



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM CIÊNCIAS DA
TERRA E DO AMBIENTE– PPGM

INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO SOLO NA
DINÂMICA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA DO CAPIVARI -
BA

Feira de Santana

Março de 2018



Geisa Nascimento de Santana

**INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO SOLO NA
DINÂMICA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA DO CAPIVARI -
BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e ambiente, da Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Rosangela Leal Santos

Feira de Santana

Março de 2018

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

S223i Santana, Geisa Nascimento de
Influência das mudanças no uso e cobertura do solo na dinâmica do
escoamento superficial na Bacia do Capivari - BA / Geisa Nascimento de
Santana. - 2018.

78f.: il.

Orientadora: Rosangela Leal Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana,
Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do
Ambiente, 2018.

1. Bacia hidrográfica – Rio Capivari, BA. 2. Gestão dos recursos
hídricos. 3. Solo - Uso. I. Santos, Rosangela Leal, orient. II. Universidade
Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU: 556.18(814.22)

GEISA NASCIMENTO DE SANTANA

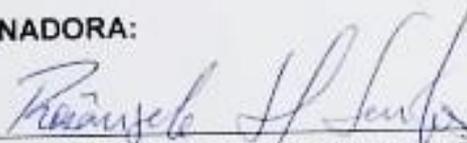
**INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS DO USO E COBERTURA DO SOLO NA
DINÂMICA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA DO CAPIVARI –
BA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana. Orientada pela Prof.^a Dr.^a Rosângela Leal Santos.

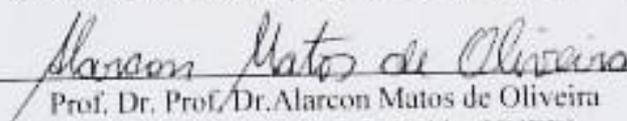
Linha de Pesquisa: Estudos Ambientais e Geotecnologias.

Data de aprovação: 27 de Março de 2018.

BANCA EXAMINADORA:



Prof.^a Dr.^a Rosângela Leal Santos, (Orientadora)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)



Prof. Dr. Prof./Dr. Alarcon Matos de Oliveira
Universidade Estadual da Bahia (UNEB)



Prof. Dr. : Claudia Bloise Vaz Sampaio
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Dedico esse trabalho a minha
família, amigos, mestres e a todos
os meus conterrâneos de Cruz das
Almas

Agradecimento

Agradeço primeiramente a Deus que me permitiu mais essa conquista, sem Ele eu jamais teria chegado até aqui, toda honra, glória, louvor e adoração sejam dadas ao Deus que pode todas as coisas.

Agradeço ao meu esposo Luiz Artur por estar comigo me ajudando na conclusão de mais esse desafio, essa vitória é nossa!! Te amo!

Agradeço a meus familiares em especial minha mãe Maria Lucia, e meus irmãos que sempre me apoiaram;

A minha orientadora Dr^a Rosângela Leal, não tenho palavras para descrever meu carinho e admiração, lembro-me de chegar algumas vezes desesperada em sua sala e escutar “*calma minha filha seu trabalho vai ficar massa*” a senhora não sabe quanto isso me acalmava!! Muito Obrigada Pró!!

Ao Prof. Jesus e a Prof^a Claudia Bloisi, sempre presentes em minha vida, dando o apoio de verdadeiros pais!! Amo vocês!! Quero vocês sempre em minha vida!

Aos meus amigos queridos em especial, minha amiga-irmã Adelia lima, obrigada pela sua amizade e apoio.

Aos queridos colegas do PPGM em especial a inesquecível turma X, foi um prazer imenso conhecer vocês, precisando podem sempre contar comigo.

Aos meus queridos irmãos em Cristo, obrigado por estarem comigo em oração.

Ao Laboratório de Intervenções Socioambientais por ceder o espaço e conceder o apoio necessário para o andamento e finalização dessa pesquisa.

Ao Prof. Dr. Alarcon por aceitar acompanhar esse trabalho desde o início sempre aceitando os convites em cima da hora, obrigada professor.

As empresas que concederam os dados pluviométricos essenciais para execução dessa pesquisa, muito obrigada.

A todos, meu muito obrigada!!

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do uso e cobertura do solo na dinâmica do escoamento superficial da bacia do Capivari, visando fornecer subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos da área. Para alcançar o objetivo proposto, foi feita a análise das mudanças no uso e cobertura do solo da bacia do Capivari, a partir de imagens de satélites da série Landsat referentes aos anos de 1973, 1994, 2000, 2003, 2014 e 2017 disponíveis no site do INPE e USGS. As imagens foram submetidas a classificação de uso e cobertura, no software SPRING, utilizando a segmentação e o classificador Bhattacharya. A caracterização morfométricas foi feita no software Quantum GIS, utilizando o MDE do ALOS/PALSAR de 12,5m. O escoamento foi determinado a partir do método CN e modelagem em ambiente SIG. A partir dos resultados foi possível concluir que a bacia do Rio Capivari não apresenta propensão a enchentes, porém acredita-se que a predominância das altas declividades nas áreas de drenagem, aliados a falta de vegetação ciliar, favoreça o aumento da vulnerabilidade a erosão; a vegetação natural é escassa na maior parte da bacia, que apresenta vegetação adequada apenas nas áreas próximas a foz, sendo perceptível o impacto direto das mudanças de uso e cobertura na manutenção do fluxo hídrico do Rio; as maiores taxas de precipitação, as características do solo e a maior declividade na foz, influenciaram a maior vulnerabilidade ao escoamento, segundo o modelo proposto, porém as APPs mais conservadas tem sido efetivas na manutenção da perenidade do Rio Capivari nessas áreas; as áreas consideradas mais críticas em relação ao risco de erosão hídrica para o ano de 2017 foram as do médio Capivari, pois apresentaram alta pluviosidade em determinados meses, porém não apresentam APPs nas áreas de mata ciliar nem nos topos de morro, o que favorece ainda mais a vulnerabilidade dessas áreas à erosão. Por fim, acredita-se que o modelo proposto apresentou bons resultados permitindo a determinação das áreas mais suscetíveis ao escoamento dentro da bacia do Capivari.

Palavras-Chave: Planejamento, Gestão ambiental, conservação, recursos hídricos.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of land use and cover on the surface runoff dynamics of the Capivari Basin, aiming to provide subsidies for the planning and management of the region's water resources. In order to reach the proposed goal, the analysis of the changes in the land use and cover of the Capivari Basin was made, based on satellite images of the Landsat series for the years 1973, 1994, 2000, 2003, 2014 and 2017 available on the website of INPE and USGS. The images were submitted to classification of use and coverage, in the SPRING software, using segmentation and the Bhattacharya classifier. The morphometric characterization was done in Quantum GIS software, using the ALOS/PALSAR DEM of 12.5m. The runoff was determined from the CN method and modeling in GIS environment. From the results, it was possible to conclude that the Capivari River Basin is not prone to flooding, but it is believed that the predominance of high declivity in the drainage areas, together with the lack of riparian vegetation, favors an increase in vulnerability to erosion. The natural vegetation is scarce in most of the basin, which presents adequate vegetation only in the areas close to the mouth, being noticeable the direct impact of the changes of use and cover in the maintenance of the water flow of the river. The higher precipitation rates, the soil characteristics and the greater declivity in the river mouth, influenced the greater vulnerability to the runoff, according to the proposed model, but the most conserved PPAs have been effective in maintaining the perenniality of the Capivari River in these areas. The areas considered most critical in relation to the risk of water erosion for 2017 were those of the medium Capivari, since they presented high rainfall in certain months, but did not present PPAs in the areas of riparian forest or in the tops of the hill, which also increase the vulnerability of these areas to erosion. Finally, it is believed that the proposed model presented good results allowing the determination of the most susceptible areas to the runoff inside the Capivari Basin.

Keywords: Planning, Environmental management, conservation, water resources.

LISTA DE FIGURAS

1. Componentes do ciclo hidrológico	22
2. Localização da área de estudo.....	28
3. Solos presentes na Bacia do Capivari.....	31
4. Distribuição espacial dos dados pluviométricos disponíveis na área de estudo.....	37
5. Drenagem da Bacia do Rio Capivari.....	41
6. Mapa declividade	42
7. Mapa de altitude	43
8. Mapa de uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Capivari-BA, 1973.....	44
9. Mapa de uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Capivari-BA, 1994.....	45
10. Mapa de uso e cobertura do solo Bacia do Rio Capivari-BA, 2000.....	46
11. Mapa de uso e cobertura do solo Bacia do Rio Capivari-BA, 2003.....	47
12. Mapa de uso e cobertura do solo Bacia do Rio Capivari-BA, 2014.....	48
13. Mapa de uso e cobertura do solo Bacia do Rio Capivari-BA, 2017.....	49
14. Trecho do Rio Capivari que passa por cruz das almas com ausência de mata ciliar.....	50
15. Presença de vegetação ciliar natural	50
16. Registros fotográficos da área de nascente do Rio Capivari.....	51
17. Fluxo hídrico e cobertura vegetal	52
18. Comportamento da infiltração para a Bacia do Rio Capivari no ano de 2017.....	53
19. Comportamento do escoamento superficial na Bacia do Rio Capivari.....	55
20. Taxa de escoamento superficial na Bacia do Rio Capivari no ano de 2017.....	58

LISTA DE TABELAS

1. Classificação climática dos Municípios da Bacia do Capivari	29
2. Dados secundários utilizados na pesquisa.....	32
3. Chave de classificação de uso e cobertura da Bacia do Rio Capivari	36
4. Grupo hidrológico dos solos da Bacia do Rio Capivari.....	38
5. Tabela de valores CN modificada para a Bacia do Capivari.....	39
6. Valores d referentes às classes de declividade.....	40
7. Percentual de áreas ocupadas por cada classe.....	43

LISTA DE EQUAÇÕES

1. Coeficiente de Compacidade.....	33
2. Índice de Circularidade.....	33
3. Fator de Forma.....	34
4. Retenção Máxima.....	39
5. Coeficiente de <i>Runoff</i>	39
6. Infiltração Cumulativa.....	40
7. Escoamento Dinâmico.....	40
8. Taxa de Escoamento.....	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVO.....	12
2.1. Objetivo Geral.....	12
2.2. Objetivos Específicos.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Recursos hídricos: Panorama atual.....	13
3.2. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão.....	16
3.3. Fatores de degradação em Bacias Hidrográficas.....	18
3.4. Componentes hidrológicas.....	21
3.5. Utilização das Geotecnologias para estudos ambientais.....	24
3.6. Levantamento de Uso e Cobertura do Solo.....	26
4. METODOLOGIA.....	28
4.1. Caracterização da área de estudo.....	28
4.1.1. Clima e Vegetação.....	29
4.1.2. Solo.....	29
4.2. Materiais e Métodos.....	32
4.2.1. Dados utilizados.....	32
4.2.2. Classificação Morfométrica.....	32
4.2.3. Classificação de Uso e Cobertura do Solo.....	34
4.2.3.a. Definição da Escala Temporal.....	34
4.2.3.b. Pré-processamento.....	34
4.2.3.c Processamento.....	35
4.2.4. Interpolação dos dados de Precipitação.....	37
4.2.5. Determinação da infiltração cumulativa – Método da Curva Número.....	38
4.2.6. Determinação das áreas susceptíveis ao escoamento dinâmico.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41

5.1. Caracterização Morfométricas da Bacia.....	41
5.2. Classificação de uso e cobertura.....	43
5.3. Escoamento Superficial	52
6. CONCLUSÕES.....	59
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	60
10. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	61

INTRODUÇÃO

A degradação ambiental, em decorrência dos processos de exploração de recursos naturais é um cenário comumente encontrado na observação da paisagem em boa parte do território brasileiro. Em um momento em que as discussões científicas ligadas ao meio ambiente estão em foco tendo como pauta prioritária a escassez de recursos, estudar os fatores que influenciam diretamente sua degradação e desenvolver ações que visem a mitigação destes, deve se tornar prioridade na esfera governamental.

Pensando nessa perspectiva, Macedo & Bertolini (2008) trazem o conceito de paisagem como um recurso aplicável ao planejamento e gestão ambiental, pois permite a compreensão dos processos através de uma perspectiva integrada dos fenômenos dinâmicos da natureza. Partindo dessa abordagem, uma unidade de paisagem comumente utilizada na elaboração de diretrizes para o planejamento racional do uso e da ocupação do solo com fins de conservação dos recursos naturais é a Bacia Hidrográfica (BRASIL, 1997).

Entendendo o importante papel que o estudo do meio físico e adequada correlação das informações ambientais disponíveis, representam na criação de alternativas adequadas de intervenção no meio para garantir desenvolvimento humano em maior equilíbrio com os recursos e os aspectos físicos do espaço (MACEDO & BERTOLINI, 2008), conhecer a bacia hidrográfica torna-se fundamental.

Dada a importância do bom gerenciamento dos recursos presentes em bacias hidrográficas, várias metodologias foram desenvolvidas com o intuito de levantar informações para fins de planejamento e gestão dessas áreas. Conhecer a dinâmica das modificações ocorridas ao longo do tempo, suas consequências e implicações na manutenção e conservação dos recursos naturais (componentes bióticos e abióticos) se torna sumariamente importante, principalmente, frente aos desafios impostos pelos cenários atuais de conflitos e aumento da demanda por recursos, em esfera local, regional, nacional e mundial.

OBJETIVO

Objetivo Geral

Demonstrar a influência do uso e cobertura do solo na dinâmica do escoamento superficial da bacia do Capivari.

Objetivos Específicos

- Mapear o uso e cobertura da terra e remanescentes florestais na Bacia do Capivari;
- Analisar a dinâmica de modificação ocorrida na cobertura vegetal;
- Analisar o comportamento do escoamento superficial a partir das informações de uso, cobertura, precipitação e infiltração;
- Propor recomendações tendo em vista a conservação, manutenção e perpetuação dos recursos naturais na área de estudo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Recursos hídricos: Panorama atual

A utilização irracional dos recursos naturais para suprir as demandas decorrentes do crescimento populacional, pode acarretar consequências ambientais severas (MINELLA et al., 2010) limitando esses recursos e por vezes, sendo foco de conflitos socioambientais. Segundo Gurãu & Dana (2017) a pressão social e econômica sobre os ecossistemas naturais culminou para o atual cenário de crise ambiental vivenciado em escala global.

A exploração de recursos faz parte da história dos seres humanos. Com o desenvolvimento da sociedade essa exploração tornou-se cada vez mais intensa e insustentável. Em 1997, Grodard deixou clara a necessidade da tomada de consciência por parte da população de que o modelo de desenvolvimento econômico e tecnológico estava diretamente ligado à degradação ambiental, tornando-se necessário refletir sobre tal modelo, sendo as consequências desta situação notadas na poluição e na diminuição ou escassez dos recursos naturais.

As transformações provocadas no ambiente, modificando a dinâmica dos processos naturais, citando-se: ocupações inadequadas, desmatamentos, erosões, assoreamento de corpos hídricos (ZANATA *et al.*, 2016) e suas consequências, provocaram uma maior conscientização levando ao panorama atual de crescente preocupação com o meio ambiente (seja ele físico, biológico ou social), tendo em vista os impactos naturais sociais e econômicos que refletem diretamente na diminuição da qualidade de vida da população (BENDA *et al.*, 2007).

A escassez dos recursos naturais em escala mundial representa um dos motivos que tem influenciado as pesquisas na esfera ambiental. A preocupação com a destinação correta de resíduos, conservação de áreas verdes, produção de energia limpa e sustentável e a maior preocupação com a saúde ambiental, são reflexos dos impactos da má gestão ambiental e exploração irracional de recursos naturais, que são sentidos diretamente na qualidade de vida da população.

Estudando justamente a consciência ambiental dos moradores do entorno dos rios Zarjub e Goharrud na cidade de Rasht, no Irã, rios que tiveram suas águas poluídas devido à industrialização e crescimento populacional, Noorhosseini *et al.* (2017) obtiveram

resultados que demonstraram a maior conscientização dos moradores do entorno da área de estudo em face as consequências vivenciadas.

Segundo Yu *et al.* (2016), a China é um exemplo de país que experimentou um rápido desenvolvimento industrial às custas do esgotamento de recursos e danos ao ecossistema. Estudando 30 províncias chinesas com o auxílio do SIG, esses autores detectaram as diferentes taxas de consumo de recursos naturais renováveis e não-renováveis, propondo que fosse adotada uma melhor gestão em esfera local, enfocando o uso sustentável evitando assim sua escassez.

Hanif & Santos (2016), ressaltam a situação dos países em desenvolvimento que possuem como foco o crescimento econômico acelerado, demonstrando pouco interesse em harmonizar o processo com a conservação ambiental tão discutida mundialmente. Esses autores afirmam que o desenvolvimento a logo prazo pode diminuir a degradação, porém o processo de desenvolvimento em si, em um contexto de aumento da população e instabilidade econômica, é fonte direta de degradação ambiental, ou seja, a melhor saída é conciliar as atividades econômicas com a proteção ambiental.

Muitos outros países ao redor do mundo, também colocaram em pauta as questões ambientais, investido esforços nas pesquisas direcionadas mitigar impactos e solucionar, principalmente a escassez de recursos hídricos, tendo em vista a manutenção da disponibilidade destes para o consumo humano e as diferentes atividades em que é empregado.

Assim, a água está inserida nesse contexto como recurso de suma importância para todos os seres vivos, sendo essencial para o desenvolvimento de várias atividades humanas, diversos processos industriais, além da manutenção e do equilíbrio dos ecossistemas terrestres (CASTRO, 2012), constituindo-se a base da maioria das estratégias gerais e especializadas de desenvolvimento (KOSOLAPOVA *et al.*, 2017).

Ainda que a água seja considerada um recurso renovável, a degradação dos ambientes naturais e a exploração descontrolada têm interferido na resiliência desse recurso, tornando-o limitado. O crescimento populacional, a industrialização e a expansão da agricultura são citados como principais responsáveis pelo atual quadro de escassez, fazendo com que esse tema passasse a fazer parte das discussões políticas, sociais, econômicas e acadêmicas (CASTRO, 2012). Segundo Brandão *et al.* (2006) a quantidade

de água disponível para cada habitante do planeta vem diminuindo, não existindo mais água suficiente para suprir os múltiplos usos nas épocas de estiagem.

O Brasil, segundo a Agência Nacional de Águas – ANA, possui em seu território em torno de 12% da água doce disponível no planeta, porém aproximadamente 80% dessa água está na região norte, que possui apenas 5% da população do país, enquanto que, nas regiões próximas ao Oceano Atlântico estão distribuídos menos de 3% dessa água. A bacia do Rio Capivari está inserida justamente nessa área com menor porcentagem de distribuição natural de água, na Região Hidrográfica Atlântico Leste, que possui a segunda menor disponibilidade hídrica, dentre as doze regiões hidrográficas do Brasil, área que constantemente sofre com a escassez desse recurso (ANA, 2017).

A demanda cada vez maior por água de qualidade, aliada à frequência de eventos climáticos extremos de seca prolongada, demonstra a necessidade de um maior esforço no intuito de manter o potencial dos ambientes naturais na disponibilidade dos recursos hídricos (TAMBOSI *et al.*, 2015), sendo dever da sociedade atual aperfeiçoar a gestão dos recursos naturais, buscando suprir a necessidade atual sem comprometer a futura (MINELLA *et al.*, 2010).

Rowe *et al.* (2017), fazem uma abordagem pertinente da situação ambiental vivenciada atualmente. Segundo os autores, a maioria da comunidade científica, concorda que as condições climáticas estão evoluindo, o que antes foram considerados casos extremos (por exemplo, seca severa, eventos chuvosos intensos, etc.) parecem ocorrer com maior frequência do que as estatísticas históricas previam. Esse quadro, aponta para incertezas na demanda de água, nas mudanças nos ecossistemas, na mudança das temperaturas e nos eventos de seca; e isso acarreta mais incerteza na gestão ambiental: viabilidade técnica incerta, custos incertos e aceitação social incerta.

Nesse sentido, Tundisi (2008) ressalta que é fundamental desenvolver estudos estratégicos envolvendo os recursos hídricos, com a finalidade de promover visões e cenários de longo prazo que estimulem políticas públicas consolidadas, uma vez que a solução para os problemas envolvendo esses recursos devem ser enfrentados a partir da melhor governança em nível de bacias hidrográficas e desenvolvimento de tecnologias avançadas de monitoramento e gestão, ampliando a participação da comunidade (usuários e público em geral) nesse processo.

Há também, a necessidade da integração entre as políticas de recursos hídricos com outras políticas (sociais, saneamento) e com a gestão de uso e ocupação do solo, visando minimizar as vulnerabilidades e injustiças ambientais intensificadas pelo processo de desenvolvimento (FRACALANZA *et al.*, 2013). Assim, ressalta-se a necessidade de pesquisas direcionadas ao levantamento de informações que irão auxiliar gestores na tomada de decisão relacionada à aplicação das políticas de proteção, preservação e recuperação ambiental dos recursos hídricos.

Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão ambiental

A bacia hidrográfica é um ambiente dinâmico, possuindo uma cadeia de interdependência entre seus compartimentos (atmosfera – precipitação, cobertura vegetal, relevo, solo e água), sendo definida como uma área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo delimitada pelos divisores de água (BOTELHO, 2012), ou ainda, como uma área de captação natural de água da precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, seu exutório (GONÇALVES & BATISTA, 2015).

Segundo Tucci & Mendes (2006) um rio possui geralmente, um trecho superior onde a declividade não é muito grande, seguido por um trecho médio de grande declividade e no seu trecho inferior a declividade é pequena, sendo considerada a bacia, toda a área que contribui por gravidade para os rios, definida pela topografia da superfície e influenciada também pela geologia do subsolo.

As características principais de uma bacia são: área de drenagem, comprimento do rio principal e declividade. A área da bacia possui influência direta na quantidade de água produzida enquanto que a forma do relevo atua na taxa ou regime dessa produção de água, assim como a taxa de sedimentação (BELLUTA *et al.*, 2014).

Segundo a PNRH (Lei 9.433, 1997), a bacia hidrográfica representa a unidade territorial fundamental para aplicação das medidas de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Para Finotti *et al.* (2011) essa abordagem “se deve ao fato da bacia hidrográfica ser a unidade ecossistêmica e morfológica que melhor reflete os impactos das interferências antrópicas”. Assim, a bacia é a unidade funcional da paisagem que mais favorece e se ajusta aos objetivos de planejamento, gestão e execução de ações

(BRAGAGNOLO, 2010), além disso, essas áreas possuem limites definidos que independe da divisão política dos municípios (BOTELHO, 2012; MELO *et al.*, 2016).

No Brasil a utilização da bacia hidrográfica como unidade fundamental nas pesquisas científicas foi iniciada na década de 80 (BOTELHO, 2012). Em síntese, segundo Pires *et al.* (2002) o uso da bacia hidrográfica para gerenciamento da paisagem é eficaz pois permite a utilização de uma abordagem que adeque o desenvolvimento econômico e social à conservação dos ecossistemas naturais, contando com a participação da sociedade na tomada de decisões e a combinação de investimentos públicos em conjunto com a aplicação dos princípios ambientais do usuário-pagador e poluidor-pagador.

Assim, levando em consideração o planejamento ambiental em consonância com a conservação dos recursos naturais, a bacia hidrográfica pode ser definida como uma unidade de gestão da paisagem, abrangendo o meio físico e biológico incluindo as mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais (PIRES *et al.*, 2002; BELLUTA *et al.*, 2014).

Pires *et al.* (2002) destacam que o gerenciamento das bacias a longo prazo, deve buscar alcançar a equidade social, econômica e ambiental, ou seja, desenvolvimento ambientalmente sustentável dentro de um determinado espaço funcional (PIRES *et al.*, 2002).

Dessa forma, torna-se fundamental entender os conceitos referentes ao tema, além dos elementos ambientais envolvidos, tendo em vista que o desenvolvimento da sociedade provoca alterações que influenciam na estrutura física, no aporte de sedimentos, na composição da biota, no regime hidráulico e no fluxo de matéria e energia dessas áreas (FINOTTI *et al.*, 2011).

Deste modo, as atividades desenvolvidas dentro de áreas de bacias hidrográficas, necessitam ser bem planejadas, pois essas podem gerar consequências que tem impacto diretamente na disponibilidade dos recursos hídricos. Assim, é imprescindível a realização de levantamentos que auxiliem na identificação dos fatores que exercem maior pressão dentro de uma bacia hidrográfica, fornecendo aos gestores informações da

qualidade ambiental e norteando a tomada de decisão para o gerenciamento eficaz da área (FELIPE *et al.*, 2016).

Fatores de degradação em Bacias Hidrográficas

Um dos principais fatores que influenciaram a ocupação do território brasileiro foi a distribuição espacial das águas. A colonização de áreas situadas próximas à mananciais hídricos superficiais e/ou subterrâneos que possuíssem potencial para o consumo humano contribuiu com o surgimento da maioria dos centros urbanos (FELIPE *et al.*, 2016). Segundo Felipe *et al.* (2016), entre o período colonial e o Século XX, o principal meio de chegar a muitas zonas no interior do país era a navegação, existindo ainda hoje, bacias como as do Amazonas e do Paraná apresentando rios com importante transporte de mercadorias e pessoas por meio da navegação.

A partir do século XX, o crescimento das atividades econômicas, o surgimento das indústrias e aumento na exportação, influenciaram o desenvolvimento da agricultura irrigada e a exploração e beneficiamento de minérios, tornando a distribuição dos recursos hídricos ainda mais determinante (FELIPE *et al.*, 2016). Com passar dos anos, e o crescimento da população, houve também uma maior demanda por infraestrutura o que provocou a aceleração da expansão urbana entre as décadas de 1960 a 1980, gerando uma série de mudanças fisiográficas na paisagem (VIEIRA *et al.*, 2016).

A ocupação das áreas próximas ao leito dos rios e os diferentes usos modificando a paisagem natural, quando não vem acompanhados do planejamento adequado e de práticas que proporcionem conservação dos recursos naturais presentes na bacia, acarretam consequências indesejáveis, sendo citado por Zanata *et al.* (2012), desequilíbrio ambiental, alteração da composição dos solos, danos a fauna, flora e corpos hídricos que ficam sujeitos ao assoreamento e à contaminação.

Dentre os fatores de interferência antrópica que influenciam a degradação nas áreas de bacia hidrográfica cita-se a retirada da vegetação. Uma bacia hidrográfica apresenta áreas onde é imprescindível a manutenção da vegetação natural de forma permanente pois, são mais susceptíveis a processos erosivos, sendo elas: as áreas de alta declividade, os topos de morro e as Matas Ciliares (que se localizam nas bordas dos cursos d'água).

A normativa que trata da proteção das áreas com cobertura nativa é a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, que normatiza as Áreas de Preservação Permanente (APPs) tendo em vista o papel fundamental que elas desempenham, definindo essas áreas como: “*área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.*”

A Lei 12.651 determina também a área mínima para as faixas de Mata Ciliar nas bordas dos cursos de água naturais, ou intermitentes e áreas de nascentes, bem como a condição de APP para a vegetação localizada nas encostas (>45° de declividade) e nos topos de morro, montes ou montanhas (altitude mínima de 100m e inclinação >25°) (BRASIL, 2012).

A mudança de uso nas áreas de Apps, principalmente aquelas que deveriam estar ocupadas por matas ciliares é considerada por Gupta *et al* (2017), como a ameaça mais significativa para manutenção da qualidade ambiental dentro de uma bacia hidrográfica. Essa cobertura desempenha papel fundamental na conservação do solo e proteção de encostas diminuindo o escoamento superficial e regulando o fluxo hídrico nos cursos d’água (BENDA *et al.*, 2007).

A alteração da vegetação original influencia diretamente na disponibilidade dos recursos hídricos tanto em termos quantitativos, quanto qualitativos (FELIPPE *et al.*, 2016). Para Zanata *et al.* (2012), a vegetação presente nas margens dos corpos d’água tem uma função importante no controle da erosão consequentemente, evitando o assoreamento dos rios e nascentes. Os mesmos autores, estudando a ocupação do solo nas áreas de preservação permanente da bacia de Ribeirão do Bonito, evidenciaram que apesar de haver áreas adequadas (vegetadas), ao longo da bacia, vários pontos apresentaram processos erosivo e assoreamento, o que poderia ser mitigado se houvesse uma cobertura vegetal mais densa. Dentre os usos inadequados dados as áreas de mata ciliar os autores, relatam: lavoura, pastagem, reflorestamento, infraestruturas e áreas degradadas, sendo o maior conflito ligado a áreas de nascente ocupadas com pastagens e lavouras.

Vieira *et al.* (2016) concordam que a remoção da vegetação favorece o processo de erosão nas margens dos corpos d'água, além de interferir no balanço hidrológico, contribuindo para a redução da capacidade de infiltração. Esse problema pode ser agravado quando a cobertura vegetal é retirada de solos que já possuem susceptibilidade natural a erosão, e esses passam ser utilizados para agropecuárias, aumentando a taxa de escoamento superficial durante os eventos chuvosos acelerando o processo de degradação (BENDA *et al.*, 2007).

O serviço ambiental que a cobertura florestal exerce na conservação dos recursos hídricos está diretamente ligado a redução no aporte de sedimentos (FERNANDES *et al.*, 2014), atuando na redução da erosão, compactação e selamento que o impacto da gota de chuva causaria no solo descoberto, aumentando a infiltração (SPERANDIO, *et al.*, 2012) e atenuando o processo de arraste de sedimentos das partes de maior altitude (BELLUTA *et al.*, 2014). Dessa forma, os diferentes usos e coberturas encontrados em uma bacia influenciam significativamente na produção específica e na concentração de sedimentos, bem como na vazão das bacias hidrográficas (APARECIDO *et al.*, 2016).

Outro fator de degradação em bacias hidrográficas é a erosão hídrica. Apesar de ser considerado um processo geomórfico natural (APARECIDO *et al.*, 2016), a erosão tende a intensificar-se em decorrência do uso e ocupação inadequados (MINELLA *et al.*, 2010), práticas agrícolas intensivas e falta de manejo adequado nas áreas cultivadas (COSTA *et al.*, 2016). Dentre essas consequências, cita-se o empobrecimento do solo pela perda de nutrientes e matéria orgânica, assoreamento e diminuição na disponibilidade hídrica, além de contaminação dos recursos hídricos por insumos utilizados na agricultura, como fertilizantes e agrotóxicos (CECÍLIO *et al.*, 2009; SUZUKI *et al.*, 2012; SPERANDIO, *et al.*, 2012).

Esse tipo de erosão representa o maior fator de degradação de solos (SPERANDIO, *et al.*, 2012) provocando, segundo Minella *et al.* (2010), impactos no ambiente tanto “no local” onde ocorre, como também “fora do local”, sendo os principais efeitos “fora do local”, a redução da qualidade da água e à degradação dos ecossistemas aquáticos.

Uma das principais consequências da erosão é o assoreamento dos corpos d'água, que pode ser definido como a elevação de uma superfície por deposição de sedimentos. Os sedimentos carregados são normalmente depositados em cursos d'água diminuindo a

sua calha de escoamento o que está relacionado com as enchentes, inundações das áreas ribeirinhas e dos núcleos urbanos próximos (BENDA *et al.*, 2016). Assim, as consequências do assoreamento, são sentidas dentro da bacia e por outros agentes econômicos que compartilham este recurso fora dela (FERNANDES *et al.*, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Para Minella *et al.* (2010), considerar as consequências dos processos erosivos fora do local é fundamental. Nesse sentido, a bacia hidrográfica apresenta-se como a unidade mais adequada para compreensão da erosão (destacamento, transporte e deposição), necessitando de uma abordagem multidisciplinar, abrangendo áreas como geomorfologia, ciência do solo e hidrologia, uma vez que o uso e ocupação dos solos associados às características das bacias interferem na produção de sedimentos que alteram a qualidade e a disponibilidade de água (APARECIDO *et al.*, 2016).

Essas alterações ocorrem geralmente à longo prazo, porém, tendem a ser expressivamente severas, podendo reduzir a disponibilidade dos mananciais na oferta de recursos hídricos, afetando diversos setores da sociedade. Nesse sentido, as diretrizes presentes na PNRH destacam que a gestão dos recursos hídricos deve ser feita em conjunto com a gestão ambiental (BRASIL, 1997), uma vez que, as alterações provocadas no ambiente têm impacto direto nesses recursos.

Componentes hidrológicas

Ao caracterizar uma bacia hidrográfica um importante aspecto a ser levado em consideração é o comportamento das variáveis hidrológicas. O ciclo hidrológico é o elemento fundamental da hidrologia, representando a água em fases distintas e independentes, desde a ocorrência de precipitações até seu retorno à atmosfera sob a forma de vapor (ZANETTI, 2007).

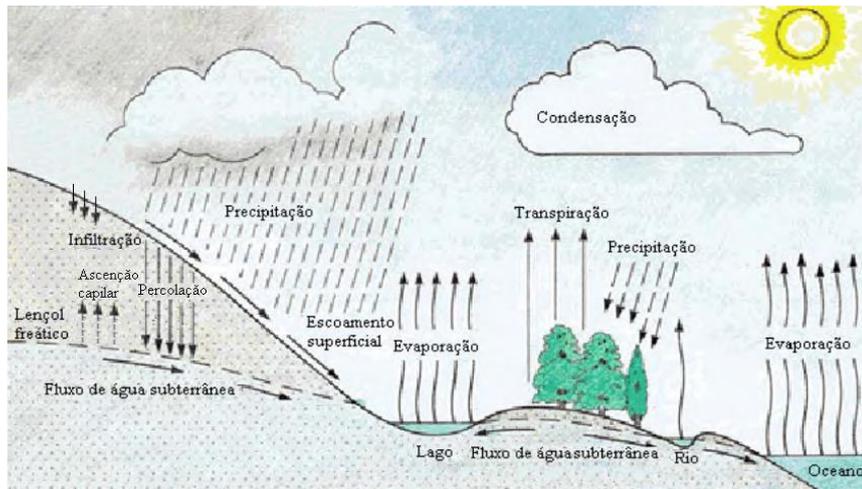


Figura 01: Componentes do ciclo hidrológico. Fonte: Zanetti (2002)

Quando ocorre um evento de chuva, a água que cai na forma líquida pode percorrer diferentes rotas, sendo elas: infiltração, escoamento subterrâneo, escoamento superficial, evaporação e evapotranspiração (para água absorvida pelas plantas). Dentre esses fatores destaca-se o escoamento superficial, responsável pelo carreamento de partículas de solo, nutrientes e poluentes para as partes mais rebaixadas da paisagem, ocasionando perda de solo, de fertilidade, assoreamento e poluição dos corpos hídricos.

O escoamento superficial é um processo de deslocamento da água sobre a superfície do solo e a sua intensidade varia em função de fatores agroclimáticos (intensidade e duração da precipitação, cobertura, uso do solo e evapotranspiração) e fisiográficos (área, declividade, forma da bacia, etc.) presentes na área (ZANETTI, 2007).

Um processo antagônico ao escoamento superficial é a infiltração, quando a água atravessa a superfície do solo, sendo responsável, em última análise, pela manutenção dos aquíferos e da vazão dos rios nos períodos de estiagem (BRANDÃO *et al.*, 2006), podendo também representar um fator de poluição das águas subterrâneas carregando agentes poluentes da superfície. Conhecer o processo de infiltração de água no solo é de fundamental importância para o manejo e conservação do solo e da água, principalmente com fins a erosão resultante do escoamento superficial (BRANDÃO *et al.*, 2006).

Vários fatores interferem na taxa de infiltração. Dentre esses fatores destacam-se os relacionados às características do solo, à cobertura da superfície e o preparo e manejo do solo (BRANDÃO *et al.*, 2006).

As características químicas, físicas e mineralógicas dos solos influenciam na maior ou menor porcentagem de infiltração. Solos arenosos por exemplo (textura grossa) apresentam uma maior quantidade de macroporos, proporcionando uma maior taxa de infiltração do que um solo de textura argilosa (textura fina) (BRANDÃO *et al.*, 2006). Outras características como densidade, umidade, conteúdo de matéria orgânica e conteúdo de argilas expansíveis também influenciam o processo de infiltração (BRANDÃO *et al.*, 2006).

Os diferentes usos do solo e o tipo de cobertura encontrada na superfície também influenciam na taxa de infiltração e conseqüentemente na taxa de escoamento. Destaca-se o papel fundamental da cobertura vegetal na conservação do solo, que por sua vez sofre menor efeito do escoamento superficial da água, auxiliando assim na maior taxa de infiltração. Assim, o papel da cobertura vegetal é considerado crucial, pois diminui o carreamento de partículas que poderiam causar assoreamento de corpos d'água e ajuda na manutenção das águas subterrâneas auxiliando na infiltração (VANZELA *et al.*, 2010).

Segundo Zanetti (2007), compreender os processos envolvidos nesse ciclo é indispensável na gestão dos recursos hídricos, pois o comportamento da água nos diferentes compartimentos (atmosfera, superfície, corpos hídricos) influencia diretamente a disponibilidade hídrica, ocorrência de inundações e a dinâmica de elementos nutrientes e poluentes.

Os processos envolvidos no ciclo hidrológico podem ser analisados por uma diversidade de métodos dentre os quais se destaca a modelagem. Um modelo é uma representação simplificada da realidade que auxilia o pesquisador a entender os processos que a envolvem, sendo crescente sua utilização em estudos ambientais, ajudando a entender o impacto das mudanças no uso e cobertura da terra e prever alterações futuras nos ecossistemas (RENNÓ, 2003).

Dentre as várias aplicações da modelagem ambiental, tem-se a modelagem hidrológica. Segundo Rennó (2003), atualmente podem ser encontrados vários modelos desse tipo na literatura, os quais descrevem a distribuição espacial da precipitação, as perdas por interceptação, evaporação, o movimento da água no solo causado pela infiltração, percolação, entrada e saída de água subterrânea, e o escoamento superficial e

sub-superficial nos canais de escoamento, ou seja, procura-se simular o percurso da água desde a precipitação até a saída do sistema.

Entre os modelos hidrológicos mais utilizados pode-se citar o TOPMODEL (RANZINI, 2002; ROCHA FILHO, 2010) que utiliza séries hidrológicas de vazão observada, precipitação e evapotranspiração potencial e o SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) que permite uma avaliação continuada dos fenômenos hidrológicos projetando as tendências e os efeitos sob mudanças climáticas e alterações no uso do solo (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Entretanto, em contrapartida aos bons resultados alcançados por esses modelos, tem-se limitações relacionada às variáveis utilizadas para gerar os resultados, principalmente, a indisponibilidade de dados meteorológicos e/ou de vazão quando se trata de bacias hidrográficas menores, nesse caso, métodos de interpolação e modelos mais simplificados são fundamentais e podem ser utilizados uma vez que apresentam resultados satisfatórios (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Utilização das Geotecnologias para estudos ambientais

Uma das ferramentas mais utilizadas na análise e monitoramento da situação ambiental é o geoprocessamento, definido por Fernandes *et al.*, (2011) como o conjunto de tecnologias aplicadas à coleta e ao tratamento de dados espaciais.

Segundo Bozetti & Silveira (2014) o geoprocessamento tem ganhado grande importância para aquisição de informações relacionadas a pesquisas em diversas áreas do conhecimento, tais como o planejamento urbano, recursos naturais, comunicação, transportes, entre outros, acreditando assim, que a abrangência das técnicas de geoprocessamento está ligada principalmente às múltiplas abordagens disponíveis e a rapidez na geração dos resultados.

Além disso, outra vantagem ligada às geotecnologias é a espacialização dos fenômenos naturais e antrópicos para a tomada de decisão relacionada a gestão ambiental, permitindo que “os fenômenos impressos na paisagem sejam registrados nas imagens produtos do sensoriamento remoto, sendo possível identificar, calcular e monitorar o crescimento de áreas desmatadas, impermeabilizadas, bem como áreas submetidas a processos de erosão” (ZANATA *et al.*, 2012).

No entanto, para Meneses (2012), esse avanço na área está relacionado ainda mais com o avanço do sensoriamento remoto. Segundo o autor, a melhoria na resolução espectral e espacial das imagens possibilitou um maior emprego dessas técnicas, possibilitando levantamentos de recursos naturais, mapeamentos temáticos, entre outras aplicações, tornando-se uma tecnologia empregada em escala mundial, reunindo uma multiplicidade de usuários.

Uma das vantagens das técnicas de sensoriamento remoto, diz respeito à possibilidade de monitorar a superfície terrestre continuamente, sendo possível, a percepção das mudanças ao longo dos anos, fator essencial para o monitoramento ambiental (MENESES, 2012).

Segundo Figueiredo (2005), o primeiro passo para o avanço na área de sensoriamento remoto foi o lançamento dos satélites de recursos naturais terrestres na década de 70. A partir desse ponto as pesquisas evoluíram e atualmente existe um grande número de satélites em órbita, adquirindo informações com alta precisão, que podem ser empregadas nos mais diversos estudos.

As informações geográficas coletadas através dos sensores remotos podem ser manipuladas e armazenadas em banco de dados ou Sistema de Informações Geográficas (SIG). Esse sistema é responsável por permitir a manipulação, sintetização, edição, pesquisa e visualização de informações geográficas armazenadas em bases de dados computacionais (FERREIRA, 2006). Assim, os SIGs aliados a técnicas de geoprocessamento possibilitam o monitoramento do ambiente permitindo a realização de estudos visando minimizar problemas ambientais (ZANATA et al., 2012).

