

**MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA E ESCOAMENTO
SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CARIPI-PA: UMA ANÁLISE
A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS**

*Priscilla Flores Leão Ferreira TAMASAUSKAS¹
Carlos Eduardo Pereira TAMASAUSKAS²*

153

Resumo

A Amazônia Brasileira é umas das regiões de maior dinamismo em relação às mudanças de uso e cobertura da terra desde a metade do século XX. Estudos de uso e cobertura da terra tem demonstrado impactos diretos sobre ambientes terrestres e aquáticos. Neste sentido, o presente estudo visa analisar as mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra entre os anos de 1984, 1994, 2004 e 2013 na bacia hidrográfica do rio Caripi e estimar o escoamento superficial em razão das mudanças ocorridas. Os procedimentos metodológicos adotados foram: levantamento bibliográfico, documental e cartográfico, criação do banco de dados espacial, delimitação da área de estudo, mapeamento multitemporal do uso e cobertura da terra, trabalhos de campo e estimava do escoamento superficial da bacia por meio da aplicação do método Curva Número. Os resultados demonstraram que as mudanças mais significativas no uso e cobertura da terra ocorreram no médio e alto curso da bacia do Rio Caripi, nas quais há o predomínio de classes relacionados à agropecuária, enquanto que no baixo curso teve-se menos perturbações em função da predominância de classes de ambientes naturais (floresta secundária, mangue e campo natural). Os maiores valores de escoamento superficial obtidos foram para as classes de mosaicos de ocupações, seguidas de agricultura e pastagens, devido ao baixo potencial de retenção hídrica dessas classes. Já a classe vegetação secundária apresentou taxas intermediárias de escoamento superficial, o que denota sua importância para a manutenção hídrica (recarga) da bacia do Rio Caripi.

Palavras-Chave: Bacia hidrográfica; Rio Caripi; Uso e Cobertura da Terra; Escoamento Superficial.

**CHANGES IN LAND USE AND COVER AND RUNOFF IN THE CARIPI-PA RIVER
BASIN: AN ANALYSIS BASED ON GEOTECHNOLOGIES**

Abstract

The Brazilian Amazon is one of the most dynamic regions in terms of changes in land use and land cover since the mid-twentieth century. Land use and land cover studies have shown direct impacts on terrestrial and aquatic environments. In this sense, the present study aims to analyze the changes in land use and coverage between 1984, 1994, 2004 and 2013 in the Caripi river basin and to estimate the surface runoff due to the changes that occurred. The methodological procedures adopted were: bibliographical, documentary and cartographic survey, spatial database creation, delimitation of the study area, multitemporal mapping of land use and cover, fieldwork and estimation of basin runoff through the application of the Curve number method. The results showed that the most significant changes in land use and land cover occurred in the middle and upper reaches of the Caripi River basin, in which there is a predominance of classes related to agriculture, while in the lower course there were fewer

¹ Mestra em Ciências Ambientais e Professora do IFPA, Brasil, priscilla.tamasauskas@gmail.com.

² Mestre em Geografia e Analista de C&T do CENSIPAM, Brasil, carlos.tamasauskas@sipam.gov.br.

disturbances due to predominance of natural environment classes (secondary forest, mangrove and natural field). The highest values of surface runoff were obtained for the occupation mosaic classes, followed by agriculture and pasture, due to the low water retention potential of these classes. However, the secondary vegetation class presented intermediate rates of surface runoff, which indicates its importance for the water maintenance (recharge) of the Caripi River basin.

Key words: Watershed; Caripi River; Land Use and Land Cover; Surface Runoff.

INTRODUÇÃO

A região amazônica brasileira é uma das regiões de maior dinamismo do Brasil em relação às mudanças de uso e cobertura da terra desde a segunda metade do século XX, em especial pela substituição das áreas de florestas por pastagens e monoculturas comerciais. Nesse sentido, o Brasil destaca-se como um dos países que mais provocam desflorestamentos e contribuem para a emissão de gases de efeito estufa (FAO, 2010; IPCC, 2007; IBGE, 2010).

No Estado do Pará, as mudanças de uso e cobertura da terra estão ligadas às áreas de expansão de desflorestamentos, que são concentradas no eixo das rodovias BR 163 (Santarém-Cuiabá) e BR 230 (Transamazônica), e às áreas de ocupação antigas e consolidadas, como o Nordeste Paraense.

Vários estudos tem sido desenvolvidos acerca do uso e cobertura da terra no Nordeste Paraense, os quais visam destacar, principalmente, cenários futuros de uso e cobertura da terra, a dinâmica das mudanças de uso e cobertura e os seus impactos para os ambientes terrestres e aquáticos.

Nascimento; Gerhard e Watrin (2010) ao analisar a dinâmica de uso da terra de 02 bacias, que abrangem os municípios de Marapanim, Igarapé-Açu, Mãe do Rio e Irituia, e modelar a transição entre as classes para gerar cenários futuros de uso e cobertura nas mesmas, eles constataram que apesar do nordeste paraense ser uma região consolidada, ela apresenta cenários de intensas mudanças na paisagem e que a intensidade das modificações podem gerar níveis de degradação difíceis de reverter.

Pereira *et. al.* (2016), mapearam a cobertura e uso do solo da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi por meio de dados de sensoriamento remoto, imagens do sensor LISS-3, e detectaram conflitos de uso nas áreas de preservação permanente devidos usos e ocupação das mesmas e a relação desses conflitos com a perda de qualidade das águas superficiais próximas a tais áreas.

Nota-se que muitos dos estudos sobre uso e cobertura da terra e seus impactos associados são possíveis graças aos dados e técnicas ligados às geotecnologias. Nesse aspecto, as geotecnologias permitem, além dos mapeamentos e construção de banco de dados espaciais, a produção de cenários e de modelagens para estimar fenômenos espacializáveis, tais como a modelagem hidrológica.

Muitos dos estudos de modelagem hidrológica tratam da determinação do escoamento superficial em bacias hidrográficas, pois os processos hidrológicos, como o escoamento superficial, podem acarretar a erosão dos solos, que é a principal causa de degradação das terras agrícolas (MACHADO; VETTORAZZI, 2003).

Aguiar; Targa e Batista (2007) analisaram a bacia hidrográfica do Ribeirão Itaim visando determinar o seu escoamento superficial pelo método Curva-Número (CN), sendo que obtiveram valores de escoamento subestimados quando comparados com os valores obtidos de infiltração medidos em campo. Assim, os autores indicam que o método curva-número não deve ser usado sem ter dados de infiltração de campo. Contudo, análises sobre escoamento superficial relacionados às classes de uso e cobertura da terra na Amazônia ainda são escassos, o que justifica análises desenvolvidas a partir do citado método

Assim, o presente estudo visa analisar as mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra nas últimas 04 décadas (anos de 1984, 1994, 2004 e 2013) na bacia hidrográfica do rio Caripi e estimar o comportamento do escoamento superficial em razão das mudanças de uso e cobertura da terra ocorridas.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo, a bacia hidrográfica do rio Caripi, abrange os municípios de Maracanã (ao norte) e Igarapé-Açu (ao sul), os quais fazem parte de mesorregião nordeste paraense. A bacia do rio Caripi está inserida ao norte na microrregião do salgado e ao sul na microrregião bragantina, conforme Mapa de Localização (figura 01). O nordeste paraense, mais especificamente a zona bragantina, corresponde à área de mais antiga colonização e, portanto, de ocupação, apresentando assim a paisagem bastante antropizada, em especial pela agricultura, com remanescentes florestais (matas de várzea e igapó) restritos às margens dos

rios, apesar de muitos apresentarem-se empobrecidos em função do intenso uso da terra (WATRIN et al., 1996).

