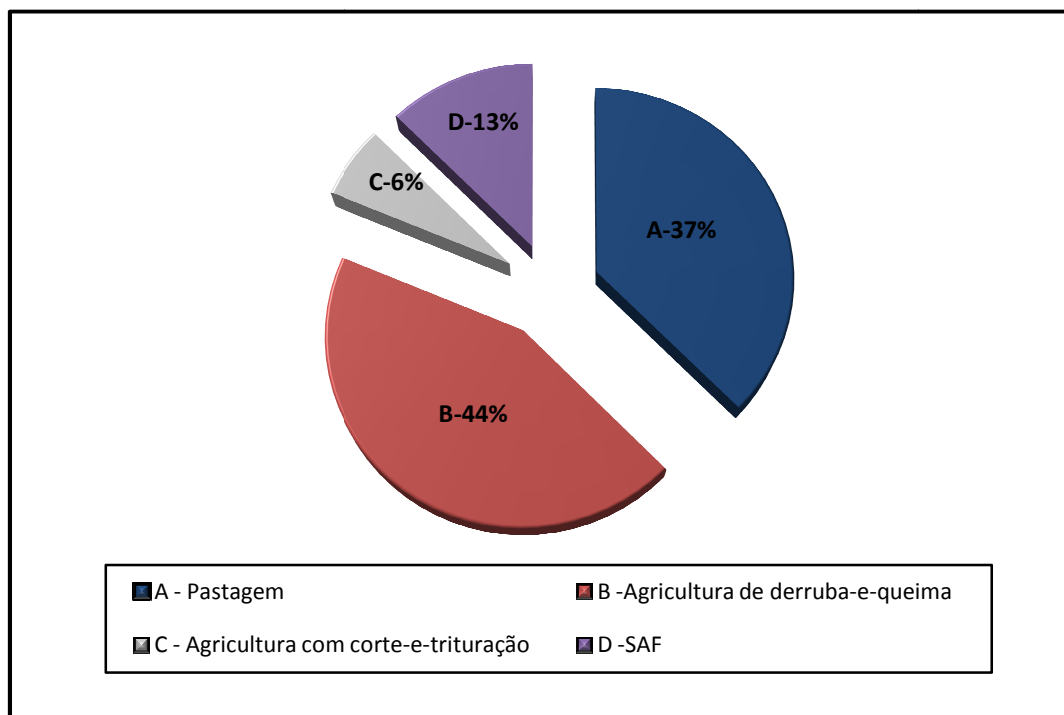
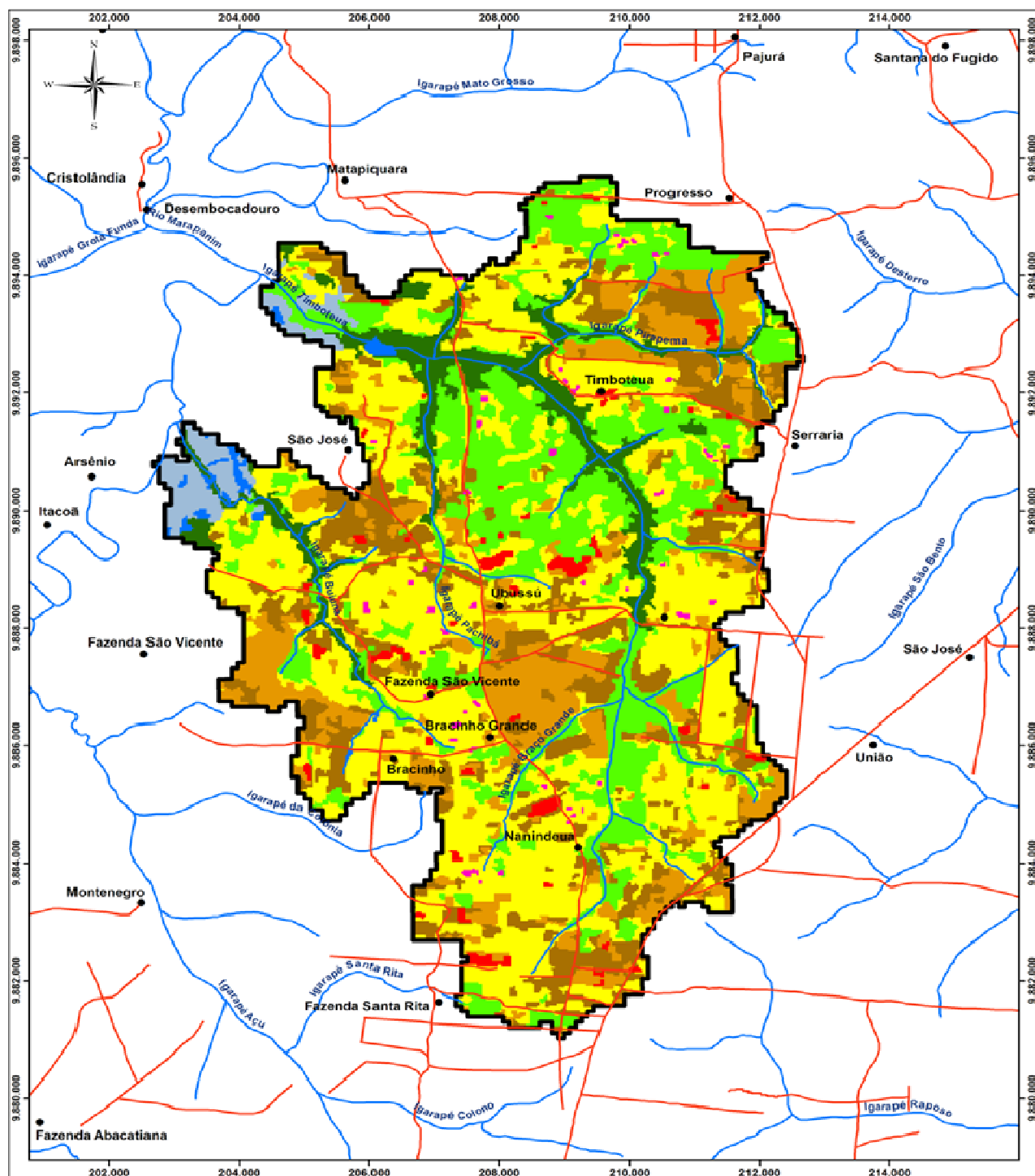