Estrada & Estrada (2013) trazem uma abordagem da utilização do SIG na gestão ambiental. Os autores demonstram as várias aplicações dessa ferramenta, sendo de fundamental importância para o levantamento de informações relacionadas a limitações, abrangência e influências de áreas, visando fornecer aos gestores conhecimento necessário para que se possa proceder com o planejamento e gestão.

O SIG também é utilizado na gestão de bacias hidrográficas, possuindo como vantagem a flexibilidade e disponibilidade, permitindo sobrepor diversas informações espaciais, além da elaboração e manutenção de bancos de dados (PIRES *et al.*, 2002).

Essa característica de permitir a rápida geração nos resultados, possibilitando o estudo de inter-relações complexas entre diversos planos de informação temáticos bem como o incremento de novos dados ao longo do tempo, torna o SIG uma importante ferramenta para “geoplanejamento” e gestão do território (ZANATA et al., 2012).

Através dos SIGs ainda é possível utilizar a modelagem como ferramenta de previsão de possíveis respostas ambientais relacionadas ao cenário de uso e ocupação das áreas naturais, constituindo-se um subsídio na tomada de decisão no gerenciamento do espaço físico das bacias hidrográficas. (PIRES *et al.*, 2002)

Os bons resultados obtidos nas pesquisas utilizando geotecnologias dependem da aquisição dos dados de fontes confiáveis e validação dos resultados obtidos. Dentre as formas de validação, Estrada e Estrada (2013) citam os trabalhos de campo que também possibilitam a aquisição de informações adicionais, corroborando com Filgueira de Sá *et al.* (2010) quando defendem que o planejamento ambiental deve ser dinâmico, constando repetidamente de pesquisas de campo e escritório.

- **Levantamentos de Uso e Cobertura**

Dentre as pesquisas desenvolvidas com intuito de estudar a dinâmica das modificações que ocorrem na superfície de forma à auxiliar na gestão, na conservação e na manutenção dos recursos naturais estão os levantamentos de uso e cobertura do solo. A exploração dos recursos e suas consequências estão diretamente ligados ao uso e cobertura do solo, tornando esses levantamentos um dos principais instrumentos para subsidiar o planejamento e gestão que visem mitigar os conflitos socioambientais (MELO et al., 2016).

Levantamentos desse tipo possibilitam a aquisição de importantes informações relacionadas à garantia da sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas, ressaltando-se que estas pesquisas representam um “*instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental frente aos diferentes manejos empregados na produção*” (IBGE, 2012).

Segundo Kiel (2008), nas pesquisas envolvendo uso e cobertura é fundamental considerar a distinção entre eles pois, apesar desses termos estarem correlacionados não

são sinônimos. Assim o autor relaciona o uso do solo com as atividades humanas ou funções econômicas que são encontradas no local ou região do estudo e a cobertura às feições encontradas.

Ao se considerar a caracterização de uma bacia hidrográfica, é evidente a influência das atividades antrópicas comumente desenvolvidas, geralmente resultando em impactos significativos na disponibilidade dos recursos naturais. A origem e monitoramento dessas influências e o planejamento de ações que visem intervenção podem ser feitos a partir dos levantamentos de uso e cobertura.

Muitas pesquisas envolvendo uso e cobertura são especificamente direcionadas às APP's, estudando desde o estado de conservação até os conflitos ligados à sua degradação (COSTA *et al.* 2015; PEREIRA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.* 2015; LUPPI *et al.*, 2015). Outros estão direcionados ao estado de conservação dos recursos naturais ou o estado de degradação dos ambientes naturais e suas consequências.

Bastawesy & Ella (2017), pesquisando os impactos de uma inundação instantânea em sua área de estudo, descreveram a influência dos diferentes usos do solo na taxa de poluentes carregada para o corpo d'água. Já Fernandez *et al.* (2017), integra as informações de uso e cobertura do solo às condições morfológicas da área e clima, no estudo da vulnerabilidade a erosão.

Os levantamentos de uso e cobertura são amplamente difundidos na literatura e utilizam diferentes metodologias para produção dos mapas temáticos. Dentre essas metodologias interpretação das imagens obtidas por sensores orbitais de observação da superfície é a mais empregada. Segundo Leite e Rosa (2012), tais metodologias têm permitido a extração de informações atualizadas do uso e cobertura do solo, auxiliando assim no planejamento e na orientação da ocupação da paisagem, respeitando sua capacidade de suporte, fator especialmente importante quando se pensa na manutenção e na conservação dos ambientes naturais.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A Bacia do Rio Capivari está situada no Recôncavo da Bahia. O Rio Capivari, tem sua nascente na Vila de Petim, no município de Castro Alves, localizando-se na margem direita do baixo Paraguaçu, e sua foz está situada no município de São Felix sendo considerado pelo INEMA como um dos principais rios contribuintes do Rio Paraguaçu, juntamente com o Jacuípe, Santo Antônio, Utinga, Cochó e Una. A área da bacia compreende um total de sete municípios, sendo eles: Castro Alves, Sapeaçu, Cabaceiras do Paraguaçu, Cruz das Almas, Mangabeira, Muritiba e São Félix.

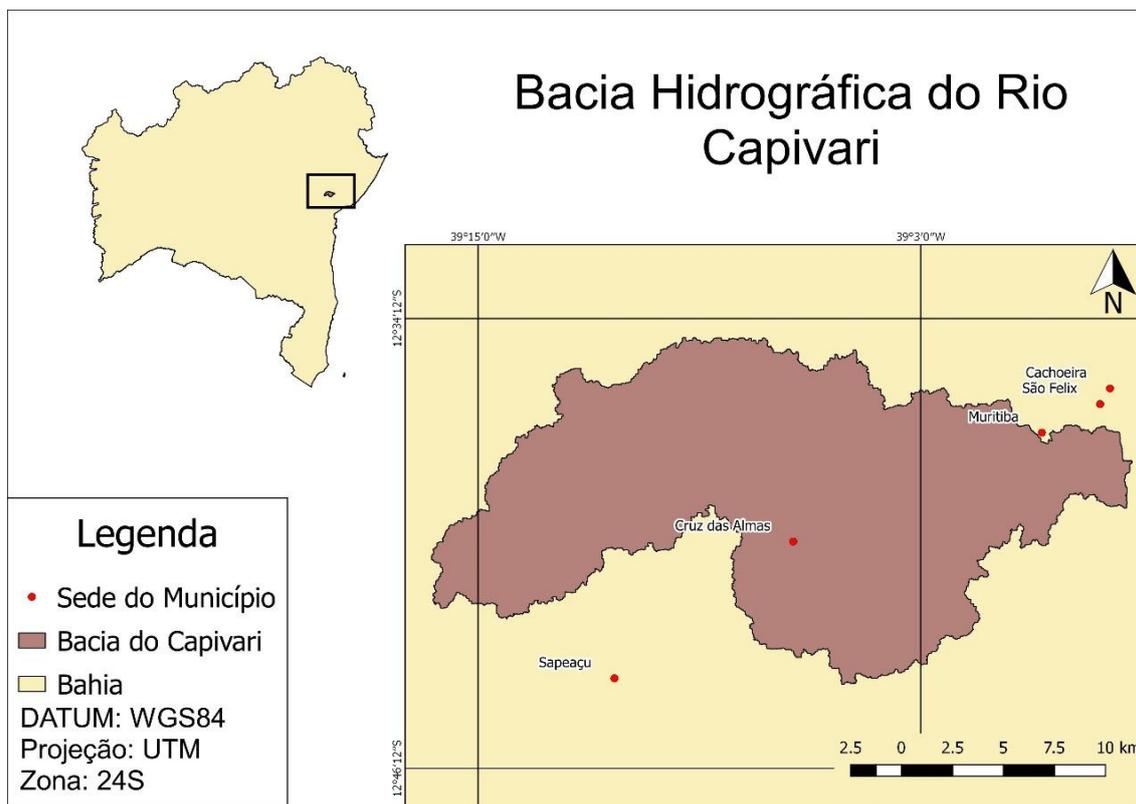


Figura 02: Mapa de localização da área de estudo.

A população estimada da região é 180.741 habitantes (IBGE, 2010). A ocupação dessa região se deu primeiramente pelo litoral, que além das riquezas naturais oferecidas pelo Bioma Mata Atlântica possuía a única via de contato político e comercial que se tinha com o exterior: os portos marítimos (SILVA, 2016). Além da abundância de água,

as terras propícias para o cultivo agrícola foram determinantes para a rápida ocupação e consequentemente perda da vegetação natural. Em consequência das modificações causadas na paisagem natural dessa região, muitas bacias hidrográficas foram degradadas, dentre estas, a Bacia do Rio Capivari.

- **Clima e Vegetação**

O clima da bacia é bastante diversificado e vai do semiárido ao úmido, com predominância do clima subúmido (tabela 01) e essa característica influencia diretamente a distribuição da precipitação e da vegetação dentro da área da bacia.

Tabela 01: Classificação climática dos Municípios da Bacia do Capivari (SEI, 2012).

Municípios	Clima
Castro Alves	Semiárido, subúmido a seco
Cabaceiras dos Paraguaçu	Semiárido
Sapeçu	Subúmido a seco
Cruz das Almas, Mangabeira e Muritiba	Subúmido
São Felix	Úmido

A precipitação dessa região apresenta ampla variância, indo desde 770 mm no semiárido (Castro Alves) à 1300 mm (São Felix), com concentração das chuvas no outono e inverno. A maior parte da bacia encontra-se na área abrangência da Mata Atlântica, especificamente Floresta Ombrófila Densa e Estacional Semidecidual (IBGE, 1994), apresentando alguns remanescentes com espécies secundárias desse bioma, já na parte semiárida da bacia o bioma dominante é a Caatinga.

- **Solo**

O solo predominante na bacia é o Latosolo Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 1976), solo tipicamente encontrado em áreas de tabuleiro costeiros (MOREAU *et al.*, 2006). Numa escala de maior detalhe, para o município de Cruz das Almas, pode-se citar 5 domínios de solos: “Latosolos desenvolvidos sobre material sedimentar ocupando área de relevo plano a suave ondulado; Argissolos predominando nas encostas mais íngremes;

Planossolos e os Luvissolos nos terços médios e inferiores das encostas; Gleissolos associados às zonas mais rebaixadas da paisagem (RODRIGUES *et al.*, 2009).

A classificação adotada nesta pesquisa é a da Embrapa (1976), onde são descritos 4 (quatro) domínios de solo para a bacia: Argissolos Vermelho-Amarelo, Chernossolo Háptico, Latossolo Amarelo Distrófico e Planossolo Hápticos.

Os Argissolos são solos constituídos por material mineral com argila de baixa atividade (SANTANA *et al.*, 2002) e compreendem os antigos Podzólicos Vermelhos-Amarelos, Vermelho Escuros, eutróficos, distróficos ou álicos, Podzólicos Amarelos, Terras Roxas Estruturadas e Terras Brunas Estruturadas; apresentam geralmente textura média ou arenosa variando, em sua maioria, de profundos a muito profundos (SARTORI *et al.*, 2005).

O Argissolo vermelho-Amarelo apresenta caráter arênico ou espessoarênico . (SARTORI *et al.*, 2005). Ocorrem em condições de relevo desde relativamente suavizado a mais ondulado, apresentam elevada susceptibilidade à erosão, possuindo fertilidade química predominantemente baixa (MARQUES *et al.*, 2014).

Os Chernossolos são ricos em bases e com argila de atividade alta, possuindo horizonte superficial enriquecido em matéria orgânica de cor escura, sendo desenvolvido a partir de rochas básicas, ricas em minerais ferromagnesianos e/ou calcário (MARQUES *et al.*, 2014). Apresentam permeabilidade moderada no horizonte superficial e lenta no horizonte B, o que torna esse solo muito suscetível a processos erosivos (QUEIROZ, 2009; MARQUES *et al.*, 2014). Possuem boa fertilidade natural (OLIVEIRA *et al.*, 2006) com alta saturação por bases, possuindo restrição elevada plasticidade e pegajosidade, restrição de drenagem, consistência dura a muito dura, dificuldade de manejo do solo com máquinas e implementos agrícolas, risco de erosão (MARQUES *et al.*, 2014).

Os Latossolos de modo geral são solos bem desenvolvidos, profundos e bem drenados com horizonte B latossólico, apresentando características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas uniformes no perfil, possuem quase sempre, nos seus perfis a presença de horizontes coesos (BA e topo do B) – com consistência dura ou muito dura quando seco (MARQUES *et al.*, 2014). Ocupam geralmente as áreas de relevo plano a

suave ondulado (RODRIGUES *et al.*, 2009; Marques *et al.*, 2014), sendo tipicamente encontrados em áreas de tabuleiro costeiros (MOREAU *et al.*, 2006).

Na área de estudo o solo que apresenta maior distribuição é o Latossolo Amarelo, os quais, segundo Rodrigues *et al.* (2009), ocupam as áreas onde estão concentradas as principais explorações agropecuárias do município e apresentam elevados teores de areia no horizonte A, resultando em uma maior susceptibilidade à erosão.

Planossolo Compreendem os antigos Planossolos, Solonetz-Solodizados e Hidromórficos Cinzentos com mudança textural abrupta profundos (SARTORI *et al.*, 2005). Possuem acúmulo significativo de argila em subsuperfície (horizonte B plânico), imperfeitamente a mal drenados, apresentando cor pálida e ocorrência dominante em relevo suave ondulado e plano (MARQUES *et al.*, 2014). A drenagem restrita desses solos, alta susceptibilidade à erosão e consistência dura a extremamente dura do horizonte B plânico, faz com que esses solos não sejam indicados ao uso agrícola, no entanto são indicados para aproveitamento com pastagens (Queiroz, 2009; MARQUES *et al.*, 2014).

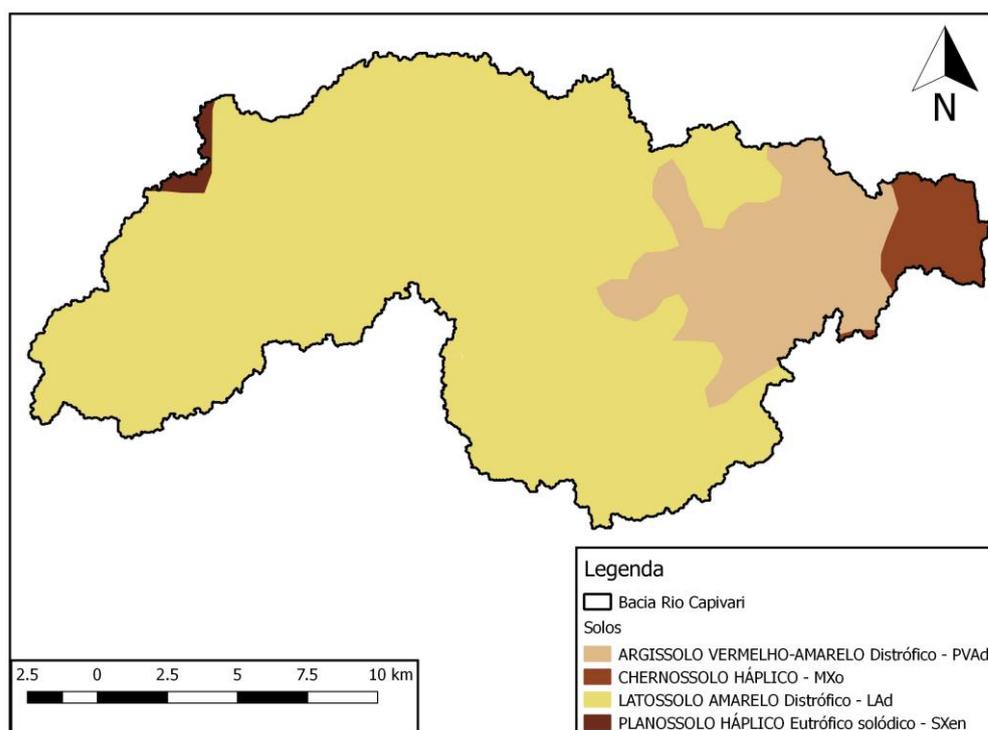


Figura 03: Solos presentes na Bacia do Capivari.

Material e Métodos

- **Dados utilizados:**

Tabela 02: Dados secundários utilizados na pesquisa.

Dado	Tipo	Resolução/escala	Ano	Fonte
ALOS/PALSAR	Raster	12,5m	2011	ALF
Imagem L1	Raster	80m	1973	INPE
Imagem L5	Raster	30m	1994	INPE
Imagem L7	Raster	30m	2000	INPE
Imagem L7	Raster	30m	2003	INPE
Imagem L8	Raster	30m	2014	USGS
Imagem L8	Raster	30m	2017	INPE
Municípios Bahia	Vetor	1:250.000	2015	IBGE
Solo	Vetor	1:100.000	-	Embrapa
Precipitação	txt	-	1994 - 2017	ANA /Empresas de Agronegócio

- **Classificação Morfométrica**

Para classificação morfométrica da bacia, foi adquirida uma imagem do Modelo Digital de Elevação (MDE) do satélite ALOS/PALSAR - Cena AP_26664_FBS_F6930_RT1 disponibilizado no Alaska Satellite Facility, da Universidade do Alaska.

A poligonal da bacia do Capivari, foi obtida através do algoritmo *r.watershed* aplicado ao MDE ALOS/PALSAR através do *software* Quantum GIS 2.18.4 (QGIS). O algoritmo gerou 8 *raster* com informações de Topografia, Declividade Percentual, Inclinação, Sub-bacias, Linhas de Fluxo, Rótulos Únicos para cada micro-bacia, Direção de Drenagem e Células de Drenagem.

Para delimitar a poligonal da bacia hidrográfica, utilizou-se do *raster* Rótulos Únicos para cada Sub-bacia que foi convertido para *vetor*. A classificação foi feita

cruzando o *vetor* das Microbacias com o *raster* de Linhas de Fluxo, possibilitando o descarte de todas as Microbacias cujo o fluxo não convergia para o Rio Capivari ou um de seus afluentes.

Terminada a classificação foi aplicado sobre o *vetor* das microbacias a ferramenta dissolver, que elimina todas as subdivisões do arquivo vetorial, gerando um único polígono com o contorno da bacia hidrográfica do Rio Capivari. A partir da tabela de atributos da poligonal foi possível determinar a área e perímetro da bacia.

O vetor Rio Capivari foi obtido através do *raster* Linhas de fluxo. Conhecendo o local da nascente, extraiu-se do *vetor* apenas a feição correspondente ao Rio Capivari. O comprimento da projeção foi obtido através da função *\$length*, que retorna o comprimento da feição planimetricamente.

Par gerar o mapa de declividade, utilizando a poligonal da bacia como máscara, recortou-se o MDE no *QGIS* e utilizando a análise de terreno com algoritmo de declividade foi possível gerar o raster da declividade em graus.

Os demais parâmetros morfométricos foram calculados no *software* Excel a partir das seguintes fórmulas:

- Coeficiente de compacidade que é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (SCHMITT & MOREIRA, 2015), sendo expresso pela equação:

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

- Índice de Circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna-se alongada (SCHMITT & MOREIRA, 2015), sendo expresso pela equação:

$$Ic = \frac{12.27A}{P^2} \quad (2)$$

- Fator de Forma representa a relação entre a área da bacia e um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia (SCHMITT & MOREIRA, 2015), sendo expresso pela equação:

$$F_C = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

- **Classificação de Uso e Cobertura do solo**

- a. Definição da escala temporal**

Aquisição das imagens para a pesquisa foi feita de forma gratuita no catálogo de imagens do INPE. A obtenção das imagens de qualidade apresentou grande dificuldade devido a intensa presença de nuvens em toda a região durante todos os períodos.

Foram adquiridas imagens de 1973_Landsat1, 1995_Landsat2, 1994_Landsat5, 2000_Landsat7, 2003_Landsat7, 2014_Landsat8 e 2017_Landsat8. A escolha das imagens foi feita partindo do pressuposto que as modificações de uso poderiam ser perceptíveis numa escala temporal de 40 anos.

- b. Pré-processamento**

Após a escolha das imagens no catálogo do INPE, foi feito o pedido e em seguida o download das imagens referentes ao Landsat1_1973, Landsat5_1994, Landsat7_2000, Landsat7_2003 e Landsat8-2017. Um processo semelhante foi feito para a imagem L8-2014 no site da USGS.