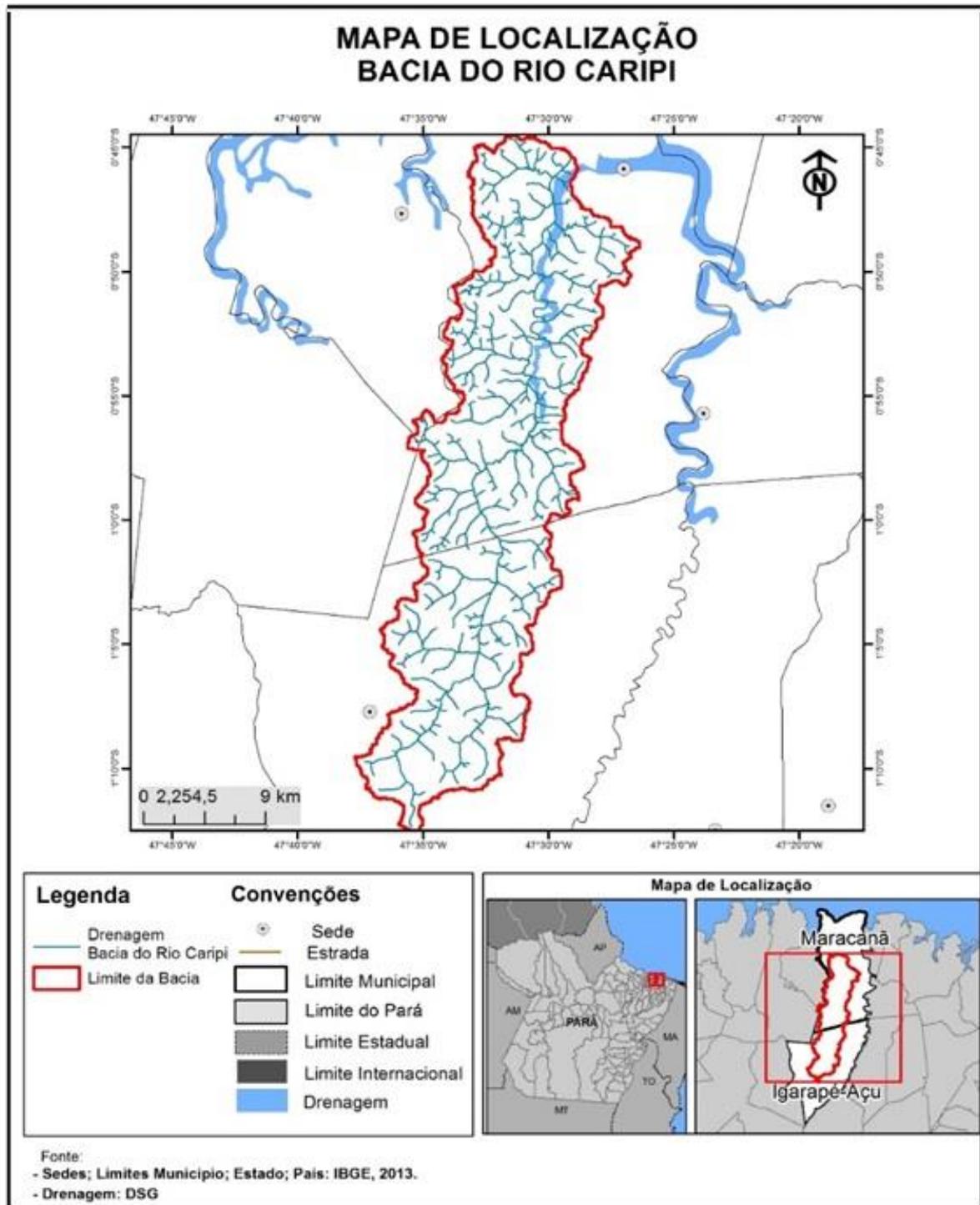


Figura 01: Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi.
Fonte: Elaboração dos autores.

Segundo Pará (2011), a região que abrange a referida bacia hidrográfica apresenta as seguintes características biofísicas: solos classificados como latossolos amarelo textura média e concrecionários lateríticos (em áreas de terra firme), solos hidromórficos indiscriminados e aluviais (em áreas de margens de rios) e solos indiscriminados de mangue (em áreas semi-litorâneas e litorâneas). A geologia consiste de sedimentos terciários da Formação Barreiras (áreas de terra firme) e sedimentos inconsolidados do Quaternário Subatual e Recente (áreas de sedimentação flúvio-marinha) e a geomorfologia apresenta 03 unidades definidas como Baixos Tabuleiros do Grupo Barreiras, Terraços do Quaternário Antigo e Várzeas do Quaternário Recente. A vegetação é composta por florestas secundárias de terra-firme e aluviais (várzeas) e vegetação de mangue e de campos naturais (campo das mangabas).

O clima dos municípios de Igarapé-Açu e Maracanã inserem-se na categoria de megatérmico úmido, do tipo *Am* da classificação de Köppen, temperatura média, durante todo o ano, em torno de 25° C e 27° C, respectivamente; a precipitação média anual de 2.344 mm, com forte concentração entre os meses de janeiro a maio (PACHÊCO; BASTOS, 2001; ALBUQUERQUE et al., 2010).

As atividades econômicas desenvolvidas nos municípios que integram a Bacia Hidrográfica do rio Caripi são basicamente a agricultura de pequeno porte, voltada para a produção alimentícia (frutas e grãos) e a produção animal que é centrada na pecuária bovina, na criação de galinhas, entre outros animais, além da pesca de algumas espécies de peixes comerciais. Há registros também das atividades de extração vegetal, a exemplo da produção de açaí em frutos e de silvicultura, tais como a comercialização de subprodutos de exploração madeireira, como madeira em lenha e carvão vegetal (IBGE, 2012).

Como procedimentos metodológicos seguidos para a execução das análises, temos o fluxograma apresentado abaixo (figura 02).

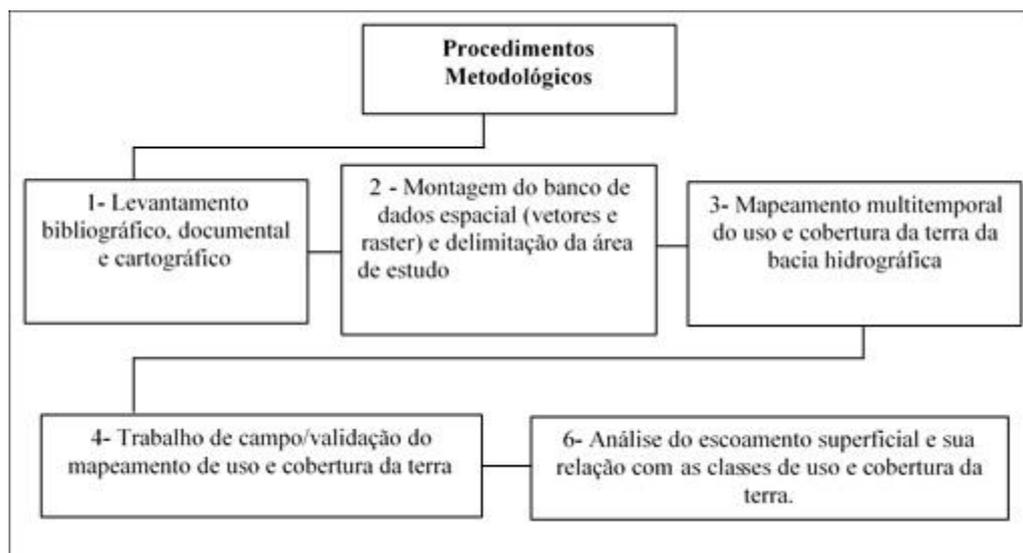


Figura 02: Procedimentos Metodológicos Adotados.