Figura 2 – Percentual de bacias representativas em cada categoria de uso da terra na Área 1 – Mesobacia Timboteua e Buiuna

De acordo com Ribeiro (2009) a agricultura de derruba-e-queima amplamente difundida não apenas na Amazônia, mas em outras regiões dos trópicos úmidos (Indonésia e África, por exemplo), acelera o empobrecimento dos solos, devido ao uso do fogo após curtos períodos de pousio. O fogo destrói integralmente o material orgânico produzido pela ação fotossintética, fazendo com que, as cinzas derivadas desse processo, fiquem expostas a erosão laminar hídrica e a lixiviação, convergindo esse material para os cursos d’água e alterando, dessa forma, as características físico-químicas da água.

A classificação de uso e cobertura da terra na mesobacia dos igarapés Timboteua e Buiuna, identificou também um grande percentual de área ocupada por vegetação secundária, compreendendo florestas secundárias em vários estágios sucessionais (“capoerias baixas e altas”). Para a classe de Cultura Agrícola a área corresponde a 41,41 ha, confirmando o efeito da agricultura itinerante observado na região (Figura 3). No caso da agricultura itinerante, a área após vários ciclos de plantio entra em período de *pousio*, visando uma possível recuperação de suas qualidades física, química e biológica.



0 0,5 1 2 3 4 Km
Escala: 1:50.000

Unidade de Mapeamento	2008	
	Área ha	%
Floresta Antropizada	605,45	6,92
Capoeira Alta	1.803,26	20,62
Capoeira Baixa	3.302,41	37,75
Campos Aluviais	191,90	2,19
Solo Sob Preparo	136,24	1,56
Pasto Limpo	1.259,21	14,4
Pasto Sujo	1.357,80	15,52
Cultura Agrícola	41,41	0,47
Corpos d'água	58,61	0,57
Nuvem/Sombra	0,00	0,00
Total	8756,28	100%

Informações Cartográficas:
Sistema de Projeção Cartográfica
Datum Horizontal: WGS 1984 UTM 23 S
Datum Vertical: Imbituba Santa
Catarina (51° W. Gr.)