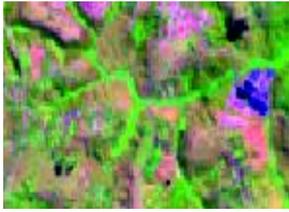
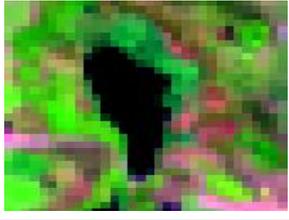
Para adequação da resolução e georreferenciamento, as imagens referentes a 1994, 2000, 2003 e 2017 foram registradas à partir da imagem Landsat8_2014, utilizando o método de pontos de controle no software ENVI, com o Erro Médio Quadrático (MRS) máximo encontrado de 0,2 pixels. Para a imagem de 1973, foi feito o registro manual no SPRING 5.4.3 com Erro Médio Quadrático (MRS) 0,05 pixels. Em seguida as imagens foram recortadas com base em um retângulo que envolvesse toda a área da bacia.

c. Processamento

Após o pré-processamento, os rasters foram importados para o SPRING 5.4.3. As imagens foram segmentadas e classificadas utilizando o classificador Bathacharyya (classificador por regiões). Para as imagens de 1994, 2000, 2003, 2014 e 2017, foi adotada na segmentação a similaridade de 10 e área de pixel 50pixel. Já para a imagem de 1973 do Landsat1, devido à dificuldade de diferenciação das amostras, foram testados diferentes valores de similaridade e área de pixel, chegando aos valores de 5 de similaridade e 8 de área de pixels.

Utilizou-se como classes de uso: Corpos D'água, Agricultura, Mata Ciliar, Mata Secundária, Pastagem, Solo Exposto e Área Urbana, conforme estudo preliminar em campo (figura 04).

Tabela 03: Chave de classificação de uso e cobertura da Bacia do Rio Capivari.

Classe	Característica	Amostra na Imagem	Amostra no campo
Floresta Secundaria	Fragmentos florestais arbóreos naturais ou regenerados e áreas caracterizadas pelo desenvolvimento da vegetação natural em locais cuja intervenção antrópica ocorreu.		
Mata Ciliar	Vegetação arbórea que ocorre ao longo dos cursos d'água.		
Agricultura	Áreas de culturas anuais ou perenes.		
Pastagem	Áreas de pastagens plantadas ou naturais.		
Corpos d'água	Rios, lagos e demais corpos d'água encontrados na imagem.		
Solo Exposto	Regiões de solo exposto, áreas desmatadas e pastagens degradadas.		
Área Urbana	Região com predominância de construções e área impermeabilizada .		

Após a classificação, utilizando a poligonal da bacia, foi feito o recorte dos rasters. As imagens recortadas foram convertidas para vetor (PI Temático), para proceder o cálculo das áreas pertencentes a cada classe, gerando uma tabela que foi salva e importada para o software Excel, onde foram calculados os valores percentuais para cada classe.

- **Interpolação dos dados de Precipitação**

Para a determinação das áreas mais susceptíveis ao escoamento dinâmico dentro da bacia, foram adquiridos dados pluviométricos no banco de dados da Agência Nacional de Águas - ANA e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, de diferentes pontos dentro e fora da área de estudo (figura 04).

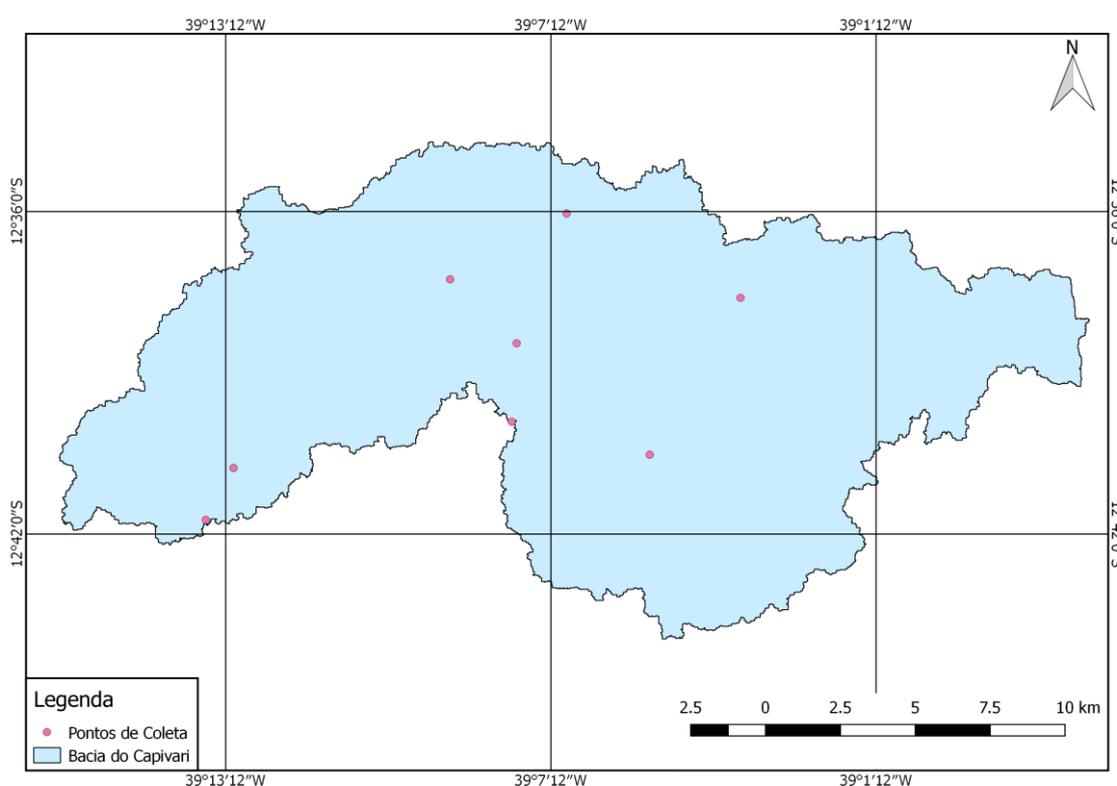


Figura 04: Distribuição espacial dos dados pluviométricos disponíveis no banco de dados da ANA e das empresas de agronegócio na área de estudo.

O banco de dados adquiridos possuía muitas lacunas (dados faltando), além da maioria não possuir os dados mais recentes, provavelmente em decorrência interrupção da coleta de dados em algumas estações. Assim, visando melhorar a acurácia dos dados, foi feita uma consulta nas empresas de agronegócio da área, sendo emitido ofício formal para aquisição dos dados disponíveis.

Os dados já adquiridos foram organizados em planilhas no software Excel onde foi calculado o total mensal para todos os meses do ano de 2017.

A localização de cada ponto de coleta e os dados foram especializados utilizando o *QGIS* onde foi feita inicialmente a interpolação a partir do método de Thiessen, porém esse método não foi satisfatório, uma vez que, a forma poligonal apresentou mudanças abruptas (Apêndice I). Assim, tendo em vista a melhoria dos resultados, optou-se por fazer interpolações utilizando o método *Spline* no ArcGIS, que apresentou uma melhor suavização das bordas em comparação ao método de Thiessen.

- **Determinação da infiltração cumulativa – Método da Curva Número**

Para estimar a infiltração na Bacia do Capivari será utilizado o modelo da curva número (CN) que possui a vantagem a obtenção de resultados satisfatórios utilizando poucas informações, quando comparados à outros modelos encontrados na literatura que apesar de apresentarem ótimos resultados necessitam de uma extensa base de dados, por muitas vezes indisponível. Esse método é de autoria do Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA) (SARTORI *et al.*, 2005).

O método enquadra os diferentes tipos de solo em grupos hidrológicos a partir de suas características relacionadas à maior ou menor permeabilidade a infiltração e a partir daí esses solos são combinados com diferentes tipos de uso e cobertura do solo estimando assim a infiltração. Por ser um método criado inicialmente para os solos dos Estados Unidos, houve a necessidade de adaptação para a realidade dos solos tropicais brasileiros. Para a estimativa da infiltração no presente estudo, o grupo hidrológico dos solos foi determinado com base na classificação proposta por Sartori (2004).

Tabela 04: Grupo hidrológico dos solos da Bacia do Rio Capivari.

Solos da Bacia do Capivari	Grupo Hidrológico
Argissolos Vermelho-Amarelo	C
Chernossolo Háptico	D
Latossolo Amarelo Distrófico	B
Planossolo Hápticos	D

A partir da determinação do grupo hidrológico dos solos presentes na Bacia, foram estimados os valores de CN para as classes de uso e coberturas propostas nesta pesquisa. Para tanto, utilizou-se como base os valores propostos por Soares *et al.* (2017) e Tucci *et al.* (1993).

Tabela 05: Tabela de valores CN modificada para a Bacia do Capivari.

Uso do solo	Grupo hidrológico do solo			
	A	B	C	D
Agricultura	62	71	78	81
Corpos D'água	100	100	100	100
Pastagem	25	59	75	83
Florestas e/ou Silvicultura (condição normal)	36	60	70	76
Floresta densa	26	52	62	69
Áreas urbanas	77	85	90	92
Solo Exposto	68	79	86	89

A partir dos valores de CN foi calculado a retenção máxima (S), que expressa a capacidade de absorção de água pelo solo em relação a cobertura e uso dado pela equação:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (4)$$

Em seguida foram determinados valores relativos ao coeficiente teórico de *runoff* (α). Tendo em vista que a declividade influencia na taxa de escoamento superficial o coeficiente α foi determinado da seguinte maneira:

- Foram definidos intervalos de classe de declividade em relação às classes presentes na bacia e com base na classificação de relevo proposta pela Embrapa (1979);
- Foram definidos valores, nomeados de índice *d*, para cada classe de declividade baseado na metodologia proposta por Bilasco (2008). Esse valor é uma relação proporcional à declividade, onde, quanto maior a declividade mais próximo de 1 é o valor. Os valores do índice *d* para a bacia do Capivari estão expressos na tabela 06;

Tabela 06: Valores d referentes às classes de declividade.

Plano (0° – 3°)	Suave ondulado (3°-20°)	Ondulado (20°-45°)	Fortemente ondulado (>45°)
0.1	0.35	0.8	1

- Como o coeficiente de *runoff* expressa a relação da taxa de escoamento em função do tipo e cobertura do solo, determinou-se o valor de α a partir da seguinte expressão numérica:

$$\alpha = d \frac{CN}{100} \quad (5)$$

Com os valores da máxima retenção (S), do coeficiente teórico de *runoff* e a precipitação devidamente especializados, a infiltração cumulativa (F) foi calculada em ambiente SIG da seguinte forma:

$$F = \frac{S \times P}{S + P} \times (1 - \alpha) \quad (6)$$

A espacialização das variáveis utilizadas para determinar a infiltração cumulativa pode ser encontrada no Apêndice II deste trabalho

- **Determinação das áreas susceptíveis ao escoamento dinâmico**

O escoamento (Q) foi determinado em ambiente SIG a partir da diferença entre a quantidade de água precipitada (chuva) e a infiltrada, a partir da seguinte equação:

$$Q = P - F \quad (7)$$

Por fim, a taxa de escoamento foi determinada pela razão entre o escoamento (Q) e a precipitação onde o máximo valor é equivalente a 1, expresso pela relação:

$$c = \frac{Q}{P} \quad (8)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Morfométricas da Bacia

Para conhecer as reais potencialidades e limitações de uso e ocupação de uma determinada área é preciso levantar dados acerca dos atributos físicos (BOTELHO, 2012) e no caso das bacias hidrográficas, o estudo da rede hidrográfica, das nascentes, padrão de drenagem, densidade, tipos de canais (...) permite inferir sobre a disponibilidade dos recursos hídricos, bem como seu estado de degradação, principalmente no que diz respeito a alta carga de sedimentos e/ou assoreamento do leito do rio (BOTELHO, 2012).

A bacia do Rio Capivari possui área de 320 Km², ocupando um perímetro de 171,49 km, podendo ser classificada como uma mesobacia ou bacia de tamanho médio (BECK *et al.*, 2013), com canal principal medindo 47,3 Km de comprimento. Apresenta uma forma mais alongada com valores de 2,7, 0,13 e 0,14 para o coeficiente de compacidade, índice de circularidade e fator de forma, respectivamente, possuindo uma menor propensão à ocorrência de enchentes (GONÇALVES & BATISTA, 2015; SCHMITT & MOREIRA, 2015; NARDINI *et al.*, 2016).

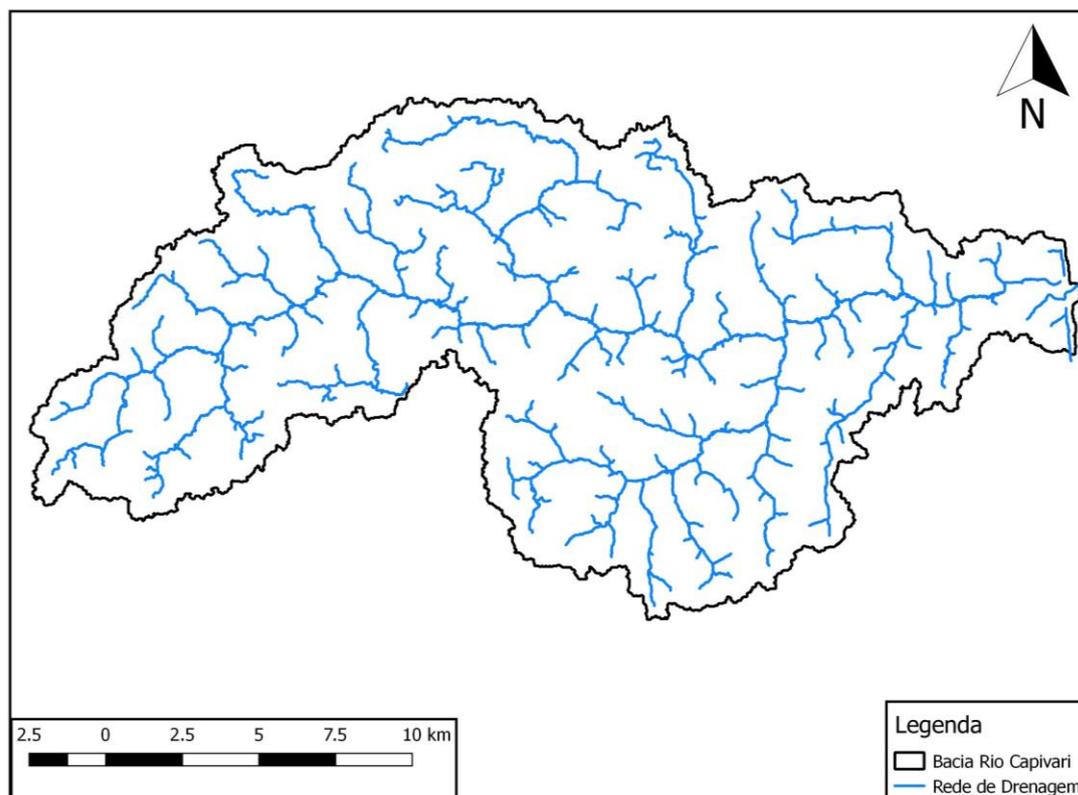


Figura 05: Drenagem da bacia do Rio Capivari.

A drenagem da bacia apresenta um padrão dendrítico (figura 05), com densidade de drenagem de 1,06 km/km², sendo considerada uma densidade de drenagem alta (VENEZIANI, 2014).

A declividade, que é definida como a variação da altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância horizontal que os separa (MIOTO et al., 2014), apresentou valor mínimo de 0° e máximo 52° (figura 06). A maior declividade do terreno (maior que 100%) está restringida a apenas um ponto situado na Serra do São José, na cidade de Muritiba. A maior parte da bacia apresenta valores entre 0% e 45% de declividade o que equivale a um relevo variando de plano a fortemente ondulado (EMBRAPA, 1979) e a altitude da varia de 0m a 500m (figura 07).

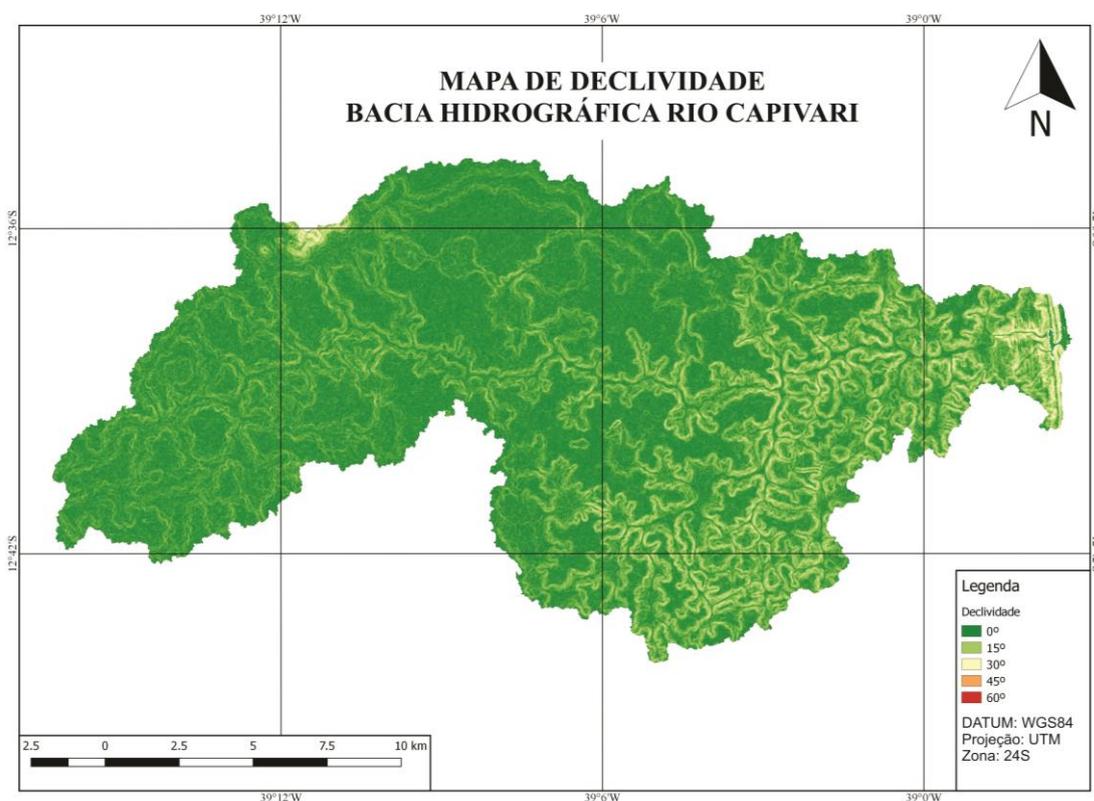


Figura 06: Mapa declividade.

A topografia do terreno, segundo Salomão (2012), possui influência direta na intensidade erosiva determinada pela declividade e comprimento de rampa, uma vez que esses fatores interferem diretamente na velocidade da enxurrada. Assim, a altitude da bacia aliada à declividade nas áreas de drenagem, sugerem uma maior susceptibilidade dessas à ocorrência de erosão. Dessa forma, para melhor distribuição do uso do solo na bacia, é importante que se observem as áreas elevadas e declivosas, visando uma melhor adequação da aptidão das terras (SANTOS et al., 2007).

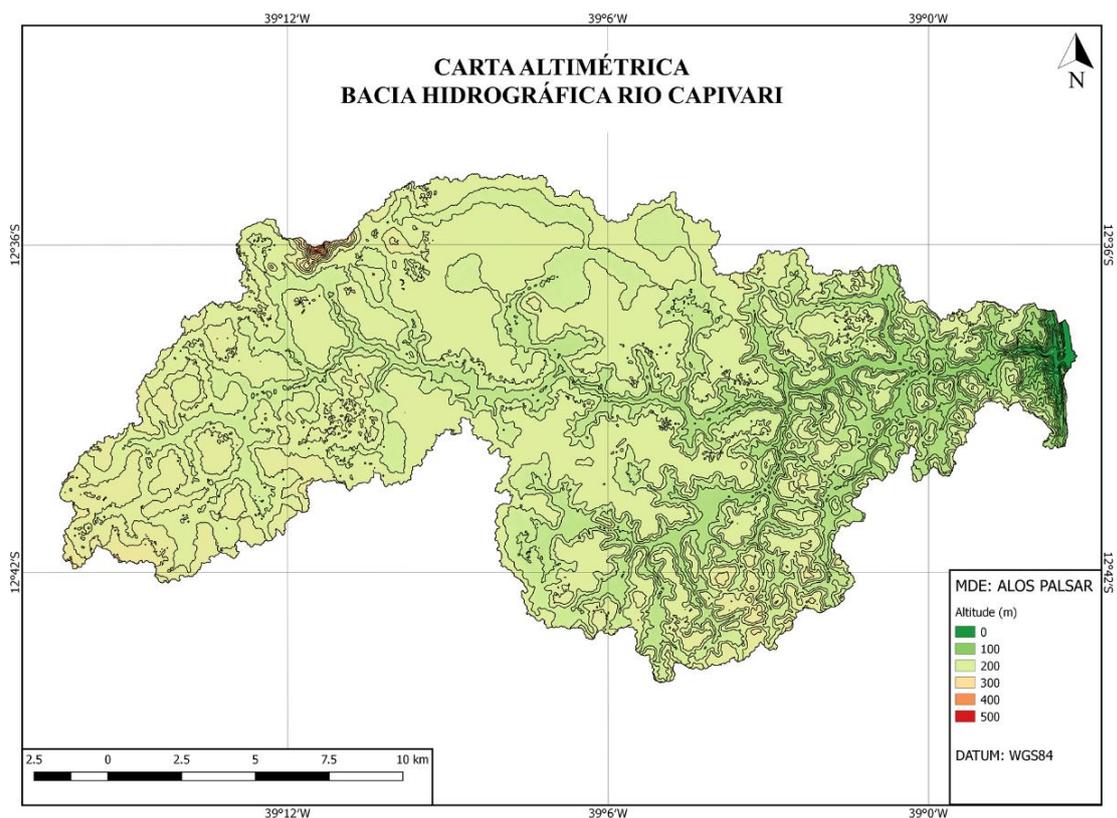


Figura 07: Mapa de Altitude.