Fonte: Elaboração dos autores.

Nesse sentido, a pesquisa iniciou com os levantamentos bibliográfico (livros e artigos), documental (estudo técnico) e cartográfico (bases cartográficas digitais) que visaram aprofundar os conhecimentos sobre a temática e a área de estudo e, também, obter dados a serem utilizados no banco de dados espacial e nas análises a serem realizadas.

Em seguida, por meio do software de SIG ArcGis Versão 10.2, criou-se o banco de dados espacial Personal Geodatabase que permite o armazenamento, consulta e gerenciamento de dados vetoriais (bases digitais georreferenciadas com geometrias de pontos, linhas e polígonos) e matriciais (imagens da constelação RAPIDEYE, do Programa LANDSAT e da missão SRTM).

Os dados vetoriais são oriundos das de 04 cartas topográficas na escala 1:100.000 que abrangem a área de estudo (Cartas SA-23-V-A-IV, SA-23-V-A-V, SA-23-V-C-I e SA-23-V-C-II) e os dados matriciais dizem respeito às seguintes imagens: RAPIDEYE (cenas 2338502, 2338503, 2338602, 2338603 e 2338703 imageadas em 13/09/2012), LANDSAT 5 (cenas 223/061 imageadas em 27/07/1984, 21/06/1994 e 04/09/2004), LANDSAT 8 (cena 223/061 de 27/07/2013) e SRTM (cenas S01_W048_1arc_v3 e S02_W048_1arc_v3).

Vale destacar que os dados vetoriais (cartas topográficas digitais) foram obtidos no sítio eletrônico da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (<http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador>). Já os dados matriciais da constelação RAPIDEYE foram obtidos na Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará – SEMA/PA e os dados do

programa LANDSAT e da missão SRTM foram conseguidos no sítio do Serviço Geológico Americano (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Após a criação do banco de dados espacial, procedeu-se a delimitação da bacia hidrográfica do rio Caripi por meio do módulo ArcHydro. O referido módulo trabalha acoplado ao SIG ArcGis e gera a partir de um MDE, como a imagem SRTM por exemplo, o MDEHC (Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistido). O MDEHC é um MDE que sofreu o processo de recondicionamento a partir da imposição de feições lineares sobre o mesmo, sendo que tais feições dizem respeito a rede de drenagem.

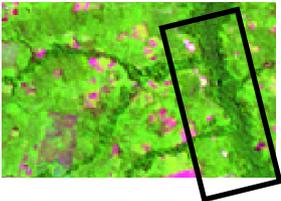
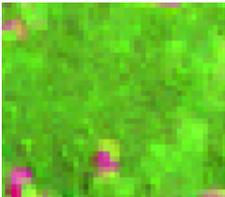
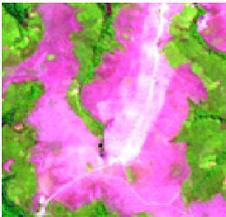
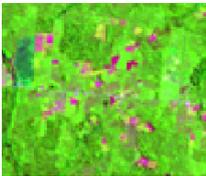
Assim, para gerar o MDEHC, primeiro realizou-se o ajuste da rede de drenagem oriunda das cartas topográficas da região da área de estudo com base nas imagens RAPIDEYE, as quais estão adequadas para trabalhar na escala 1:50.000. Desse modo, fez-se a correção da rede de drenagem segundo a localização dos cursos d'água identificados na imagem RAPIDEYE.

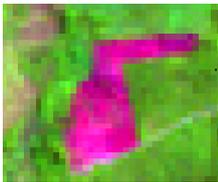
Com a geração do MDEHC, realizou-se a delimitação automática da bacia hidrográfica do rio Caripi por meio de uma rotina de processamentos com ferramentas do ArcHydro, sendo que ao final indicou-se o exutório da bacia e obteve-se os limites vetoriais da mesma baseados nas diferenças de valores de altitude do MDEHC.

Visando identificar as mudanças no uso e cobertura da terra na área que compreende a bacia hidrográfica do Rio Caripi, procedeu-se ao mapeamento multitemporal usando as imagens dos satélites Landsat 5/Sensor TM, imagens tomadas nos anos de 1984, 1994 e 2004 e Landsat 8/Sensor OLI tomada no ano de 2013.

O processo de mapeamento consistiu em realizar a classificação visual dos alvos observados nas imagens, sendo que os elementos básicos da interpretação visual estão relacionados à tonalidade/cor, geometria (tamanho e forma), à textura, ao padrão, à sombra, posição e à associação. As classes definidas para o mapeamento multitemporal de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Caripi podem ser visualizadas na tabela 01.

Tabela 01: Classes Definidas para o Mapeamento Multitemporal.

Classes	Representação matricial	Definição
Floresta Secundária		Feição com característica predominante de espécies arbóreas, cor verde escuro, tonalidade média, textura rugosa, formas irregulares. Esta feição refere-se às áreas de vegetação florestal remanescentes, podendo estar presentes também nas margens dos rios, caracterizando assim a vegetação do tipo ripária.
Vegetação Secundária		Feição característica de áreas homogêneas com porte vegetacional predominantemente arbóreo e arbustivo, que sofreram preteritamente supressão vegetal e que apresentam diversos estágios de regeneração. Possui cor verde clara, tonalidade média, pouco rugosa e com formas regulares e irregulares.
Mangue		Feição característica de mangue, que ocorrem geralmente ao longo das planícies costeiras tropicais. Possui cor verde escuro, tonalidade escura, textura rugosa e formas irregulares.
Massa D'água		Feição relacionada aos corpos hídricos. Suas características são: cor azul claro a escuro, tonalidade baixa a média, textura lisa e áreas irregulares.
Campo Natural		Feição de vegetação não-florestal, neste caso definido como "campo cerrado". Possui cor magenta a branco, tonalidade alta, textura lisa e áreas extensas e irregulares.
Mosaico de ocupações		Feição relacionada a núcleos urbanos, estradas, pequenas pastagens e agriculturas de pequeno porte. Tem as seguintes características: cor magenta a branco, tonalidade média a alta, textura rugosa e heterogênea e áreas regulares e irregulares.

Agricultura		Feição relacionada às áreas de cultivos agrícolas. Tem as seguintes características: cor magenta e verde claro, tonalidade clara e média, textura lisa e áreas regulares bem definidas.
Pastagem		Feição relacionada às áreas de pastagens. Tem as seguintes características: cor magenta e verde claro, tonalidade que varia de baixa a média, textura lisa e/ou levemente rugosa e áreas regulares e/ou irregulares.

Fonte: Elaboração dos autores.

A tabela 01 exemplifica as características das classes a serem mapeadas no processo de classificação visual. Elas, posteriormente, são registradas e analisadas por meio do trabalho de campo, o qual valida o mapeamento multitemporal realizado.