Convenções:
● Localidades
— Estradas e Ramais
~ Drenagem

Localização da Mesobacia

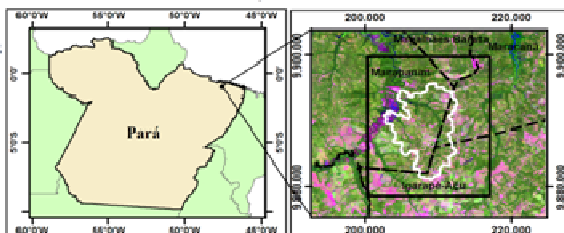


Figura 3 – Uso e cobertura da terra da Mesobacia Timboteua e Buiuna, nordeste paraense

Segundo a avaliação espaço-temporal (1999 a 2008) do uso e cobertura da terra nas mesobacias hidrográficas dos igarapés Timboteua/Buiuna e Peripindeua (nordeste paraense) feita por Oliveira *et al.* (2010), os baixos valores registrados para a classe Cultura Agrícola refletem a realidade na área das microbacias de interesse, que estão sob influência da agricultura de pequeno porte.

Observando a Tabela 2 nota-se que o pH, dentre os parâmetros físico-químicos avaliados, apresentou diferenças mais notáveis para as diferentes classes de uso. Ressalta-se que a diferença em valores decimais de pH estão relacionadas a mudanças de ordem de grandeza substanciais na concentração do íon hidrogênio, uma vez que o pH representa o logaritmo decimal negativo desta concentração hidrogeniônica.

Tabela 2 – Valores médios dos parâmetros físico-químicos nas mesobacias avaliadas nas áreas 1 e 2, categorizadas segundo as classes de uso da terra predominante em suas microbacias

Área 1 – Mesobacia Timboteua e Buiuna				
Uso da terra predominante	Parâmetros físico-químicos			
	pH	OD (mg l⁻¹)	CE (µS)	T (°C)
Pastagem	4,41	4,28	20,76	26,27
Agricultura de derruba-e-queima	4,16	4,28	19,68	24,20
Agricultura com corte-e-trituração	4,05	4,90	21,10	25,80
SAF	3,49	4,90	21,58	26,35
<i>Erro padrão</i>	<i>0,11</i>	<i>0,40</i>	<i>1,02</i>	<i>0,30</i>
Área 2 – Mesobacia Peripindeua				
Agricultura (derruba-e-queima), capoeira e pastagem (lav. Mandioca)	5,01	4,56	23,81	27,54
Capoeira e pastagem	4,75	4,71	18,77	26,43
Pastagem	5,10	2,95	26,63	26,54
Agricultura (derruba-e-queima), capoeira e pastagem (lav. Malva)	5,52	5,52	27,14	27,41
Agricultura (corte-e-trituração), SAF, mata de igapó	5,60	5,22	19,95	25,90
<i>Erro padrão</i>	<i>0,15</i>	<i>0,47</i>	<i>4,02</i>	<i>0,20</i>

Na Área 2 foram amostrados 30 pontos e, obedecendo as características pré-selecionadas para as microbacias, foram encontradas mais microbacias relativas a categoria de Pastagem (Figura 4).

Krusche *et al.* (2005) afirmaram que, no caso específico da Amazônia brasileira, uma das principais causas do desmatamento tem sido a substituição da floresta tropical por áreas de pastagem. Elsenbeer *et al.* (1999) mostraram que a compactação dos solos em pastagens aumenta o potencial para a ocorrência de um fluxo lateral, que, quando combinado com o manejo inadequado do pasto (Kauffman *et al.*, 1998; Dias-Filho *et al.*, 2001) ou com o escoamento superficial das excreções do gado (fezes e urina), podem influenciar a composição química das águas.