Classificação de uso e cobertura

As informações referentes à análise da dinâmica de modificação no uso e Cobertura do solo para a bacia do Capivari estão representados na tabela 05.

TABELA 07 – Percentual de áreas ocupadas por cada classe.

Classes	1973	1994	2000	2003	2014	2017
Corpos D'agua	1,19%	0,60%	0,57%	0,11%	0,07%	0,058%
Agricultura	0,00%	4,30%	60,34%	51,27%	16,50%	34,56%
Mata Ciliar	2,46%	11,71%	10,40%	3,33%	7,24%	12,02%
Mata Secundária	86,93%	2,18%	6,46%	3,61%	23,16%	14,72%
Pastagem	3,58%	73,25%	15,34%	28,66%	15,36%	31,77%
Solo Exposto	0,00%	5,20%	1,39%	7,63%	31,04%	3,43%
Urbano	5,59%	2,76%	5,40%	4,96%	5,74%	3,36%
Não Classificado	0,25%	0,00%	0,10%	0,44%	0,91%	0,067%

Na imagem referente à década de 70, não foi possível coletar amostras representativas das classes de agricultura e solo exposto. Esse fato está possivelmente ligado a existência de agricultura em pequena escala (agricultura familiar) o que impossibilitou a identificação destas áreas na imagem, além do uso mais conservacionista do solo, com Mata secundária cobrindo mais de 80% da área da bacia. Outro fator que pode ter dificultado essa identificação é a baixa resolução radiométrica da imagem, o que dificultou a diferenciação visual dos alvos no processo de amostragem, influenciando também na menor porcentagem de mata ciliar.

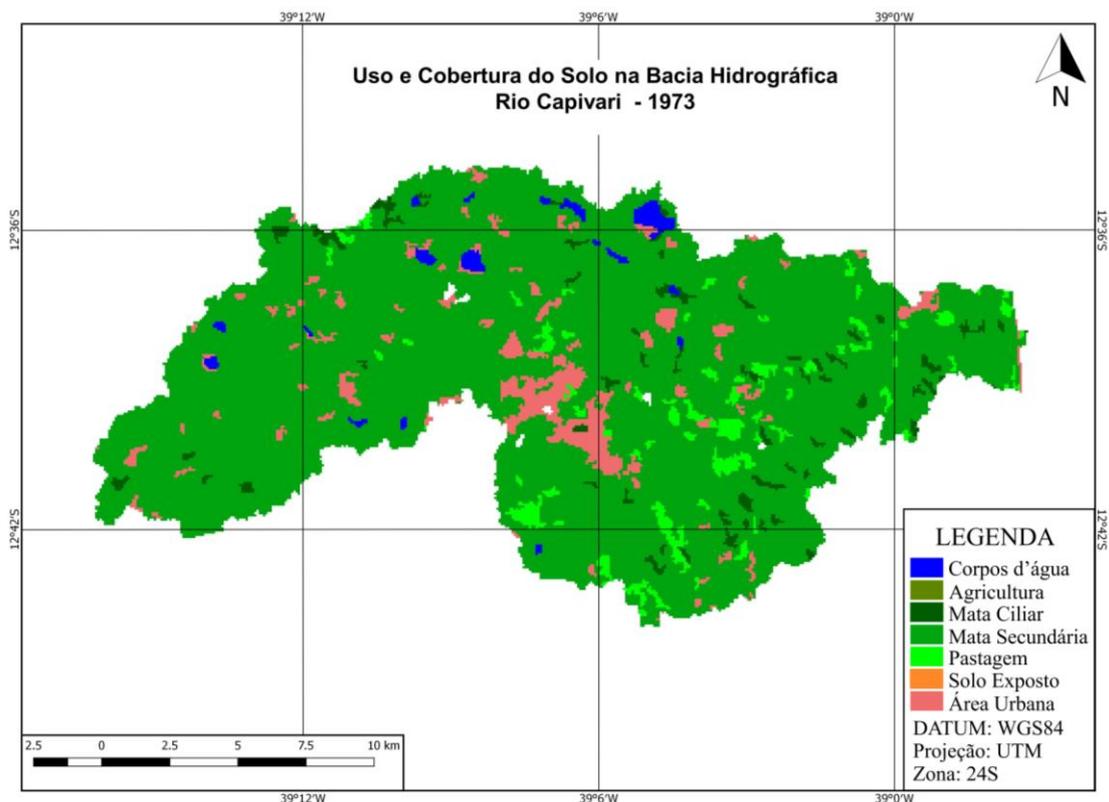


Figura 08: Mapa de Uso e Cobertura do solo da bacia do Rio Capivari-BA, 1973.

No decorrer da década de 90, é possível notar o aumento da área de pastagem pela substituição das lavouras permanentes e derrubadas das florestas, sendo observado o aparecimento de áreas de solo exposto. Segundo Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/BA,2005), essa área passou por intensos processos de antropização, citando como principais fatores de degradação da vegetação natural, a expansão de áreas destinadas a atividades agrícolas e pecuárias, expansão urbana desordenada e substituição plantios consorciados por pastagens.

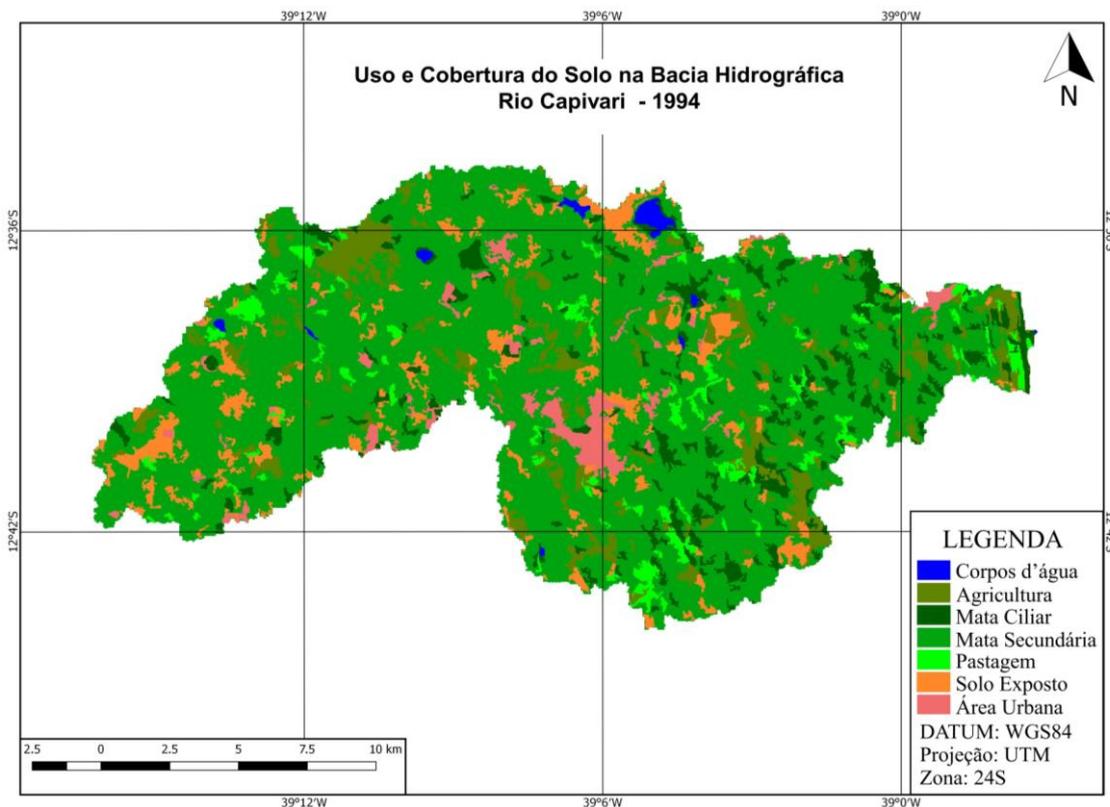


Figura 09: Mapa de Uso e Cobertura do solo da bacia do Rio Capivari-BA, 1994.

Nos anos seguintes é possível notar um crescimento na agricultura, que passa a ser a classe dominante nos anos de 2000 e 2003, sendo as culturas predominantes nessa época: fumo, citros, mandioca e banana (IBGE, 2004), que representavam a principal renda da população.

Segundo Anjos & Pereira (2010), o modelo de produção agrícola no Brasil (que ainda é desenvolvido em várias regiões), era iniciado com a remoção da cobertura original dos vários biomas e ecossistemas para a implantação de diferentes culturas, estando essa implantação condicionada aos aspectos econômicos resultando, por muitas vezes, em degradação de recursos, principalmente solo e água.

Acredita-se que a implantação desse modelo de agricultura na bacia do Rio Capivari sem o devido manejo e preocupação com a conservação do solo e da água tenha influenciado na sua degradação principalmente porque essas atividades são citadas como uma das principais fontes de sedimentos em bacias hidrográficas (MINELLA *et al.*, 2010), resultando em assoreamento de corpos hídricos, perda de fertilidade e degradação dos solos (CECÍLIO *et al.*, 2009; SUZUKI *et al.*, 2012; SPERANDIO, *et al.*, 2012.)

Segundo Turetta *et al.* (2010), as atividades agrícolas são as que mais influenciam nas mudanças (alterações) de uso da terra, possuindo importante papel no declínio de vários serviços ambientais quando não é realizada de maneira sustentável, sendo citado por esses autores o declínio na regulação da qualidade do ar e a redução das funções de regulação de pragas e de polinização pela fauna silvestre.

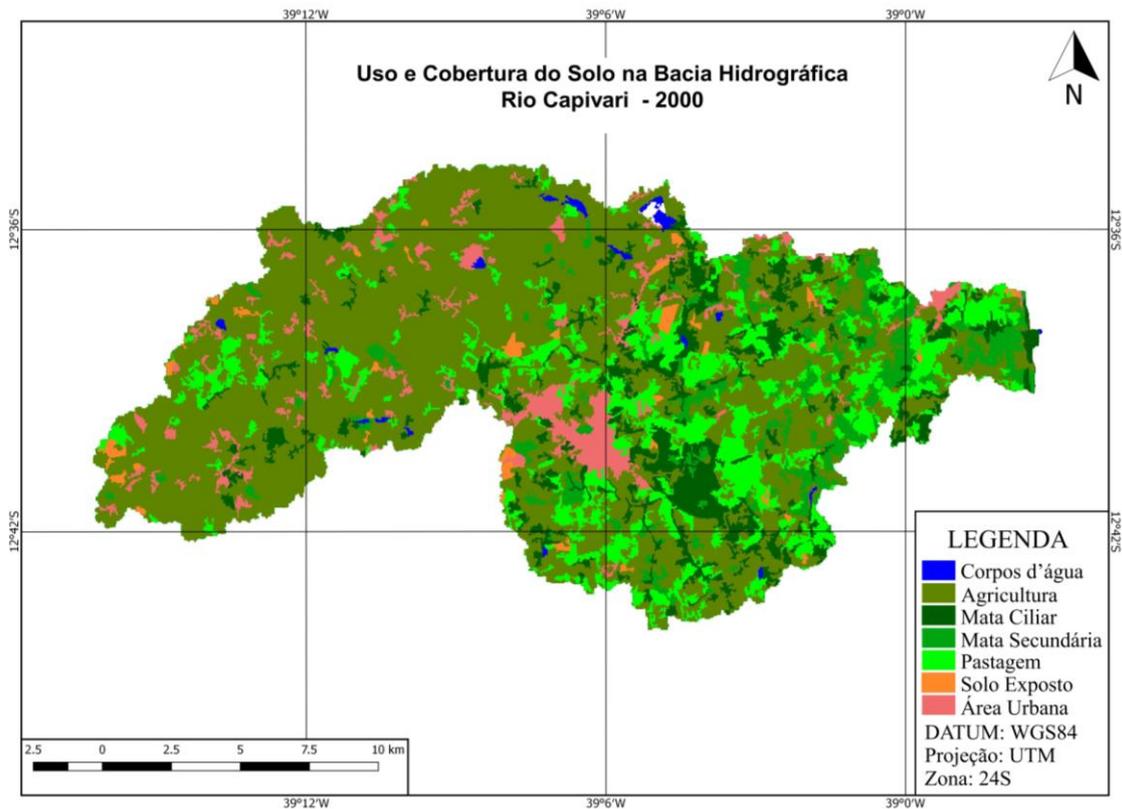


Figura 10: Mapa de Uso e Cobertura do solo da bacia do Rio Capivari-BA, 2000.

Na área de estudo, a partir do ano 2000, a modificação da paisagem é constante, isso está associado ao caráter pastoril e agrícola da região, que apresenta forte relação com o clima. A precipitação, que representa um fator determinante para o desenvolvimento das atividades agrícolas, está possivelmente associada a alta variabilidade de mudanças no uso do solo dentro da bacia, como ressaltado por Marengo (2009) que relata a interdependência entre o manejo das áreas na região nordeste e a variabilidade do clima.

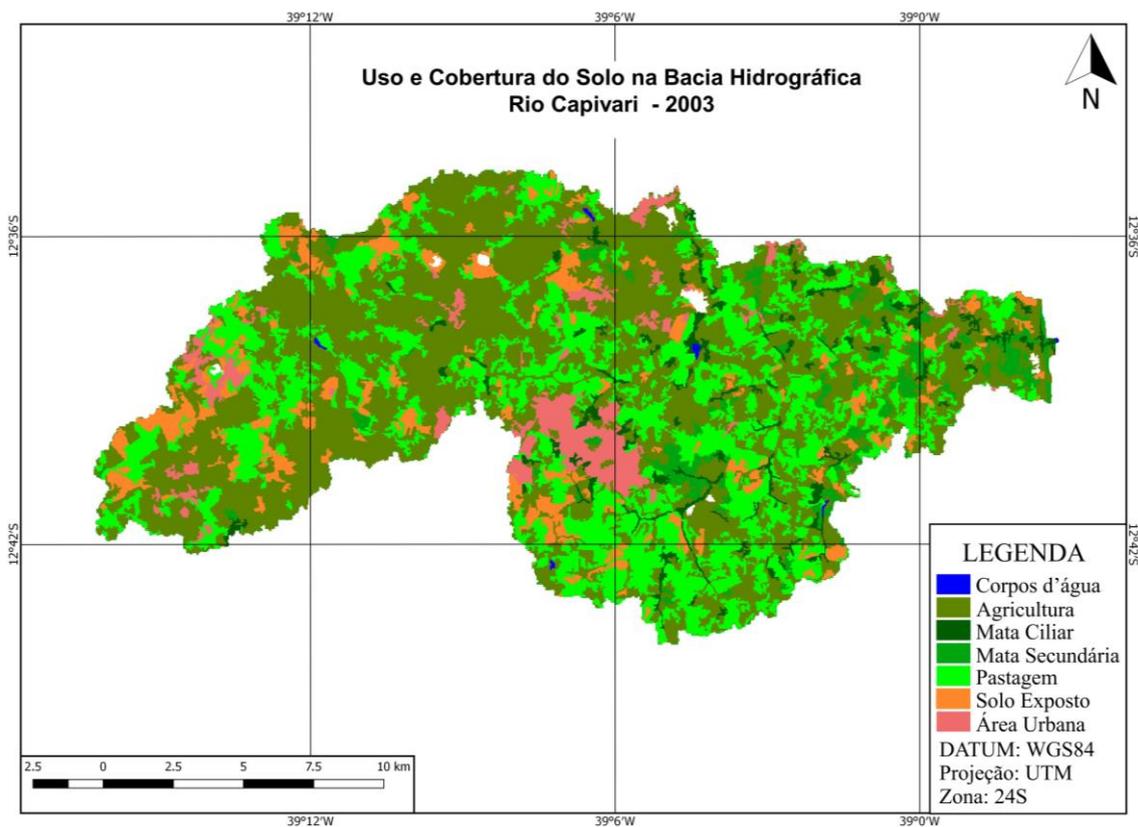


Figura 11: Mapa de Uso e Cobertura do solo da bacia do Rio Capivari-BA, 2003.

Na imagem referente à 2014 é possível notar um aumento na classe de solo exposto. A concentração dessas áreas principalmente na porção semi-árida da bacia (Castro Alves e Cabaceiras do Paraguaçu) é possivelmente resultado do uso inadequado do solo e do período de seca ocorrido em 2012. Somado a esses fatores, destaca-se ainda a ocorrência do fenômeno El Niño e a irregularidade na precipitação que influenciou diretamente a implantação dos cultivos agrícolas que diminuíram de 51% em 2003 para 16% em 2014, dessa forma, acredita-se que uma porcentagem dessas áreas são terras preparadas para o cultivo que com a ausência de chuva, não ocorreu.

Acredita-se que a diminuição da agricultura também tenha influenciado no aumento da classe de mata secundária resultante da regeneração de algumas áreas agrícolas. Apesar da maior porcentagem dessa classe, foi possível identificar em campo uma predominância de uma única espécie vegetal pertencente ao bioma Caatinga, existindo apenas poucas áreas com espécies do bioma original, sendo esse fator considerado por Turetta *et al.* (2010) como consequência das mudanças de uso e cobertura da terra.

Em 2015, a ANA divulgou o panorama da seca no Brasil e 5 das 7 cidades que fazem parte da bacia sinalizaram pelo menos um caso de seca, sendo mais crítica a situação de Castro Alves com 6 dos 10 casos registrados.

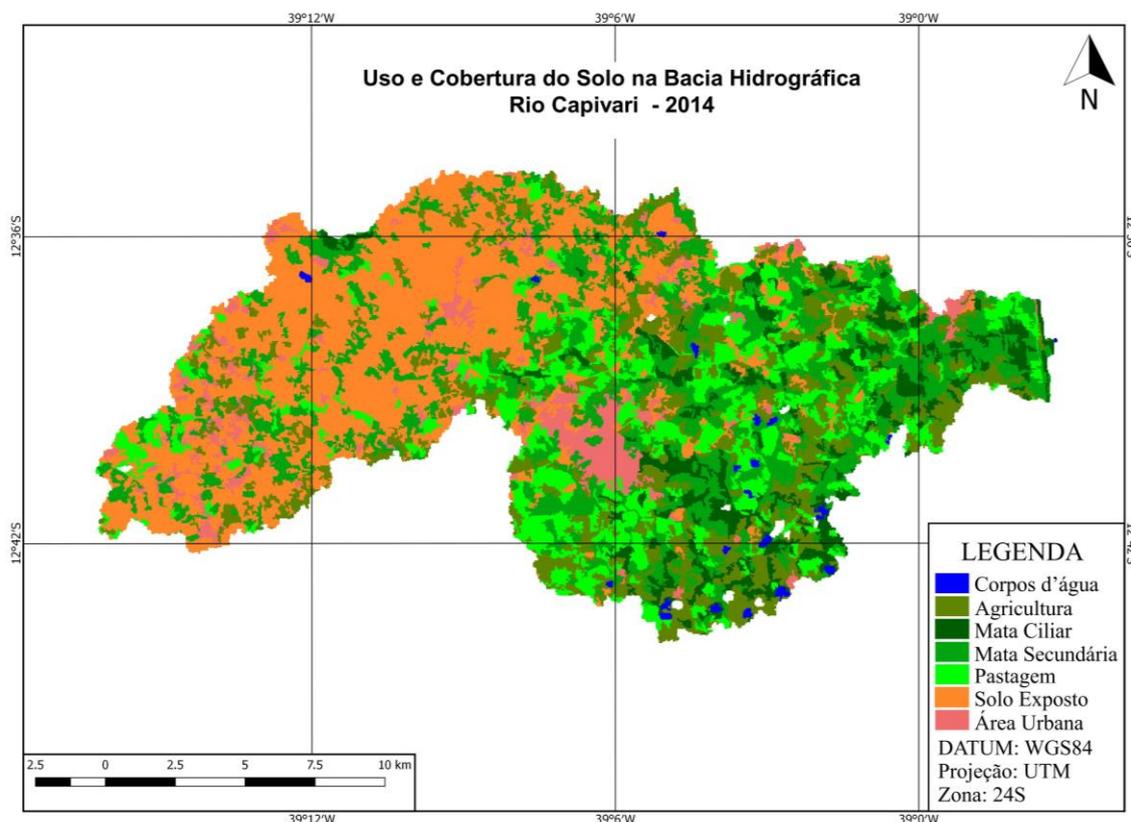


Figura 12: Mapa de Uso e Cobertura do solo da bacia do Rio Capivari-BA, 2014.