A estimativa do escoamento superficial realizada utilizando o método Curva Número (CN) (KENT, 1973; GITIK; RANJAN, 2014) é baseado, principalmente, na equação do balanço hídrico ($P = I_a + F + Q$). e em duas outras equações (2) e (3). Onde **Q** é o escoamento, **P** é a precipitação, **I_a** corresponde a precipitação interceptada; **F** é a retenção cumulativa. Se **P** e o **CN** são conhecidos, o volume de escoamento superficial pode ser determinado, sendo que ao admitir-se **I_a** corresponde a 20% de **S** ($I_a = 0,2S$) e que **CN** varia entre $100 \geq CN \geq 0$ tem-se a equação final a ser usada no cálculo do escoamento ($Q = \frac{(P-0,2S)^2}{P+0,85}$) (NEEDHIDASAN; NALLANATHEL, 2013).

No processamento do escoamento superficial usou-se a ferramenta HEC-GeoHMS, acoplada ao SIG ArcGis; esta utiliza informações de CN, precipitação e saturação hídrica do solo para gerar simulações do comportamento hidrológico, como é o caso do escoamento superficial (MANTOVANI et al., 2013). Os passos utilizados foram:

- 1) Categorização da base vetorial de solos, base produzida pelo IBGE/CISCEA/SIVAM para a Amazônia na escala 1:250.000 no ano 2000, de acordo com os tipos de solo (A, B, C e/ou D) descritos no método Curva-Número encontrados na área de estudo;

- 2) Aplicação da operação espacial “Union” entre os vetores de uso da terra (2013) e de solos hidrológicos da área de estudo para viabilizar o processamento;
- 3) Geração do *CN Grid* através da criação de uma “lookup table”, que relacionam as classes de uso da terra com percentual de solos (A, B, C e/ou D) associados. O CN deve ser ponderado em função do uso e cobertura do solo e dos tipos de solo pela equação:

$$CN_p = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i * A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Onde CN_p é o valor de curva-número ponderado (adimensional); CN_i é o valor da curva-número de cada grupo de uso e cobertura e tipo do solo (adimensional) e A_i é a área de cada grupo de uso e cobertura e tipo do solo na bacia (km²).

- 4) O escoamento superficial é gerado a partir da fusão dos vetores de retenção potencial máxima e uso da terra;
- 5) Foram utilizados para cada ano da análise multitemporal os valores de precipitação mensal da estação de Castanhal (única que contemplava todos os períodos avaliados), conforme tabela 02, do mês de junho (mês que intersecta as duas estações, inverno e verão), para estimar o comportamento do escoamento superficial em função do uso e cobertura da terra (Tabela 01).

Tabela 02: Precipitação Média Mensal – Estação Castanhal.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1984	347.90	273.70	545.30	386.10	355.20	115.80	101.70	96.90	61.70	164.40	137.00	86.30
1994	395.90	605.50	900.00	602.40	555.30	291.00	442.60	267.20	184.30	114.00	149.10	202.10
2004	421.30	345.70	474.40	404.80	149.20	193.10	248.20	146.00	51.90	3.40	3.40	66.80
2013	242.6	225.4	339.7	480.6	398.1	149.4	256.3	48.9	63.8	3.2	1.2	10

Fonte: Sistema Hidroweb/Agência Nacional de Águas (<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a delimitação da bacia hidrográfica do Rio Caripi pode-se obter a área da mesma, que corresponde a 47.849,45 ha, e gerar os mapas e a quantificação das classes de uso e cobertura da terra que estão dentro de seus limites, conforme figuras 03, 04, 05 e 06.

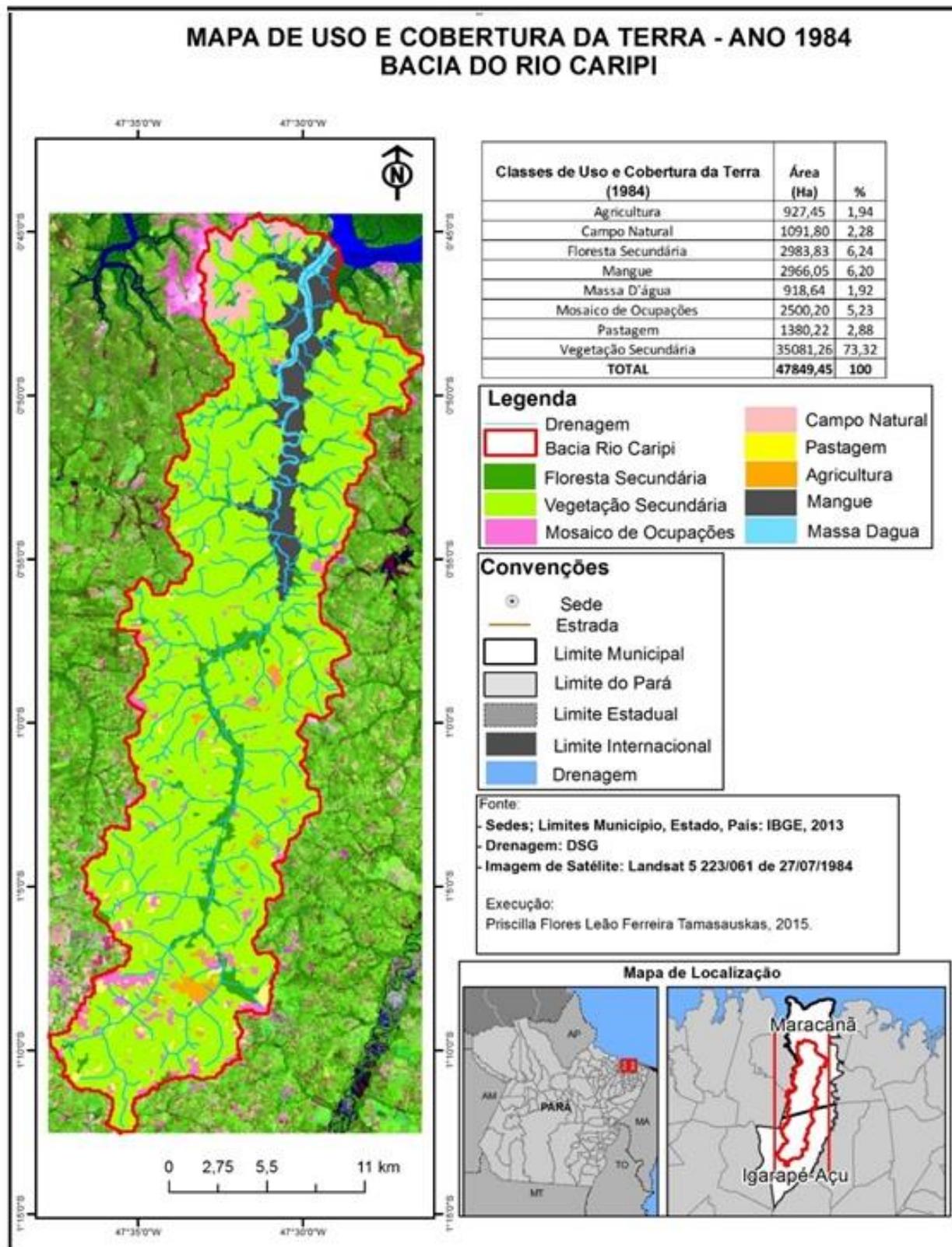


Figura 03: Mapa de Uso e Cobertura da Terra – Ano 1984.

Fonte: Elaboração dos autores.