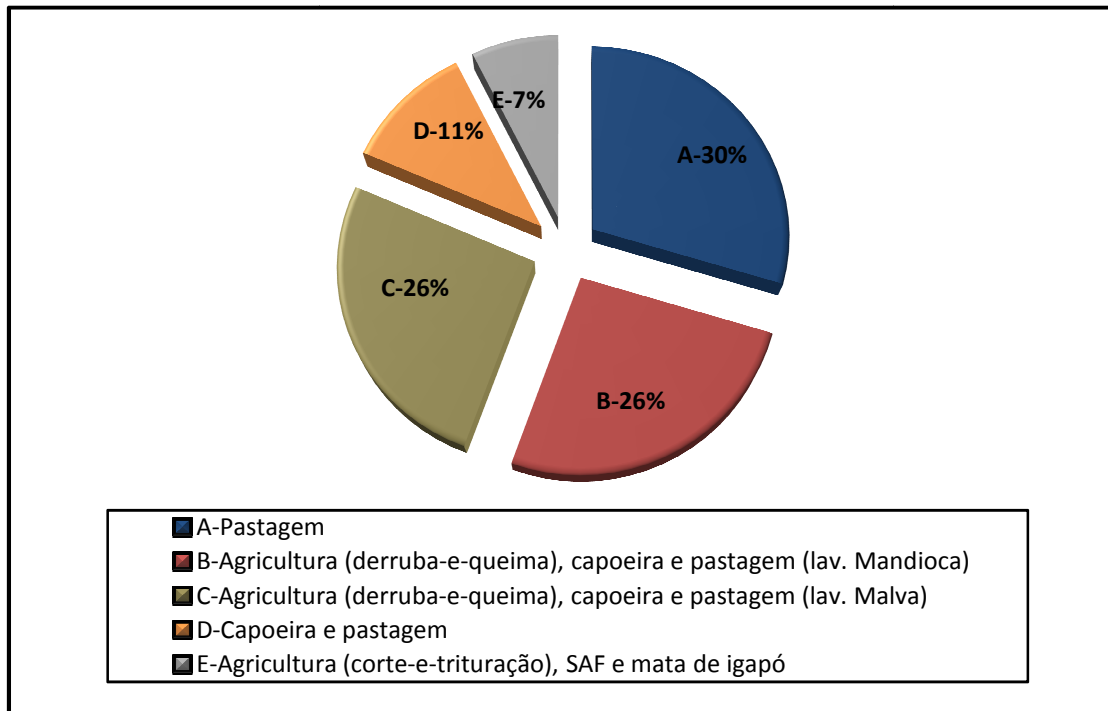


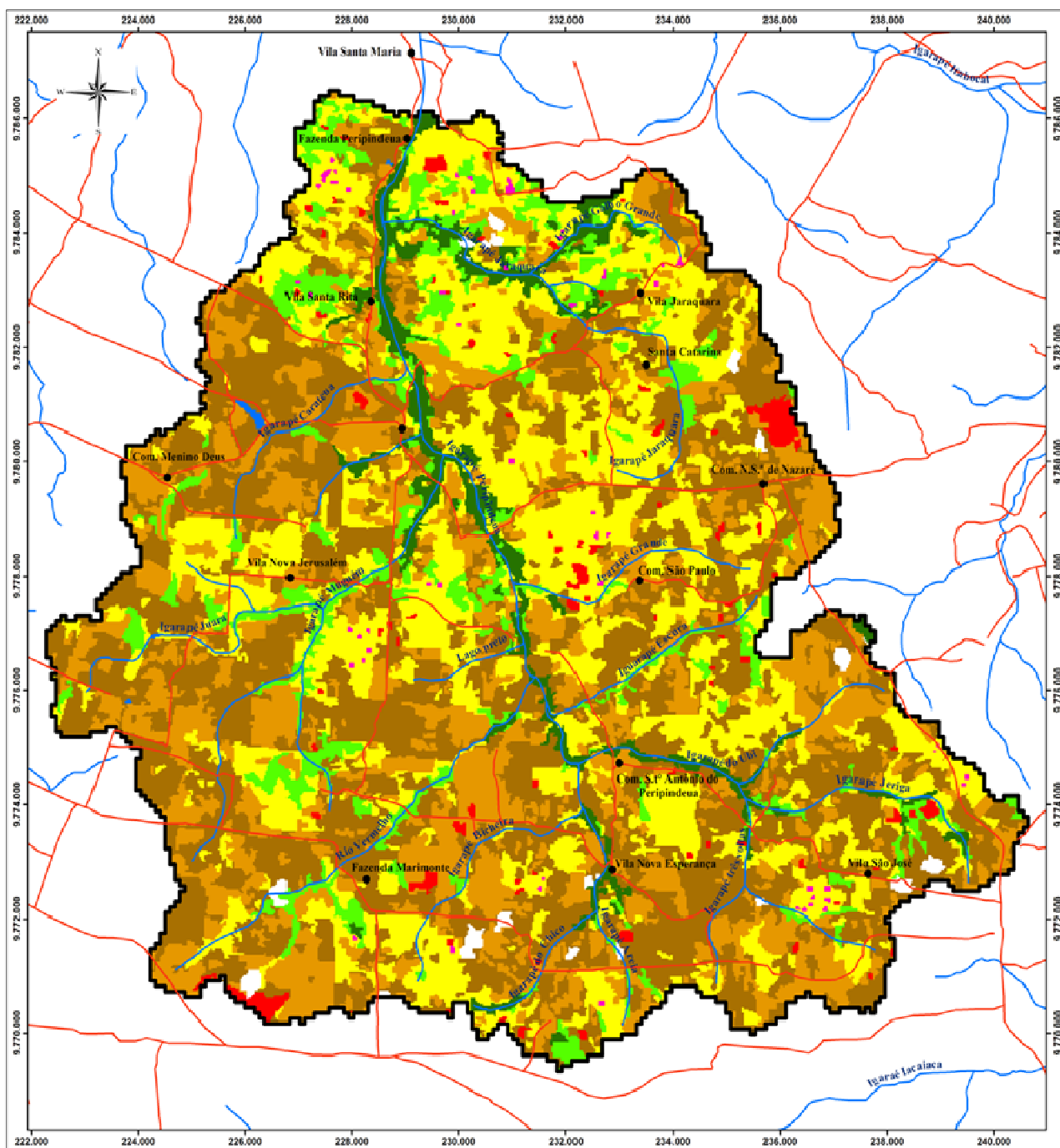
Figura 4 – Percentual de bacias representativas em cada categoria de uso da terra na Área 2 – Mesobacia Peripindeua

A categoria Pastagem representou 30% das microbacias amostradas (Figura 4), esse valor é confirmado pela classificação de uso e cobertura da terra feita para a mesobacia do igarapé Peripindeua, onde as pastagens tiveram grande representatividade (Figura 5).

Oliveira *et al.* (2010), relatam que dentre as classes de uso da terra, as pastagens cultivadas se destacam na mesobacia do igarapé Peripindeua, onde foi registrado percentual em torno de 60% da área total.

As microbacias dentro da categoria Pastagem na Área 2 apresentaram os seguintes valores médios: pH = 5,10; OD=2,95 mg l⁻¹; CE= 26,63 µS; T = 26,54 °C (Tabela 2). O valor de OD encontrado nessa categoria foi o menor valor médio registrado, onde foram observadas microbacias com represamento e área de drenagem muito antropizada (Tabela 2).