Com a normalização da precipitação, na imagem mais recente (2017), nota-se uma diminuição da classe Solo exposto e aumento da agricultura. Em contrapartida, há a diminuição da classe de mata secundária (23% para 16%), e aumento nas áreas de pastagem.

Sabe-se que a alteração da vegetação dentro das áreas de bacias hidrográficas influencia diretamente na disponibilidade dos recursos hídricos tanto em termos quantitativos, quanto qualitativos (FELIPPE *et al.*, 2016; VIEIRA *et al.*, 2016; FERNANDES *et al.*, 2014), sendo possível notar, nas imagens e durante os trabalhos em campo, o impacto direto na disponibilidade hídrica na área de estudo, diminuindo de 1,19% em 1973 para 0,058 em 2017.

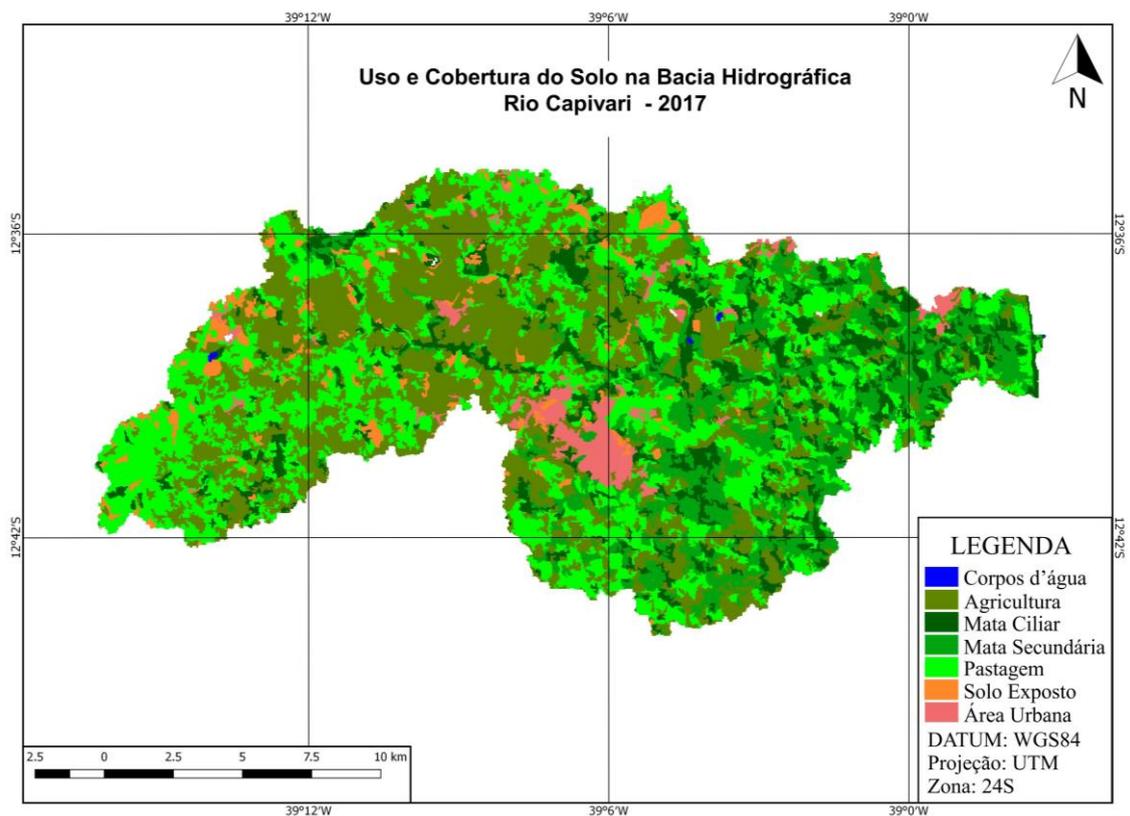


Figura 13: Mapa de Uso e Cobertura do solo da bacia do Rio Capivari-BA, 2017.

Fazendo uma análise de todos os anos estudados, percebe-se que a Bacia do Capivari passou por intensas modificações e as consequências das intervenções nas áreas prioritárias para a conservação são expressas na situação atual de diminuição do fluxo hídrico desse Rio. Nesse sentido Hanif & Santos (2016) chamam atenção para a degradação ambiental que resulta da falta de conciliação entre as atividades econômicas e a preservação ambiental, ressaltando a maior dificuldade em recuperar os ambientes naturais degradados. Um agravante para isso são os atuais níveis de crescimento populacional que influenciam na maior demanda por alimentos, fibras e energia acentuando os impactos no ambiente (MINELLA *et al.*, 2010).

Em campo foi possível identificar que o curso d'água principal, o Rio Capivari, tem apresentado um caráter de intermitência na parte superior próximo a sua nascente, zona mais árida da bacia (Castro Alves) mesmo com a ocorrência de chuva. Na parte média da bacia, na época chuvosa (maio a julho), foi possível notar o reaparecimento do curso d'água, que na maior parte do ano fica coberto pela vegetação ripária. Já no curso inferior, a zona subúmida e úmida próximo à foz (Muritiba e São Felix), o rio se mantém perene, apresentando apenas diminuição em sua vazão na época mais seca do ano.

No reconhecimento em campo, notou-se que a bacia em questão apresenta muitas incoerências relacionadas à legislação vigente. Segundo a Lei Nº 12.651, as faixas marginais do curso d'água natural perene e intermitente, com menos de 10 metros de largura, caso do Rio Capivari, devem possuir vegetação ciliar com largura mínima 30 (trinta) metros.

Em campo, foi possível notar a ausência de áreas preservadas dentro dos parâmetros que a legislação exige, com presença de arbustos e pastagem em alguns trechos, apresentando vegetação próximo ao ideal apenas nos trechos que passam por Muritiba e na foz, no município de São Feliz (figura 15)



Figura 14: Trecho do Rio Capivari que passa por Cruz das Almas com ausência de mata ciliar.



Figura 15: Presença de vegetação ciliar natural em Muritiba (A) e próximo a foz em São Félix (B). Fonte: Queiroz (2012).

A situação da nascente também está em desacordo com a legislação vigente, que considera como APP as áreas no entorno das nascentes, qualquer que seja a situação

topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros, sendo verificada em campo a inexistência de vegetação natural ou arbórea, possuindo apenas pastagem (figura 16).

Ressalta-se que essa é uma situação altamente prejudicial que coloca em risco a perpetuação dos recursos hídricos do Rio, estando diretamente ligada a situação de intermitência do fluxo de água nessa parte da bacia.



Figura 16: Registros fotográficos da área de nascente do Rio Capivari.

Nas imagens e no em campo, percebe-se o impacto direto da ausência da APPs na disponibilidade hídrica para área de estudo, associando assim, o volume reduzido da vazão diretamente às modificações da cobertura vegetal, pelas mudanças e intensificação do uso e da cobertura, bem como derrubada das matas ciliares e remanescentes de florestas. Na figura 17 é possível notar a relação diretamente proporcional entre vegetação e recursos hídricos do Capivari, demonstrando o aumento no volume de água em decorrência da cobertura vegetal mais preservada.

A imagem “A” demonstra a ausência de fluxo hídrico na nascente que possui o cenário ambiental mais crítico, seguido da imagem “B” em Cruz das Almas e “C” e “D” nas cidades de Muritiba e São Felix respectivamente.

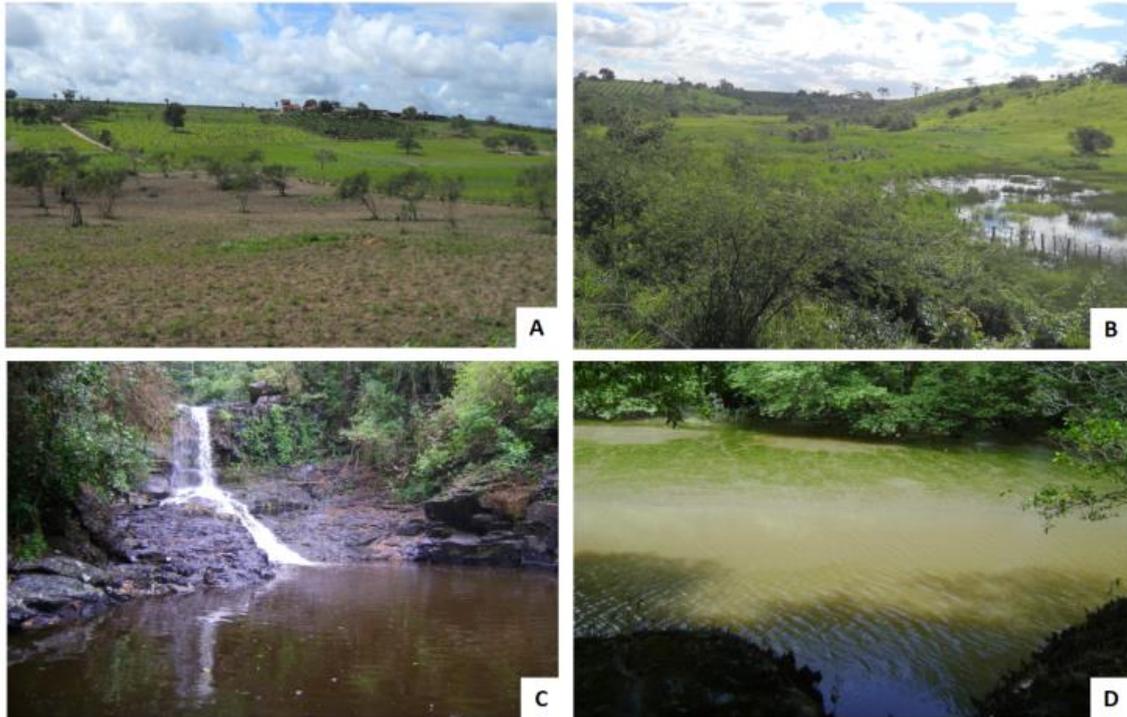


Figura17: Fluxo hídrico e cobertura vegetal. Fonte imagens C e D: Queiroz (2012).

A maior restrição hídrica no Nordeste e a intensificação dos efeitos das mudanças climáticas (MARENGO, 2009) chamam atenção para a relevância de ações para proteção e preservação dos recursos dos recursos hídricos, ressaltando que no caso da área de estudo, esse rio representa uma fonte na oferta de água frente aos casos de seca sinalizados em cidades que fazem parte da sua bacia.

Escoamento Superficial

O processo de infiltração é essencialmente importante pois a medida que essa taxa diminui ocorre os acréscimos na taxa de escoamento tornando, dessa forma, fundamental conhecer o processo de infiltração para o adequado manejo dentro de bacia hidrográficas (BRANDÃO *et al.*, 2006). Nesse sentido, determinou-se a infiltração para a bacia do Rio Capivari no ano de 2017 (figura 18), visando compreender o comportamento do escoamento e determinar as áreas mais suscetíveis a erosão hídricas.

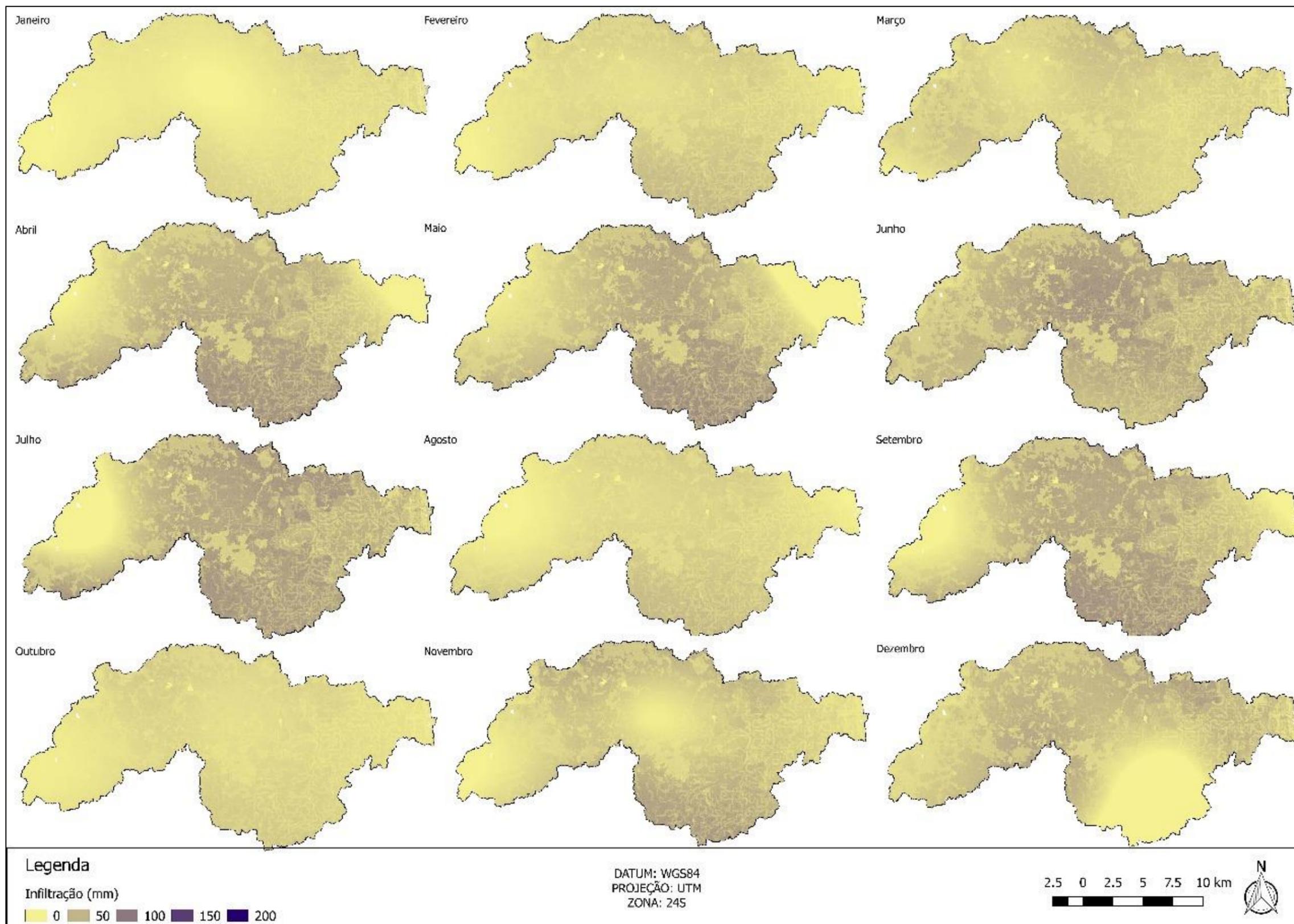


Figura 18: Comportamento da infiltração para a bacia do Rio Capivari no ano de 2017.

Segundo o modelo proposto, a taxa de infiltração na bacia do Capivari pode ser considerada baixa. Esse resultado está intimamente relacionado com as características da bacia, a qual possui solos menos permeáveis (naturais ou em resultado de manejo inadequado), além do relevo ondulado que favorece o processo de escoamento. Somado a esses fatores, a vegetação arbórea que teria papel fundamental nesse processo (SALOMÃO, 2012; FERNANDES *et al.*, 2014; FELIPPE *et al.*, 2016; VIEIRA *et al.*, 2016;) encontram-se degradadas na maior parte da bacia.

A mesmas características que influenciam na menor taxa de infiltração para a bacia, são determinantes para a maior taxa de escoamento superficial. O escoamento superficial faz parte do ciclo hidrológico sendo responsável pela ocorrência, circulação e transporte de água na superfície (VENEZIANI, 2014). O agravante relacionado à esse processo é a sua intensidade e velocidade (DI MARIA, 2010), que contribuem para a ocorrência de erosão, enchentes, propagação de doenças e contaminação dos ambientes.

A precipitação, as características do solo, o uso, cobertura e a declividade foram importantes parâmetros na determinação da taxa de escoamento para a bacia do Rio Capivari, permitindo estimar o escoamento para cada mês do ano de 2017 (figura 18) bem como a taxa de escoamento. Cada parâmetro utilizado na modelagem possui interrelação com a quantidade de chuva convertida em escoamento.

A taxa de precipitação, por exemplo, influencia diretamente no escoamento e nas concentrações de sedimentos e nutrientes, levando a diferenças interanuais e sazonais relevantes (FERREIRA *et al.*, 2018). Na bacia estudada, o comportamento da precipitação reflete a variedade de climas (semiárido, sub-úmido e úmido), apresentando um comportamento diferenciado entre essas zonas climáticas.

Nota-se no modelo proposto que a área da nascente apresentou menor propensão ao escoamento no ano de 2017. Esse fator está relacionado principalmente ao relevo mais plano e menor taxa de precipitação, porém a falta de vegetação ciliar adequada (Vieira *et al.*, 2016), o uso do solo com atividades agropastoris sem o devido manejo (BENDA *et al.*, 2007) e o clima semi-árido, influenciam no estado de intermitência do curso do Rio nessa área..

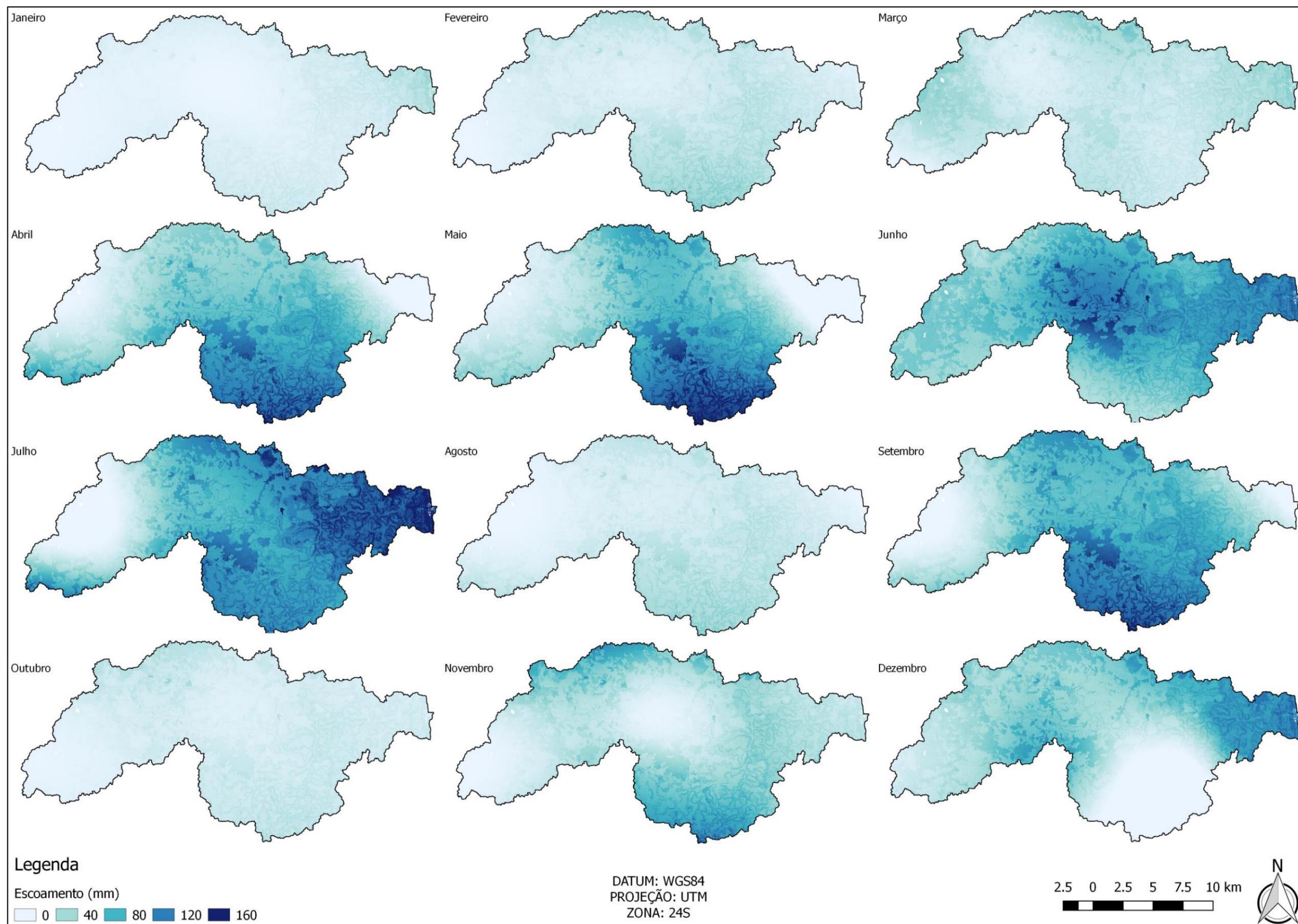


Figura 19: Comportamento do escoamento superficial na bacia do Rio Capivari.