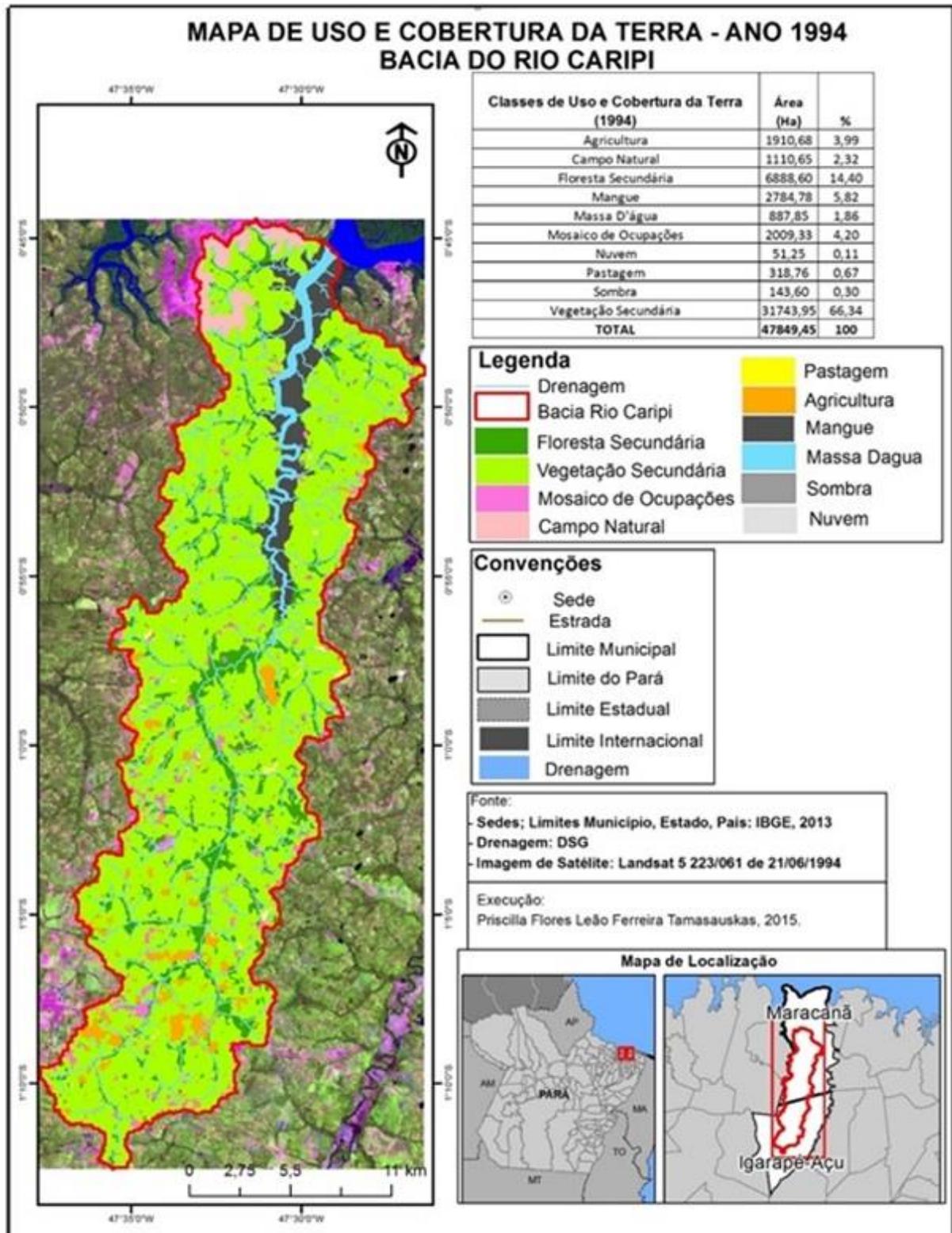


Figura 04: Mapa de Uso e Cobertura da Terra – Ano 1994.

Fonte: Elaboração dos autores.

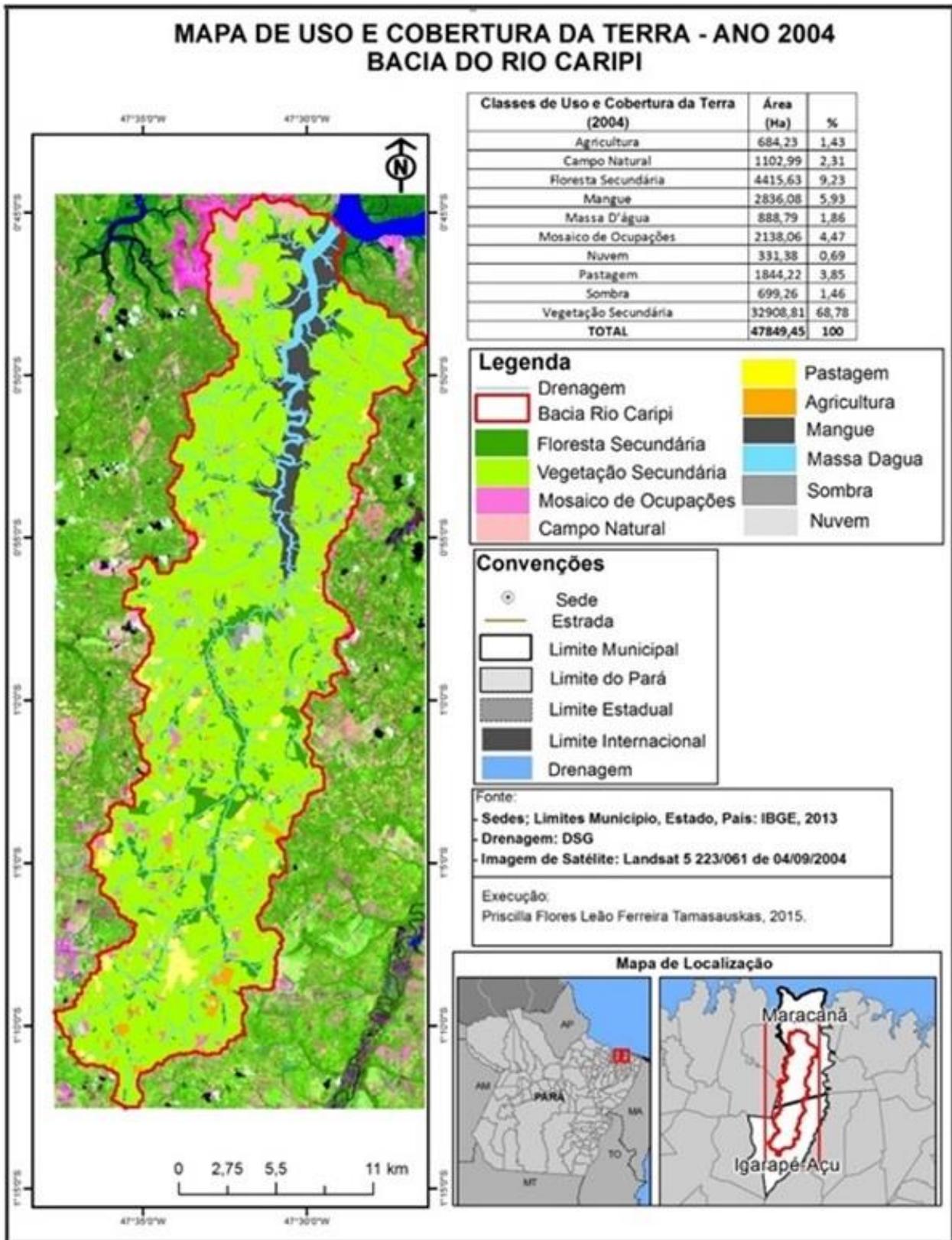


Figura 05: Mapa de Uso e Cobertura da Terra – Ano 2004.