Na tabela 2 observa-se que na categoria de Agricultura (com ocorrência de lavagem de malva), capoeira e pastagem (Área 2) foi medido o maior valor médio de condutividade elétrica (27,14 µS) e um valor elevado de pH [5,52] (Tabela 2), apresentando alta e significativa correlação de 0,89. GRADELLA *et al.* (2006), fazendo uma análise preliminar dos elementos químicos e físicos da água da bacia hidrográfica do córrego João Dias (Aquidauana, MS), observou também relação entre aumento concomitante de condutividade e de pH nos pontos de coleta monitorados.



0 0,5 1 2 3 4 Km
Escala: 1:50.000

Unidade de Mapeamento	2008	
	ha	%
Floresta Antropizada	464,09	2,4
Capoeira Alta	1.066,23	5,52
Capoeira Baixa	6.047,03	31,3
Solo Sob Preparo	486,41	2,52
Pasto Limpo	32,99	0,17
Pasto Sujo	2.977,89	15,41
Cultura Agrícola	8.073,86	41,8
Corpos d'água	25,30	0,13
Nuvem/ Sombra	145,85	0,75
Total	19321,65	100%

Informações Cartográficas:
Sistema de Projeção Cartográfica
Datum Horizontal: WGS 1984 UTM 23 S
Datum Vertical: Imbituba Santa
Catarina (51° W. Gr.)