A área mais vulnerável na bacia, segundo o modelo proposto, é a área próxima à foz, sendo esse resultado, reflexo das características dessa área. Os argissolos e chernossolos presentes nessa porção da bacia apresentam elevada susceptibilidade à erosão (QUEIROZ, 2009; MARQUES *et al.*, 2014), que é agravada com a ocorrência desses nas áreas mais declivosas e com altas taxas de precipitação.

Porém, apesar dessa maior vulnerabilidade, as áreas próximas a foz são as que tem a vegetação ciliar mais preservada, o que indica o alto risco de assoreamento do rio caso essa vegetação seja substituída por outros usos ou cobertura (BENDA *et al.*, 2007) uma vez que, essa vegetação representa “a defesa natural de um terreno contra a erosão”. (SALOMÃO, 2012).

Guerra (2012), ressalta que a erosão é um processo comum, porém tende a ser mais acentuado nas regiões tropicais tendo em vista a maior taxa de precipitação em relação à outras regiões do planeta, além disso, a supressão da vegetação original para aproveitamento da madeira ou produção agrícola tendem a agravar esse fenômeno.

Com base no modelo o modelo proposto, a área do médio Capivari foi considerada como uma área de risco acentuado em relação à ocorrência de erosão hídrica, uma vez que, não possui cobertura vegetal satisfatória nas áreas que deveriam ser destinadas à preservação permanente (BRASIL, 2012) somado ao relevo ondulado e às taxas de precipitação elevadas em determinados meses do ano (abril, maio, junho, julho e setembro).

Nessa área, acredita-se que o desenvolvimento de atividades agropastoris sem cuidado com o manejo, agravam o processo de carreamento de sedimentos e poluentes para o leito do Rio Capivari uma vez que a presença de horizonte coeso nos solos dessa área restringe o processo de infiltração (RIBEIRO, 1998).

Vieira *et al.* (2016) ressalta que a retirada da vegetação influencia na diminuição nas taxas de infiltração. Com a diminuição da infiltração, o solo se torna mais susceptível a erosão, pois a força hidráulica do fluxo de água é capaz de carrear suas partículas e dependendo da intensidade do fluxo, mesmo em gradientes moderados, pode resultar em graves consequências (MAFRA, 2012). Para essa área esse risco se torna ainda maior pois, Segundo Ribeiro (1998), seus solos possuem altos teores de argila natural, que aceleram os processos erosivos e conseqüentemente a degradação desses ambientes.

A maior pressão exercida pela ocupação em determinadas áreas, principalmente por atividades agrícolas intensivas sem as devidas práticas conservacionistas, segundo Mafra (2012), tem sido responsável por perdas no potencial produtivo dos solos, tendo como causa principal os processos erosivos. Esse fator está ligado a poluição e contaminação de outros ambientes além de assoreamento de cursos d'água, gerando desequilíbrios que afetam diretamente o balanço global de transporte de sedimentos dentro da bacia hidrográfica (OLIVEIRA, 2012).

A taxa de escoamento para a Bacia do Capivari pode ser visualizada na figura 19. O maior valor (1) diz respeito aos corpos hídricos para os quais foi considerado que 100% do que chove escoar. Assim, o maior valor para as demais áreas foi de 0.886 julho e o menor foi de 0.107 em janeiro.

Conhecer o comportamento escoamento superficial permite visualizar com mais clareza os pontos mais críticos dentro da bacia hidrográfica auxiliando no controle da degradação. Essas informações dão subsídio para o planejamento e gestão das atividades desenvolvidas dentro dessas áreas, permitindo o desenvolvimento do manejo do solo de acordo com suas fragilidades e potencialidades (ANDRADE *et al.* 2010), principalmente no sentido de mitigar os efeitos da erosão hídrica que é considerada o maior fator de degradação do solo em regiões tropicais (DI MARIA, 2010).

Segundo Di Maria (2010) a identificação das áreas mais suscetíveis a ocorrência de erosão dentro da bacia hidrográfica constituem a base para a melhoria na qualidade das águas. Com o crescimento da população, há maior pressão sobre os ambientes naturais com o aumento na demanda por recursos (MINELLA *et al.*, 2010; RAMOS & REGO FILHO, 2010), por outro lado a degradação dos ambientes naturais causada por essa situação influencia na oferta desses mesmos recursos. Nesse sentido, Minella *et al.* (2010) ressalta que interesses de produção e a preservação dos recursos naturais não podem ser conflitivos, já que a preservação do solo e da água são fatores importantes para garantir as necessidades econômicas e sociais de uma nação.

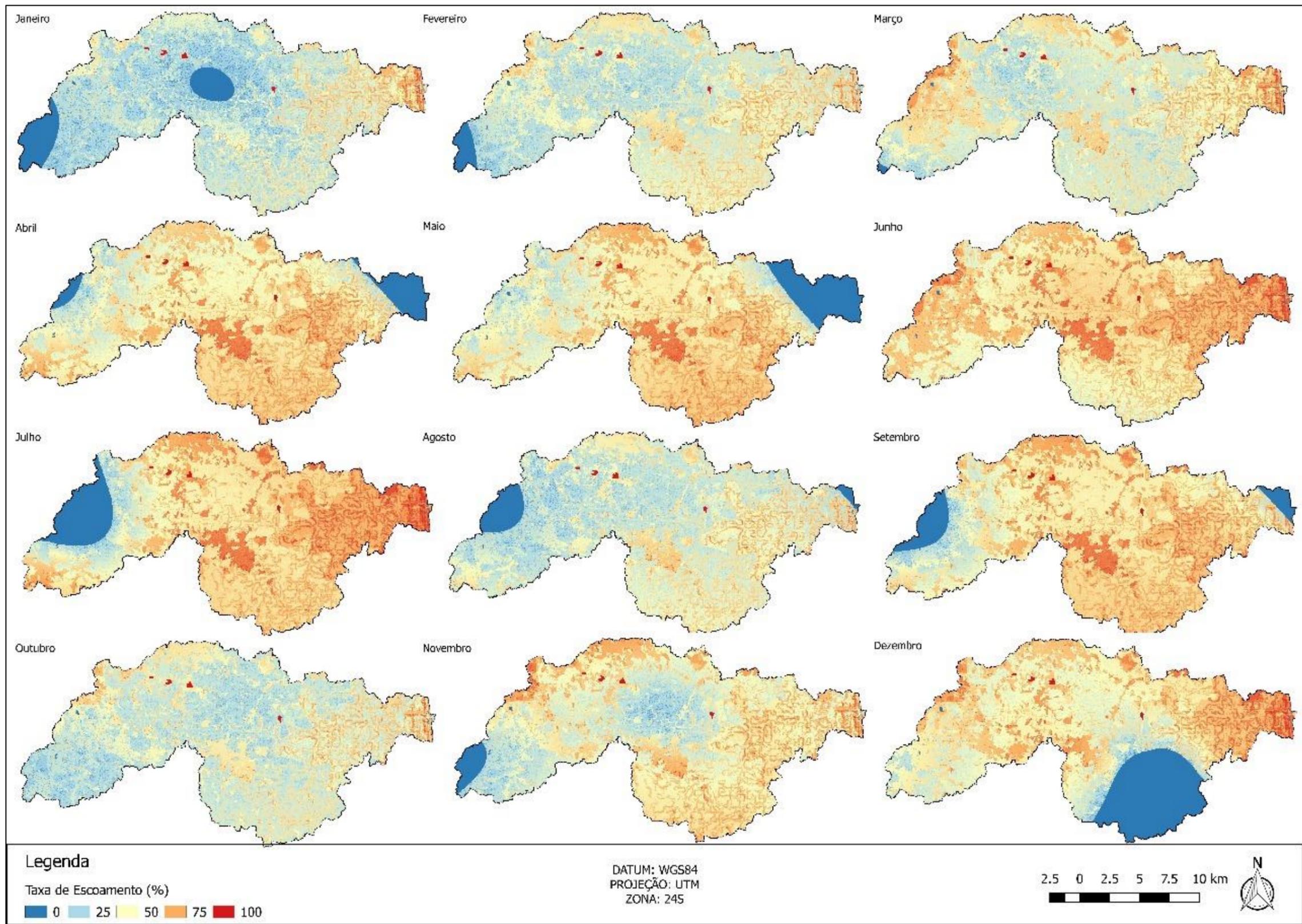


Figura 20: Taxa de escoamento superficial na bacia do Rio Capivari no ano de 2017.

Em relação a áreas urbanizadas que se encontram dentro da bacia, essas apresentaram valores de escoamento elevados pois, a maior parte da precipitação escoou superficialmente tendo em vista a maior taxa de impermeabilização, com exceção para áreas de parques, praças e pequenas áreas permeáveis (TUCCI, 1993). Essa água é normalmente direcionada para dutos que escoam para as partes mais baixas, normalmente rios ou riachos, porém quando essa drenagem é deficiente, podem acarretar a ocorrência de alagamentos (SALOMÃO, 2012) representando uma fonte de proliferação e disseminação de doenças, merecendo a devida atenção por parte dos gestores municipais.

CONCLUSÕES

- A bacia do Rio Capivari não apresenta propensão a enchentes, porém acredita-se que a predominância das altas declividades nas áreas de drenagem, aliados a falta de vegetação ciliar, favoreça o aumento da vulnerabilidade dessas áreas à erosão.
- A vegetação natural é escassa na maior parte da bacia, que apresenta vegetação adequada apenas nas áreas próximas a foz, sendo a nascente a área que apresenta o maior grau de degradação.
- As mudanças de uso e cobertura apresentaram impacto direto na manutenção do fluxo hídrico do Rio Capivari.
- As maiores taxas de precipitação, as características do solo e a maior declividade na foz, influenciaram a maior vulnerabilidade ao escoamento, segundo o modelo proposto, porém as APPs mais conservadas tem sido efetivas na manutenção da perenidade do Rio Capivari nessas áreas.
- As áreas consideradas mais críticas em relação ao risco de erosão hídrica para o ano de 2017 foram as do médio Capivari, pois apresentaram alta pluviosidade em determinados meses, porém não apresentam APPs nas áreas de mata ciliar nem nos topos de morro, o que favorece ainda mais a vulnerabilidade dessas áreas à erosão.
- O modelo proposto apresentou bons resultados permitindo a determinação das áreas mais suscetíveis ao escoamento dentro da bacia do Capivari.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O Rio Capivari é uma fonte potencial de recursos hídricos para a população região onde está inserido, porém não tem recebido a devida atenção por parte dos órgãos ambientais locais e regionais quanto à devida fiscalização e aplicação das normativas disponíveis para a preservação e conservação dos seus recursos. Assim, recomenda-se que seja feito o registro da bacia do Rio Capivari na Secretaria de Meio Ambiente da Bahia, uma vez que esse é um rio com grande importância local, além de ser citado como um dos principais afluentes do Paraguaçu.

A partir do registro recomenda-se que seja feita a devida interlocução por parte da Secretaria de Meio Ambiente com os gestores do município para que cada um possa assumir a responsabilidade de executar as ações de preservação com observância para o cumprimento da Lei de Recursos Hídricos (9.433) e o Novo Código Florestal (12.651).

Para a área da nascente, a recomendação é que seja respeitada faixa de preservação de 50m, além da recuperação da vegetação. A mata ciliar deve ser recuperada para o trecho que vai de Castro Alves à Muritiba, tendo em vista que nesses trechos a vegetação ciliar foi retirada para implantação de pastagens e/ou cultivos agrícolas, acelerando o processo de degradação do Rio Capivari.

Para os municípios de São Feliz recomenda-se a manutenção e conservação da vegetação ciliar e dos topos de morro tendo em vista a maior susceptibilidade desses locais à erosão hídrica, principalmente em decorrência do relevo mais acidentado e as taxas de pluviosidade mais altas.

Recomenda-se ainda a implantação de projetos de extensão rural para os agricultores da região visando a implantação das práticas de manejo e conservação do solo e da água visando a diminuição do carreamento de sedimentos e poluentes para o leito do rio e seus afluentes.

Para o Modelo proposto, recomenda-se que seja feito um levantamento mais detalhado dos solos da bacia para um melhor refinamento nos resultados.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Panorama das Águas. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas> Acesso em: novembro de 2017.

ANDRADE, A. G.; FREITAS, P. L.; LANDERS, J. **Aspectos gerais sobre o manejo e conservação do solo e da água e as mudanças ambientais.** In: Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Embrapa Solo. pp.25-40, 2010.

ANJOS, L. H. C. & PEREIRA, M. G. **Aspectos gerais relacionados à expansão da agricultura brasileira.** In: Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Embrapa Solo. pp.81-84, 2010.

APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 239-256, 2016.

BECK, H. E.; BRUIJNZEEL, L. A.; VAN DIJK, A. I. J. M.; MCVICAR, T. R.; SCATENA, F. N.; SCHELLEKENS, J. The impact of forest regeneration on streamflow in 12 mesoscale humid tropical catchments. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.17(7), p. 2613-2635, 2013.

BELLUTA, I. *et al.* Assoreamento de Lago da Sub-Bacia do Córrego da Cascata, em Botucatu (SP): Implicações Morfométricas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 15, n. 50, p. 172–186, 2014.

BENDA, FABRICIA; ALVES, M. G.; CORRÊA, F. P. Estudo do risco de degradação por assoreamento dos corpos d'água superficiais utilizando SIG. **Informática Pública**, v. 9, n. 2, p. 55-69, 2007.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: Erosão e conservação de Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Editora Bertrand Brasil LTDA, Rio de Janeiro, 8ª ed., p. 269-300, 2012.

BOZZETTI, J.; SILVEIRA, R. L. L. O uso do geoprocessamento na análise espacial dos condomínios e loteamentos fechados em Santa Cruz do Sul-RS. **Revista Jovens Pesquisadores**, 2014.

BRAGAGNOLO, N. **Planejamento do uso da terra em microbacias hidrográficas.** In: Manejo e Conservação do Solo e da Água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.

BRANDÃO, V. S. *et al.* **Infiltração de Água no solo.** 3º ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.

BRASIL. Decreto nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Estabelece o Novo Código Florestal.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 out. 2012. Seção 1, p82.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Diário Oficial União, Brasília, 9 de janeiro de 1997.

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.433-442, 2012.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CONERH. Plano Estadual de Recursos Hídricos PERH/Ba. **Resolução CONERH Nº 01/2005**. Salvador, 2005.

CASTRO, C. N. “**Gestão das águas: experiências internacional e brasileira**”. Textos para discussão, n. 1477, Brasília: IPEA, 2012.

CECÍLIO, R. A. *et al.* Aplicação dos modelos RUSLE e WEPP para a estimativa da erosão hídrica em microbacia hidrográfica de Viçosa (MG). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 2, p. 39-45, 2009.

COSTA, H. H. F. G. Água Grande, Pedras Duras; história e memórias do Rio Paraguaçu: um olhar cultural sobre populações ribeirinhas. **Anais... III ENECULT – Encontro de Estudos Multidisciplinares em Cultura**. Faculdade de Comunicação/UFBA, Salvador-Bahia, 2007.

COSTA, D. A. T.; RIBEIRO JUNIOR, L. U.; PASIN, L. A. A. P. Proposta Metodológica para Classificação de Impacto nas Áreas de Preservação Permanente APP de Margem de Rio. **Revista Científica da FEPI**, v. 6, n. 1, 2015.

COSTA, C. D. O. *et al.* Produção e deposição de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica com solos suscetíveis à erosão. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 284-299, 2016.

CRĂCIUN, A. I. *et al.* Estimation of runoff coefficient according to soil moisture using GIS techniques. **Geographia Technica**, v. 8, n. 1, 2009.

DE MARIA, I. C. **Geotecnologias e modelos aplicados ao manejo e conservação do solo e da água**. In: Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Embrapa Solo. pp.95-104, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10., 1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1)

ESTRADA A. F. D.; ESTRADA J. A. F. D. A utilização de Sistema de Informação Geográfica como suporte para a Gestão Ambiental: Um breve levantamento teórico-conceitual. In: IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão. **Anais....** 2013. ISSN 1984-9354

FELIPPE, M. F. *et al.* Conexões geo-históricas e contemporâneas entre ocupação territorial, degradação ambiental e rarefação hídrica na Bacia do Rio Doce. **Revista Geografias**, p. 203-222, 2016.

FERREIRA, N. C. **Apostila de sistema de informações geográficas**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – Sistemas de Informações Geográficas. Goiânia, 2006.

FERNANDES, A. L. V.; IZIPPATO, F. J.; OLIVEIRA, W. Utilização de SIG e técnicas de geoprocessamento como subsídio à caracterização e análise de uso da terra no Município de Água Clara/MS para fins de planejamento ambiental. **Revista Científica ANAP Brasil**. v. 4, n. 4, 2011, pp. 65-77.

FERNANDES, M. M.; CARVALHO, D. F.; CEDDIA, M. B.; FRANCELINO, M. R. Valuation of environmental effects of erosion in external two sub-watersheds with different percentages of forest atlantic. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, 2014.

FERNANDEZ, P.; DELGADO, E.; LOPEZ-ALONSO, M.; POYATOS, J. M. GIS environmental information analysis of the Darro River basin as the key for the management and hydrological forest restoration. **Science of the Total Environment**, p. 1154–1164, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.190>

FERREIRA, C. S. S. et al. Runoff, sediment and nutrient exports from a Mediterranean vineyard under integrated production: An experiment at plot scale. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 256, p. 184-193, 2018.

FILGUEIRA DE SÁ, T. F. *et al.* Sistema de informações geográficas (SIG) para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais**. Recife - PE, p. 001 – 004, 2010.

FINOTTI, A. R.; CEMIN, G.; PÉRICO, E. Potencialidades do Sensoriamento Remoto e do Sistema de Informações Geográficas (SIG) no ensino de Hidrologia. **Revista Geografia** (Londrina), v. 20, n. 1, p. 51-65, jan. /abr. 2011.

FIGUEREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Apostila compreensão básica da tecnologia do sensoriamento remoto, 2005.

FLAUZINO, B. K. *et al.* Mapeamento da Capacidade de Uso da Terra como Contribuição ao Planejamento de Uso do Solo em Sub-Bacia Hidrográfica Piloto no Sul de Minas Gerais. **Geociências (São Paulo)**, v. 35, n. 2, p. 277-287, 2016.

FRACALANZA, A. P.; JACOB, A. M.; EÇA, R. F. Justiça ambiental e práticas de governança da água: (re)introduzindo questões de igualdade na agenda. **Ambiente e Sociedade**, v.16, n.1, p.19-38, 2013.

GODARD, O. A gestão integrada dos recursos naturais e do meio ambiente: conceitos, instituições e desafios de legitimação. In: **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental**. p. 201- 266. São Paulo: Cortez. 1997.

GONÇALVES, A. A. & BATISTA, L. S. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Jacarecica/SE. In: **anais... do 2º Congresso Internacional RESAG: Gestão da Água e Monitoramento Ambiental**. Aracaju/SE, 2015.

GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R.; ALVES, F. S. Relação entre as variáveis Geomorfométricas e a Vegetação Florestal na Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá-Oeste do RS. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 29, p. 246-261, 2015.

GUPTA, M.; GOYAL, V.C.; TARANNUM, F.; PATIL, J. P. Designing a watershed scorecard as a performance evaluation tool for Ur River watershed, Tikamgarh District, Madhya Pradesh. **International Soil and Water Conservation Research**, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.10.001>

GURÃO C. e DANA L. P. Environmentally-driven community entrepreneurship: Mapping the link between natural environment, local community and entrepreneurship. **Technological Forecasting & Social Change**, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.023>

HANIFA, I. e SANTOS, P. G. The importance of population control and macroeconomic stability to reducing environmental degradation: An empirical test of the environmental Kuznets curve for developing countries. **Environmental Development**, v.23, p. 1-9, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2006. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=29&search=bahia> Acesso em: Novembro de 2017.