Fonte: Elaboração dos autores.

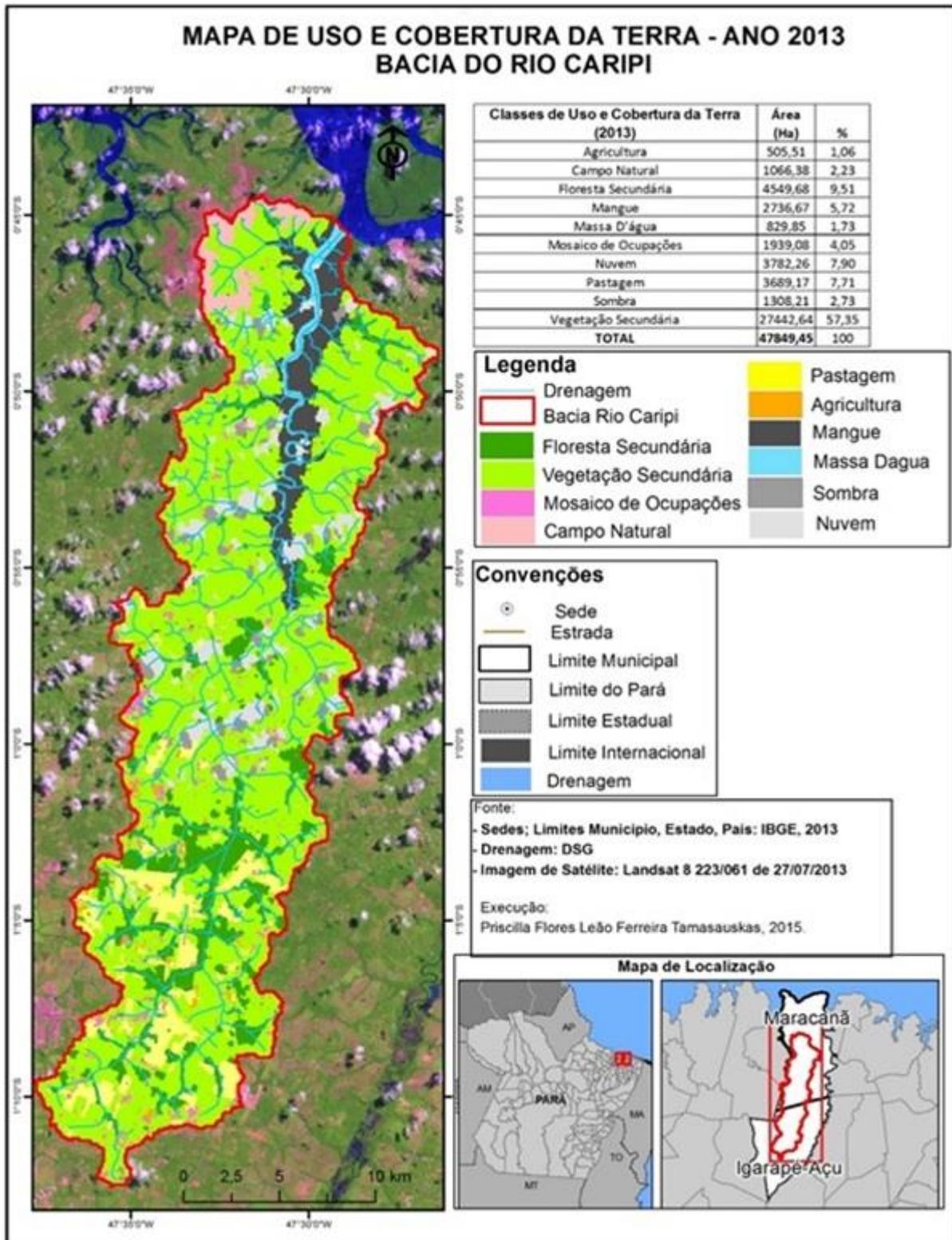


Figura 06: Mapa de Uso e Cobertura da Terra – Ano 2013.

Fonte: Elaboração dos autores.

A Figura 07 ilustra algumas das classes de uso e cobertura que foram identificadas em campo a partir dos mapeamentos executados.

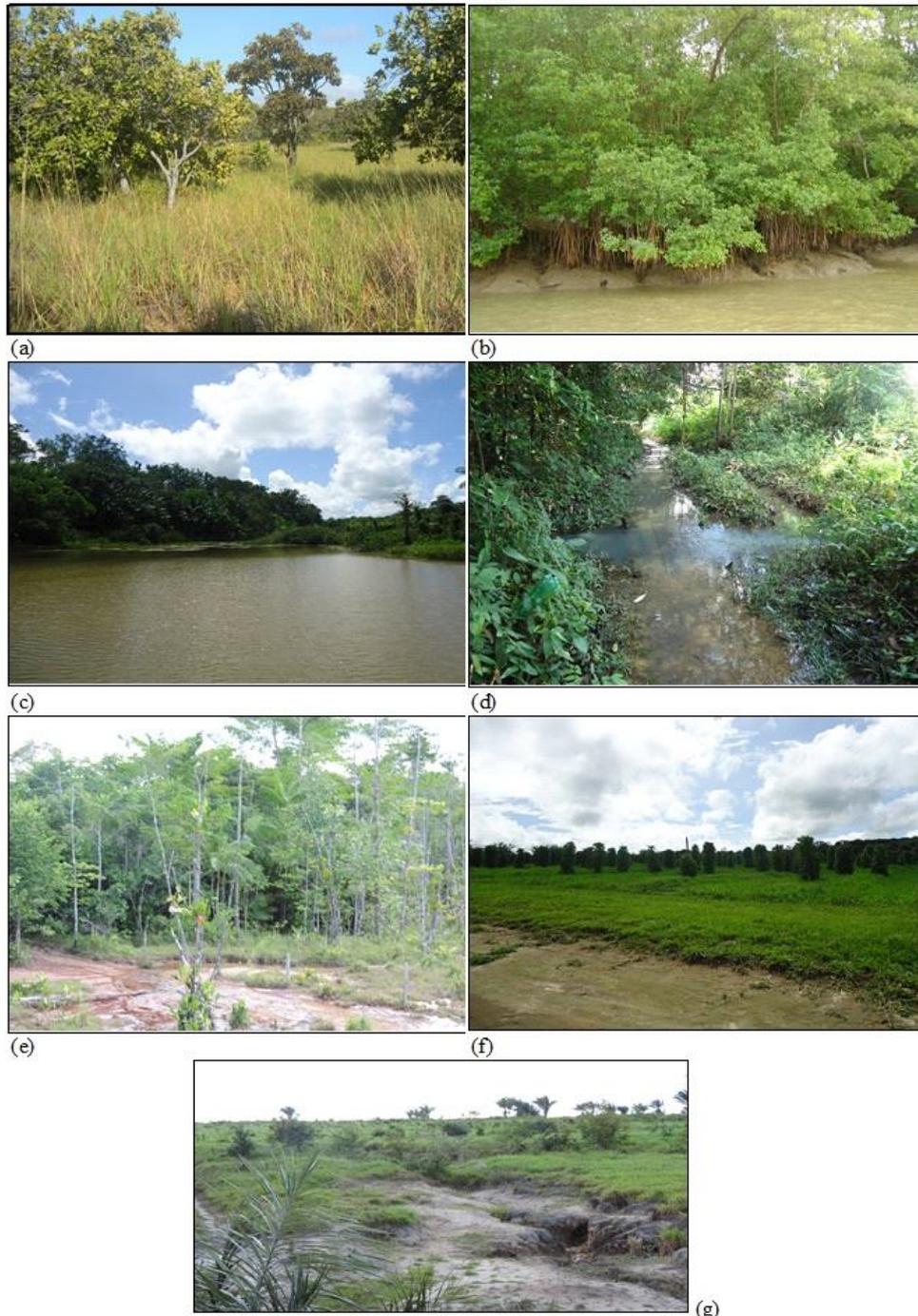


Figura 07: Classes de Uso e Cobertura da Terra - (a) Campo de Mangaba; (b) Mangue (Município São João da Ponta); (c) Massa d'água com remanescentes florestais ao fundo; (d) Floresta secundária aluvial; (e) Vegetação secundária; (f) Plantio de pimenta; (g) Pastagem degradada.