Convenções:
● Localidades
— Estradas e Ramais
~ Drenagem

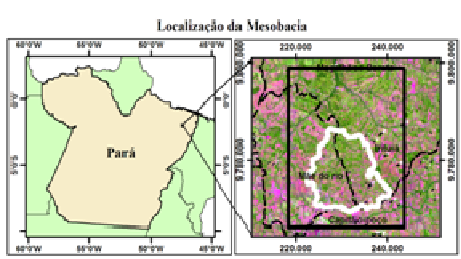


Figura 5 – Uso e cobertura da terra da Mesobacia Peripindeua, nordeste paraense

Como é normal em uma avaliação com medidas de campo realizadas em apenas uma ocasião, não foi possível determinar com segurança que ocorrem alterações na hidroquímica fluvial em decorrência de atividades agropecuárias nessas microbacias. Porém, de forma geral, os parâmetros físico-químicos avaliados nas microbacias apresentaram sensível alteração, demonstrando a ocorrência de impactos ambientais de origem antrópica. Dessa forma, os resultados obtidos auxiliaram na seleção das microbacias mais indicadas para um estudo mais detalhado sobre as relações entre o uso da terra e a hidrogeoquímica fluvial no escopo do Projeto Gestabacias.

CONCLUSÕES

1. Os parâmetros físico-químicos avaliados nas microbacias estudadas apresentaram interrelação com o uso da terra, pois apresentaram sensíveis alterações.
2. Como avaliação preliminar dos parâmetros físico-químicos, a condutividade elétrica da água covariou com os valores de pH. Essa relação demonstra a eficiência desses parâmetros em estudos de controle e monitoramento ambiental em bacias hidrográficas.

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, pelo processamento dos dados no laboratório de sensoriamento remoto e execução dos mapas de uso e cobertura da terra.

BIBLIOGRAFIA

ARAUJO, P.R.; PINESE, J.P.P. (2006). "*Planejamento Ambiental em Microbacias Hidrográficas: aplicação de uma matriz de impacto ambiental na microbacia hidrográfica do Ribeirão Lindóia, Zona Norte de Londrina/Pr.*" in Anais do IV Seminário Latinoamericano de Geografia Física – geografia física: novos paradigmas e políticas ambientais, UEM, Maringá, 2006 (CDROM).

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

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

COSTA, C.F.G.; FIGUEIREDO, R.O.; SANTOS, I.P.O.; GERHARD, P.; PIRES, C.S.; BARROSO, D.F.R.; COSTA, F.F.; BREJÃO, G.L. (2010). “Análise preliminar de parâmetros físico-químicos em águas fluviais em duas mesobacias hidrográficas no nordeste paraense” in Anais do VII Congresso Nacional de Meio ambiente, Poços de Caldas-MG, Maio 2010.

DIAS-FILHO, M.B.; DAVIDSON, E.A.; CARVALHO, C.J.R. (2001). “Linking biogeochemical cycles to cattle pasture management and sustainability in the Amazon basin”, in *The biogeochemistry of the Amazon basin*. Org. por McClain, M.E.; Victoria, R.L. e Richey, J.E., ed. University Press Oxford–UK, pp. 84–105.

DI LUZIO, M.; SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J.G.; NEITSCH, S.L. (2002). *ArcView interface for SWAT2000: user’s guide*. Texas Water Resources Institute Report TR-193. Temple Texas–US, 351 p.

ELSENBEER, H.; NEWTON, B.E.; DUNNE, T.; MORAES, J.M. (1999). “Hydraulic conductivities of latosols under pastures, forest and teak in Rondônia, Brazil”. *Hydrological Processes* 13, pp. 1417–1422.

GRADELLA, F.S.; SILVA NETO, J.C.A.; ECHEVERRIA, J.L.; LEITE, E.F.; SILVA, G.; GENTIL, R.H.P. (2006). “Análise preliminar dos elementos químicos e físicos da água da bacia hidrográfica do córrego João Dias, Aquidauana, MS” in Anais do I Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, 2006, pp. 96–105.