Fonte: (a) PARÁ, 2013; (b) Carlos Tamasauskas, 2011; (c, d, e, f, g) Fotografias dos autores, 2014.

A partir dos mapeamentos de uso e cobertura da terra, foram realizados 02 trabalhos de campo que visavam analisar as características das classes e confrontá-las com os dados de classificação produzidos. Assim, com os levantamentos de campo foi possível ajustar os equívocos existentes e validar os acertos dos mapeamentos.

Observa-se que a configuração espacial das classes mapeadas, teve maior concentração de infraestrutura urbana e atividades agropecuárias (mosaico de ocupações, agricultura e pastagem) na parte sul da bacia (alto curso do rio Caripi). Os ambientes naturais (campo natural e mangue) estão localizados na parte norte da bacia (baixo curso do rio); a classe de vegetação secundária permeia toda a área da bacia e a de floresta secundária tem maior abrangência do médio ao baixo curso do rio Caripi, estando, de modo geral, restrita principalmente às margens do referido rio e de alguns de seus afluentes (floresta aluvial).

Com base nos valores e percentuais de área das classes mapeadas, pode-se inferir que houve uma estabilidade de área ocupada em todo o período analisado (1984-2013) para as classes de campo natural, mangue, massa d'água e mosaico de ocupações. Já no intervalo de 1984 à 1994, houve aumento das áreas de agricultura e floresta secundária e retração das classes de pastagem e vegetação secundária, além de uma discreta diminuição das áreas de mosaico de ocupações, ou seja, houve transição de classes de pastagem e vegetação secundária para agricultura e floresta secundária. Para o período de 1994-2004, ocorreu o fenômeno inverso, as classes de agricultura e floresta secundária diminuíram em favor das classes de pastagem e vegetação secundária e, por fim, no período seguinte (2004-2013), constatou-se retração nas áreas de agricultura e vegetação secundária, manutenção das áreas de floresta secundária e um aumento da área de pastagem.

A transição de áreas de vegetação secundária para a classe de floresta secundária ocorreu devido algumas áreas de vegetação secundária estarem em estágio médio de regeneração e atingiram em 1994 um estágio avançado de regeneração, sendo feições identificadas na imagem de 1994 que apresentam características de floresta secundária (cor verde escuro, textura rugosa, etc.). Além disso, destaca-se que as informações de classes de uso e cobertura para o ano de 2013 foram prejudicadas em virtude da excessiva presença de nuvens e suas respectivas sombras na imagem do referido ano, as quais juntas representam 10,63% da área da bacia.

Pelo exposto, percebe-se que a bacia hidrográfica passou por diversas mudanças em sua cobertura vegetal e nos usos que se faz da terra, sendo que tais mudanças estão relacionadas à uma dinâmica espacial mais concentrada no médio e alto curso da bacia hidrográfica, o que pode indicar problemas futuros para a estabilidade da bacia concernente ao seu balanço hídrico, já que no médio e alto curso estão localizados as áreas de nascentes e os rios de primeira ordem que são mais suscetíveis a impactos negativos devido as mudanças de uso e cobertura.

Nesse aspecto, nota-se a importância de estimar o escoamento superficial relacionado às classes de uso e cobertura da terra, pois o escoamento funciona como indicador de possíveis problemas no balanço hídrico da bacia e, também, pode indicar possíveis áreas com tendência para processos erosivos.

Os mapas de escoamento superficial para os anos de 1984, 1994, 2004 e 2013 (figura 08) mostram que os menores valores de escoamento foram para as classes de mangue e floresta secundária, significando que as mesmas são responsáveis por promover a manutenção do recurso hídrico dentro do sistema (bacia do rio Caripi), pois apresentam alta capacidade de retenção hídrica do solo.

É importante salientar que as classes mangue e campo natural não são descritas pelo método curva-número, uma vez que ambas representam ambientes naturais com características próprias da região amazônica, portanto, estas foram enquadradas como sendo pertencentes às classes de floresta e pastagens/campos permanentes.

Sabe-se que o mangue tem como característica principal a presença de umidade elevada no solo, logo, a água precipitada pouco conseguiria ser infiltrada, em função do manguezal possuir solos saturados hidricamente, o que elevaria certamente suas taxas de escoamento superficial e que a classe campo natural apresenta comportamento hidrológico diferente do encontrado nos resultados. Nesse sentido, fazemos uma ressalva acerca desses resultados para a classe de mangue e campo natural.

A vegetação secundária possui um comportamento de escoamento intermediário, denotando que tal classes também possuem grande potencial de retenção hídrica. Os maiores valores de escoamento ocorrem nas classes de mosaicos de ocupações, seguidas de agricultura e pastagens, já que as mesmas devido às intensas formas de uso possuem pouca cobertura

vegetal com estratos mais desenvolvidos (arbustivos e arbóreos), além de apresentarem maior compactação do solo/densidade, o que dificulta o processo de infiltração da água precipitada.