GERGEL, S.E.; TURNER, M.G.; MILLER, J.R.; MELACK, J.M.; STANLEY, E.H. (2002). “Landscape indicators of human impacts to riverine systems”. *Aquatic Science* 64, pp. 118–128.

KAUFFMAN, J.B.; CUMMINGS, D.L. and WARD, D.E. (1998). “Fire in the Brazilian Amazon: 2. Biomass, nutrient pools, and losses in cattle pastures”. *Oecologia* 113, pp. 415–427.

KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, M.V.R.; VICTORIA, R.L.; BERNARDES, M.C.; LEITE, N.K.; HANADA, L. ; VICTORIA, D. de C.; TOLEDO, A.M.; OMETTO, J.P.; MOREIRA, M.Z.; GOMES, B.M.; BOLSON, M.A.; NETO, S.G.; BONELLI, N.; DEEGAN, L.; NEILL, C.; THOMAS, S.; AUFDENKAMPE, A.K.; RICHEY, J.E. (2005). “Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d’água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia”. *Acta Amazônica* 35 (2), pp. 197–205.

MARTORANO, L.G.; PERREIRA, L.C.; CÉSAR, E.G.M.; PEREIRA, I.C.B. (1993). *Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwhite, Mather)*. SUDAM/EMBRAPA-PA, 55 p.

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

MERTENS, B.; POCCARD-CHAPUIS, R.; PIKETTY, M.G. (2002). “Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation process in the Brazilian Amazonia: the case of São Félix do Xingu in south Pará.” *Agricultural Economics*, 27, pp.269-294.

METZGER, J.P. (2002). “Landscape dynamics and equilibrium in areas of slash-and-burn agriculture with short and long fallow period (Bragantina region, NE Brazilian Amazon)”. *Landscape Ecology* 17, pp. 419-431.

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.

OMETTO, J.P.H.B.; MARTINELLI, L.A.; BALLESTER, M.V.; GESSNER, A.; KRUSCHE, A. V.; VICTORIA, R.L.; WILLIAMS, M. (2000). “Effects of land use on Water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil”. *Freshwater Biology* 44, pp. 327–337.

RIBEIRO, A.L.C. “Sistema de produção permanente de culturas anuais”. Disponível em: <http://www.ecoagri.net/sistema_producao.htm>. Acesso em 10 Set. 2009.

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.

RIPA, M.N.; LEONE, A.; GARNIER, M.; PORTO, A.L. (2006). “Agricultural land use and best management practices to control nonpoint water pollution”. *Environmental Management* 38(2), pp. 253–266.

SEPOF-PA. SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS. “Fisiografia”. Disponível em: <<http://www.sepof.pa.gov.br/>>. Acesso em 27 out. 2009.

SILVA, A.A.; SOUSA FILHO, F.R.; CORTELETTI, J.; PINTO, W.; SILVEIRA, J.L.; SILVA, S.R.M.; KASPER, A.; MARQUES, M.U.F. e CAHETE, F.L.S. (1999). “A historical dynamics of reproduction of agriculture in Igarapé-Açu (Northeast of the State of Pará): A study focusing on agrarian systems” in Anais do III SHIFT-WORKSHOP, Manaus, 1999, pp. 67–82.

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.

SNYDER, M.N.; GOETZ, S.J.; WRIGHT, R.K. (2005). “Stream health rankings predicted by satellite derived land cover metrics: Impervious area, forest buffers and landscape configuration”. *Journal of the American Resources Association*, 41(3), pp. 659-677.

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

TUCCI, C.E.M. “Controle de enchentes”, in *Hidrologia: ciência e aplicação*. Org. por Tucci, C.E.M., ABRH, 2 ed. UFRGS, Porto Alegre–RS, pp. 651–658.

WATRIN, O.S.; MACIEL, M.N.M.; THALÊS, M.C. (2007). “Análise espaço-temporal do uso da terra em microbacias hidrográficas no município de Paragominas, Estado do Pará” in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), São José dos Campos, SP: INPE, 2007, pp. 7019-7.