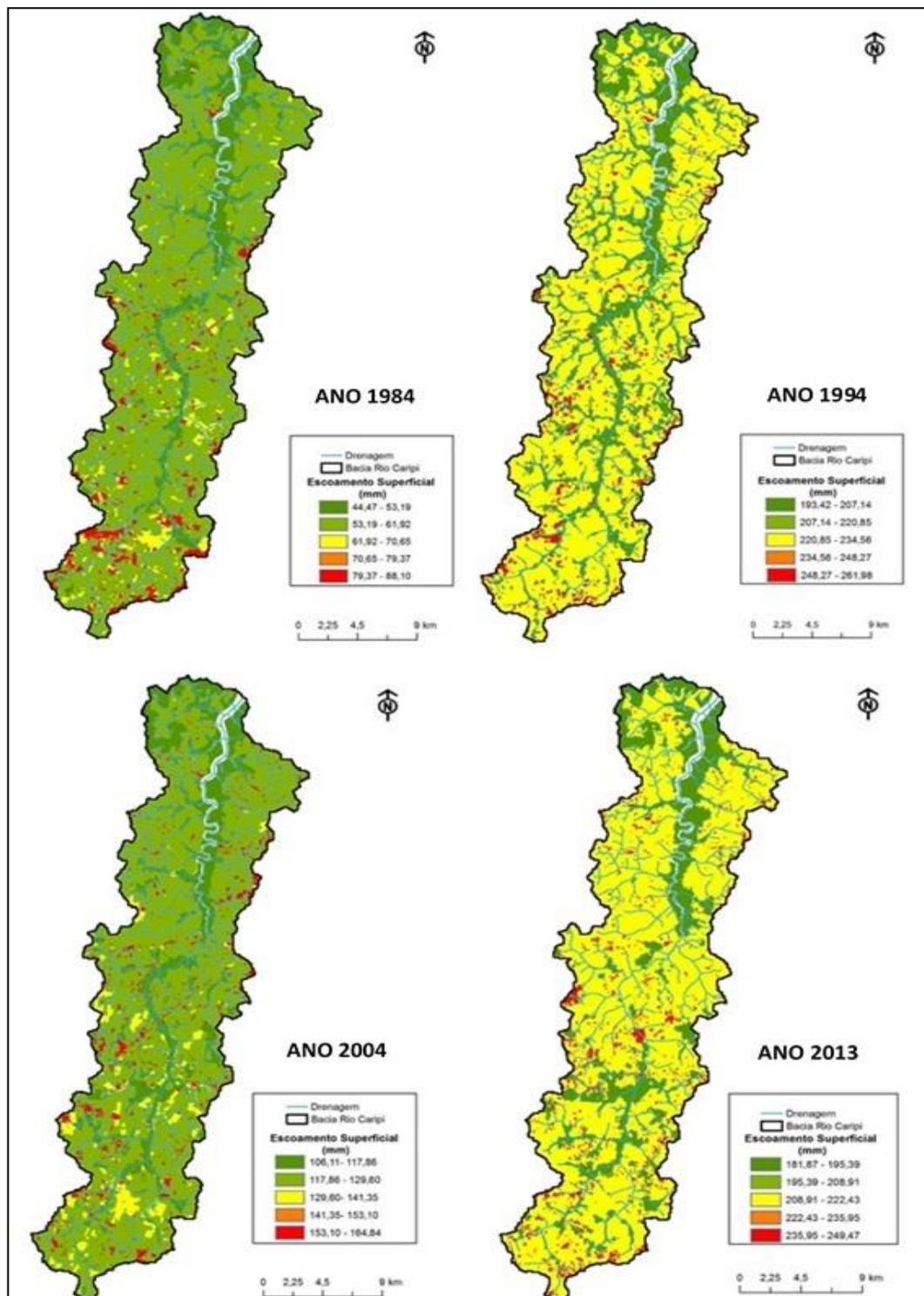


Figura 08: Mapas de Escoamento Superficial.

Fonte: Elaboração dos autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho foi possível entender que a bacia do rio Caripi tem passado pela mesma dinâmica de uso e cobertura da terra que abrange a região em que está inserida, a qual é marcada, historicamente, por alterações e remoções da cobertura vegetal que são substituídas, principalmente, por classes de uso agropecuário que, na bacia do Caripi, estão concentradas na porção do alto e médio curso do rio em questão.

A porção da bacia com menor dinâmica de uso e cobertura está centrada em seu baixo curso, o qual concentra as classes de campo, mangue e floresta secundária e por serem áreas não tão propícias à agropecuária, acabam sendo menos perturbadas por mudanças de uso e cobertura.

A aplicação das técnicas e ferramentas ligadas às geotecnologias, em especial ao sensoriamento remoto e o geoprocessamento, contribuíram de sobremaneira para a execução das análises, sendo que as ferramentas ArcHydro e HEC-GeoHMS, ambas ligadas a processos de modelagem hidrológica, permitiram obter resultados satisfatórios tanto para os limites da bacia como para a estimativa do escoamento superficial da bacia do rio Caripi, apesar do método Curva-Número não levar em consideração as características do mangue e do campo natural. Os resultados estão principalmente atrelados à capacidade de retenção hídrica das classes de uso e cobertura da terra e das características pedológicas existentes na área de estudo, uma vez que pelo fato do relevo ser predominantemente plano a ação gravitacional é minimizada.

Sendo assim, entende-se que a pesquisa em questão conseguiu obter resultados satisfatórios e que a metodologia utilizada pode ser replicada em outros trabalhos que visem avaliar a dinâmica do uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas e a resposta hidrológica de escoamento superficial das mesmas frente à referida dinâmica, mesmo não havendo dados de campo relativos à infiltração.

Por fim, na bacia do rio Caripi observou-se que a tendência de mudança dos elementos de maior influência na paisagem existe há, no mínimo, quatro décadas, em que as perdas no potencial de abastecimento hídrico são observadas pelos registros de campo e também pela modelagem hidrológica. Logo, é de grande importância a manutenção de cada ambiente componente da paisagem, tanto representativo das formas de cobertura quanto de uso, para

garantia das condições de escoamento e para a conversão deste em vazão ou recarga subterrânea.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. F.; SOUZA, E. B.; OLIVEIRA, M. C. F.; SOUZA JUNIOR, J. A. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, n. 6, p. 151-168, 2010.
- FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global Forest Resources Assessment 2010 – Main report**. Roma, Itália: FAO, 2010. 340 p.
- FERREIRA, M. D. P.; COELHO, A. B. Desmatamento recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista Economia Sociologia Rural**, v. 53, n. 1, p. 91-108, 2015.
- GITIK, T.; RANJAN, S. Estimation of Surface Runoff using NRCS Curve number procedure in Buriganga Watershed, Assam, India - A Geospatial Approach. **International Research Journal of Earth Sciences**, v. 2, n. 5, p. 1-7, 2014.
- IBGE. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 443 p.
- IBGE. Produção Agrícola Nacional – Anos de 2004 e 2012. Disponível em: http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [Núcleo da equipe de autores, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. Genebra, Suíça: IPCC, 2007.
- KENT, K. M. **A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds**. Washington-DC: U.S. Department of Agriculture Soil Conservations Service, 1973, 64 p.
- MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins (SP). **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. Vol.27, n.4, pp.735-741, 2003.
- MANTOVANI, J. R. A; ALCÂNTARA, E. H.; ROCHA, P. C.; CURTARELLI, M. P.; IMAI, M. N. Estimativa do Escoamento Superficial Distribuído na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe por meio de Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16, Foz do Iguaçu. Anais Foz do Iguaçu: INPE, p. 5681-5688, 2013.
- NASCIMENTO, N.; GERHARD, P.; WATRIN, O. S. Análise comparativa de cenários futuros de uso da terra no Nordeste Paraense. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, p. 6837-6844.
- NEEDHIDASAN, S.; NALLANATHEL, M. Design of storm water drains by rational method – an approach to storm water management for environmental protection. **International Journal of Engineering and Technology**, v. 5, n. 4, p. 3203-3214, 2013.
- PACHÊCO, N. A.; BASTOS, T. X. **Caracterização climática do Município de Tomé Açu, Belém, PA**: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 18 p.

PARÁ. **Estudo técnico para criação de unidades de conservação na categoria RDS “campo das Mangabas” no Município de Maracanã-PA.** Belém: Secretaria de Estado de Meio Ambiente, 2013, 118 p.

PARÁ. **Relatório de estatística municipal Igarapé-Açu.** Belém-Pa: Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças (SEPOF), 2011a, 47p.

PARÁ. **Relatório de estatística municipal Maracanã.** Belém-Pa: Secretaria Executiva de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças (SEPOF), 2011b, 46p.

PEREIRA, B. W. de F.; *et al.* Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, vol. 11, n. 2., p. 472-485, 2016.

WATRIN, O. S.; SANTOS, J. R.; VALÉRIO FILHO, M. Análise da dinâmica na paisagem do Nordeste Paraense através das técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. Anais Salvador-BA: INPE, 1996, p. 427-433.

Recebido em 10 de janeiro de 2017

Aceito em 14 de fevereiro de 2017