IBGE. **Manual técnico de uso e cobertura da terra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013

IBGE. **Bahia**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=29&search=bahia>. Acesso em: novembro de 2017.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. Observatorium: **Revista Eletrônica de Geografia**, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.

LUPPI, A. S. L. *et al.* Utilização de Geotecnologia para o Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Município de João Neiva, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 13-22, 2015.

KIEL, R. **Detecção de mudanças no uso e na cobertura do solo em uma série temporal de imagens da região da campanha do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, 2008.

KOSOLAPOVA N. A.; MATVEEVA, L. G.; NIKITAEVA, A. Y.; MOLAPISI, L. Modeling resource basis for social and economic development strategies: Water resource case. *Journal of Hydrology*, 553, p. 438-446, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.08.007>

MACEDO, D. R.; BERTOLINI, W. Z. Abordagem conceitual-metodológica na definição de Unidades de Paisagem (UPs) para o município de Aimorés/MG: contribuições da geomorfologia para o planejamento ambiental. **Revista Geografias**, v. 4, n. 1, p. 41-53, 2008.

MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; BALBINO, L. C. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais – Panorama Brasil**. In: Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Embrapa Solo. pp.41-52, 2010.

MAFRA, N. M. C. Erosão e Planificação de Uso do Solo. In: Erosão e conservação de Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Editora Bertrand Brasil LTDA, Rio de Janeiro, 8ª ed., p. 301- 322, 2012.

MELO, I. S.; SILVA, D. B.; SANTOS, A. L.A.; SANTANA, F. S.; SANTANA, B. L.P. Atividades antrópicas e degradação ambiental na sub-bacia hidrográfica do Rio Itamirim-SE. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 435-442, 2016.

MARENCO, J. A. Vulnerability and adaptation (VIA) to climate change in the semi-arid region of Brazil. In: *Brazil and climate change: Vulnerability, impacts and adaptation*. Center for Strategic Studies and Management, Brasília, p 137-164, 2009.

MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B. Solos do Nordeste. Embrapa Solos, Recife/PE, 8p. 2014.

MENESES, P. L. **Princípios de sensoriamento remoto**. In: introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília, 2012, pp. 1-31.

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G.H.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A. (2010). **Processos e modelagem da erosão: da parcela à bacia hidrográfica**. In Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Embrapa Solo. pp.105-121.

MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de Bacias Hidrográficas Através de SIGs Livres e Gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 37 - 2, p. 16-22, 2014.

BASTAWESY, M. E. e ELLA, E. M. A. E. Quantitative estimates of flash flood discharge into waste water disposal sites in Wadi Al Saaf, the Eastern Desert of Egypt. **Journal of African Earth Sciences**, v. 136, p. 312-318, 2017.

MOREAU, A. M. S. d. S., KER, J. C., COSTA, L. M. d., GOMES, F. H. Caracterização de solos de duas topossequências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 30:1007-1019, 2006.

NARDINI, R. C.; CAMPOS, S.; GOMES, L. N.; RIBEIRO, F. L., PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, M. Técnicas de Geoprocessamento para Análise Morfométrica da Microbacia do Ribeirão Alto Água Fria – Bofete (SP). **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 10(2), p. 170-180, 2016.

NOORHOSSEINI, S. A.; ALLAHYARI, M. S.; DAMALAS, C. A.; MOGHADDAM, S. S. Public environmental awareness of water pollution from urban growth: The case of Zarjub and Goharrud rivers in Rasht, Iran. **Science of the Total Environment**, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.128>

OLIVEIRA, V. Á. *et al.* Manual técnico de Pedologia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2º ed. Rio de Janeiro, 316 p. 2007.

OLIVEIRA, F. G.; SERAPHIM, O. J.; BORJA, M. E. L. Estimativa de perdas de solo e do potencial natural de erosão da bacia de contribuição da microcentral hidrelétrica do Lageado, Botucatu-SP. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 302-309, 2015.

PEREIRA, B. W. F. *et al.* Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 472, 2016.

PEREIRA, J. L. G. *et al.* Classificação da cobertura da terra na Amazônia com base em imagens de satélite e caracterização das classes com relação à superfície do terreno. **Geografia** (Londrina), v. 21, n. 3, p. 115-131, 2012.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A Utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: Conceito de bacias hidrográficas, teoria e aplicação. **Editora da UESC**, Ilhéus, BA, 289p. 2002.

QUEIROZ, U. M. Utilização da Geoinformação para Estudos da Supressão de Área de Preservação Permanente da Região da Sub Bacia do Capivari-BA. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA.

RAMOS, D. P. & REGO FILHO, L. M. **Pedologia e Interpretações para o Manejo e a Conservação do Solo e da Água**. In: Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Embrapa Solo. pp.85-94, 2010.

RANZINI, M. **Modelagem hidrológica de uma microbacia florestada da Serra do Mar, SP, com o modelo TOPMODEL—simulação do comportamento hidrológico em função do corte raso**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2002.

RENNÓ, C. D. **Construção de Um Sistema de Análise e Simulação Hidrológica: Aplicação a Bacia Hidrológica**. INPE. 2003. Tese de Doutorado.

RIBEIRO, L. P. **Os latossolos amarelos do Recôncavo baiano: gênese, evolução e degradação**. Salvador - BA: CADCT/FAPEX, pp. 99 1998.

ROCHA FILHO, K. L. da. **Modelagem Hidrológica da Bacia do Rio Pirajuçara com TOPMODEL, Telemetria e Radar Meteorológico**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

RODRIGUES, M. G. F. NACIF P. G. S.; COSTA, O. V.; OLSZEWSKI, N. Solos e suas relações com as paisagens naturais no município de Cruz das Almas-BA. **Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande**, v. 9, n. 2, p. 193-205, 2009.

RODRIGUES, E. L.; ELMIRO, M. A. T.; JACOBI, C. M.; LAMOUNIER, W. L. Application of SWAT Model in the evaluation of water consumption in planted forest areas in Pará river basin, Upper São Francisco, in Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, p. 485-500, 2015.

RODRIGUES, R. S. S. *et al.* Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço – Pará – Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 143-150, 2016.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: Erosão e conservação de Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Editora Bertrand Brasil LTDA, Rio de Janeiro, 8ª ed., p. 229-268, 2012.

SANTANA, S. O., et al. Solos da região sudeste da Bahia: atualização da legenda de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. *Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)* (2002).

SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. D. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, 31(5), 2007.

SANTOS, G. O. *et al.* Mapeamento e Caracterização das Áreas de Preservação Permanentes no Córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Ciência & Tecnologia**, v. 7, n. 1, 2015.

SÃO MIGUEL, A. E. *et al.* Análise do Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia do Ribeirão do Meio, Brasilândia/MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 5, p. 1088-1098, 2012.

SARTORI, A. **Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos**. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Estatísticas dos Municípios Baianos**. SEI, v. 4, n. 1, Salvador, 2012.

SILVA, I. C.; OLIVEIRA, J. H. M. Utilização de Variáveis Geomorfométricas na Associação Solo-Relevo: Bacia Hidrográfica do Riacho do Brejo Grande (Nordeste da Bahia). **Revista Geonorte**, 5(21), 147-153, 2016.

SILVA, A. A. R. Formação territorial de Cachoeira e São Félix-BA: a geomorfologia como processo condicionante. In: **Anais do V Simpósio Cidades Médias e Pequenas da Bahia**, 2016.

SCHMITT, A. & MOREIRA, C. R. Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS. **Revista Cultivando o saber**, (Edição especial), p. 125-137, 2015.

SOARES, L. S. *et al.* Análise Morfométrica e Priorização de Bacias Hidrográficas como Instrumento de Planejamento Ambiental Integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 82-100, 2016.

SOARES, M. R. G. D. J.; Fiori, C. O.; SILVEIRA, C. T. D.; Kaviski, E. Eficiência do método Curve Number de retenção de águas pluviais. **Mercator (Fortaleza)**, v.16, 2017.

SOUZA, J. R.; REIS, L. N. G. Mapeamento e Análise do Uso dos Solos no Município de Ibiá – MG Utilizando o Software SPRING 5.1.8: análise da dinâmica agropecuária. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v.3, n.8, p.141-163, dez.2011.

SPERANDIO, H. V. *et al.* Avaliação da erosão hídrica pela alteração na superfície do solo em diferentes coberturas vegetais de uma sub-bacia hidrográfica no Município de Alegre, ES. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1411-1418, 2012.

SUZUKI, L. E. A. S. *et al.* Concentração de nutrientes em solos perdidos por erosão hídrica em propriedades agrícolas sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. **Anais... X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**. Foz do Iguçu/PR, 2012.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, 2015.

TUCCI, Carlos EM. Escoamento superficial. **Hidrologia: ciência e aplicação**, v. 4, p. 391-437, 1993.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. Curso de Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. **Ministério do Meio Ambiente/SQA. Brasília: MMA/SQA**, 2006.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados. São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

TURETTA, A. P. D.; PRADO, R. B.; SCHULER, E. A. **Serviços ambientais no Brasil: do conceito à prática**. In: Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Embrapa Solo. pp.239-254, 2010.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.55-64, 2010.

VIEIRA, C. D.; OLIVEIRA, A.E.F.; ALVES, W.G.; LEÃO, O.M.R. Análise da degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Alcântara no município de São Gonçalo, leste metropolitana do Rio de Janeiro. **REVISTA EQUADOR**, v. 5, n. 4, p. 93-105, 2016.

VENEZIANI, Y. **A abordagem da geomorfologia antropogênica e de modelagens hidrológica e hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes (SP) para determinação de picos de vazão e da vulnerabilidade a inundações**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

World Bank. Water Resources Sector Strategy: Strategic Directions for World Bank Engagement. In: bancomundial.org.br, 2003.

YU, X.; GENG Y.; DONG, H.; FUJITA, T.; LIU, Z. Emergency-based sustainability assessment on natural resource utilization in 30 Chinese provinces. **Journal of Cleaner Production**, v.133, p.18-27, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.103>

YU, D.; XIE, P.; DONG, X.; SU, B.; HU, X.; WANG, K.; XU, S. The development of land use planning scenarios based on land suitability and its influences on eco-hydrological responses in the upstream of the Huaihe River basin. **Ecological modelling**, 2018.

ZANETTI, S. S. **Modelagem hidrológica em microbacia hidrográfica da bacia do rio Paraíba do Sul**. Tese de Doutorado em Produção Vegetal – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2007, 135 f.

ZANATA, J. M.; PIROLI, E. L.; DELATORRE, C. C. M.; GIMENES, G. R. Análise do uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente da microbacia Ribeirão Bonito, apoiada em técnicas de geoprocessamento. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 5, p. 1262-1272, 2012.

APÊNDICE I – Matizes de erro das classificações

- **1973**

	Floresta	Agricultura	Pastagem	Solo_exposto	Urbano	Água	Abstenção	Soma lin.
Floresta	260 7.78%	13 1.39%	10 1.07%	0 0.00%	5 0.53%	0 0.00%	0 0.00%	288
Agricultura	10 1.07%	83 8.87%	8 0.85%	2 0.21%	10 1.07%	0 0.00%	1 0.11%	114
Pastagem	3 0.32%	4 0.43%	149 15.92%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	156
Solo_exposto	2 0.21%	6 0.64%	0 0.00%	41 4.38%	3 0.32%	0 0.00%	1 0.11%	53
Urbano	7 0.75%	16 1.71%	3 0.32%	13 1.39%	177 18.91%	0 0.00%	5 0.53%	221
Água	1 0.11%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	102 10.90%	1 0.11%	104
Soma col.	283	122	170	56	195	102	8	936

	Exatidão do Produtor	Exatidão do Usuário
Floresta	91.87%	90.28%
Agricultura	68.03%	73.45%
Pastagem	87.65%	95.51%
Solo_exposto	73.21%	78.85%
Área_urbana	90.77%	81.94%
Água	100.00%	99.03%

Desempenho geral: 86.75 %

Confusão média: 12.39 %

Abstenção média: 0.85 %

Estatística KHAT: 83.39 %

Variância KHAT: 1.898e-004

Estatística TAU: 84.10 %

• **1994**

	Água	Agricultura	Mata_cilia	Mata_Secun	Pastagem	Solo_expos	Urbano	Abstenção	Soma lin.
Água	5274 16.74%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	5274
Agricultura	0 0.00%	4210 13.36%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4210
Mata_cilia	0 0.00%	0 0.00%	5717 18.15%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	5717
Mata_Secun	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2657 8.43%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2657
Pastagem	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4372 13.88%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4372
Solo_expos	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1792 5.69%	0 0.00%	0 0.00%	1792
Urbano	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	7484 23.75%	0 0.00%	7484
Soma col.	5274	4210	5717	2657	4372	1792	7484	0	31506

Exatidão do produtor Exatidão do usuário

Água	100.00%	100.00%
Agricultura	100.00%	100.00%
Mata_cilia	100.00%	100.00%
Mata_Secun	100.00%	100.00%
Pastagem	100.00%	100.00%
Solo_expos	100.00%	100.00%
Urbano	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 100.00 %

Confusão média: 0.00 %

Abstenção média: 0.00 %

Estatística KHAT: 100.00 %

Variância KHAT: 0.000e+000

Estatística TAU: 100.00 %

• 2000

	Água	Agricultura	Mata_Cilia	Mata_Secun	Pastagem	Solo_expos	Urbano	Abstenção	Soma lin.
Água	4976 19.76%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4976
Agricultura	0 0.00%	5083 20.19%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	5083
Mata_Cilia	0 0.00%	0 0.00%	3636 14.44%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3636
Mata_Secun	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3610 14.34%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3610
Pastagem	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2246 8.92%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2246
Solo_expos	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2591 10.29%	0 0.00%	0 0.00%	2591
Urbano	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3038 12.07%	0 0.00%	3038
Soma col.	4976	5083	3636	3610	2246	2591	3038	0	25180

	Exatidão do produtor	Exatidão do usuário
Água	100.00%	100.00%
Agricultura	100.00%	100.00%
Mata_Cilia	100.00%	100.00%
Mata_Secun	100.00%	100.00%
Pastagem	100.00%	100.00%
Solo_expos	100.00%	100.00%
Urbano	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 100.00 %

Confusão média: 0.00 %

Abstenção média: 0.00 %

Estatística KHAT: 100.00 %

Variância KHAT: 0.000e+000

Estatística TAU: 100.00 %

• 2003

	Água	Agricultura	Mata_Cilia	Mata_Secun	Pastagem	Solo_expos	Urbano	Abstencao	Soma lin.
Água	7434 36.84%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	7434
Agricultura	0 0.00%	3391 16.81%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3391
Mata_Cilia	0 0.00%	0 0.00%	1979 9.81%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1979
Mata_Secun	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1533 7.60%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1533
Pastagem	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3053 15.13%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3053
Solo_expos	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1290 6.39%	0 0.00%	0 0.00%	1290
Urbano	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1498 7.42%	0 0.00%	1498
Soma col.	7434	3391	1979	1533	3053	1290	1498	0	20178

	Exatidão do produtor	Exatidão do usuário
Água	100.00%	100.00%
Agricultura	100.00%	100.00%
Mata_Cilia	100.00%	100.00%
Mata_Secun	100.00%	100.00%
Pastagem	100.00%	100.00%
Solo_expos	100.00%	100.00%
Urbano	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 100.00 %

Confusão média: 0.00 %

Abstenção média: 0.00 %

Estatística KHAT: 100.00 %

Variância KHAT: 0.000e+000

Estatística TAU: 100.00 %

• 2014

	Água	Agricultura	Mata_Cilia	Mata_Secun	Pastagem	Solo_expos	Urbano	Abstenção	Soma lin.
Água	2246 22.07%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2246
Agricultura	0 0.00%	1200 11.79%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1200
Mata_Cilia	0 0.00%	0 0.00%	1865 18.32%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1865
Mata_Secun	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1209 11.88%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1209
Pastagem	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1167 11.46%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1167
Solo_expos	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1118 10.98%	0 0.00%	0 0.00%	1118
Urbano	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	1374 13.50%	0 0.00%	1374
Soma col.	2246	1200	1865	1209	1167	1118	1374	0	10179

Exatidão do produtor

Exatidão do usuário

Água	100.00%	100.00%
Culturas	100.00%	100.00%
Mata_Cilia	100.00%	100.00%
Mata_Secun	100.00%	100.00%
Pastagem	100.00%	100.00%
Solo_expos	100.00%	100.00%
Urbano	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 100.00 %

Confusão média: 0.00 %

Abstenção média: 0.00 %

Estatística KHAT: 100.00 %

Variância KHAT: 0.000e+000

Estatística TAU: 100.00 %

• 2017

	Água	Agricultura	Mata_cilia	Mata_secun	Pastagem	Solo_expos	Urbano	Abstenção	Soma lin.
Água	7030 18.60%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	7030
Agricultura	0 0.00%	5102 13.50%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	5102
Mata_cilia	0 0.00%	0 0.00%	7930 20.98%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	7930
Mata_secun	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6224 16.47%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	6224
Pastagem	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4299 11.37%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	4299
Solo_expos	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3264 8.63%	0 0.00%	0 0.00%	3264
Urbano	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	3951 10.45%	0 0.00%	3951
Soma col.	7030	5102	7930	6224	4299	3264	3951	0	37800

Exatidão do produtor

Exatidão do usuário

Água	100.00%	100.00%
Agricultura	100.00%	100.00%
Mata_cilia	100.00%	100.00%
Mata_secun	100.00%	100.00%
Pastagem	100.00%	100.00%
Solo_expos	100.00%	100.00%
Urbano	100.00%	100.00%

Desempenho geral: 100.00 %

Confusão média: 0.00 %

Abstenção média: 0.00 %

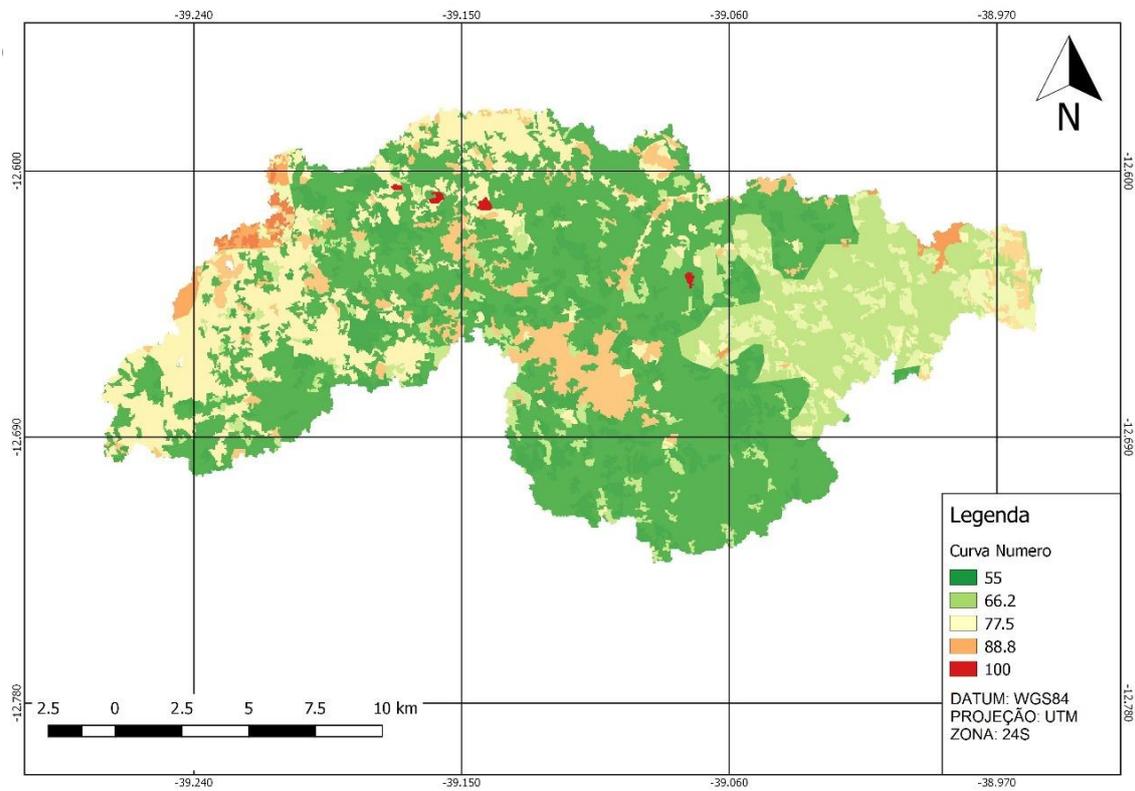
Estatística KHAT: 100.00 %

Variância KHAT: 0.000e+000

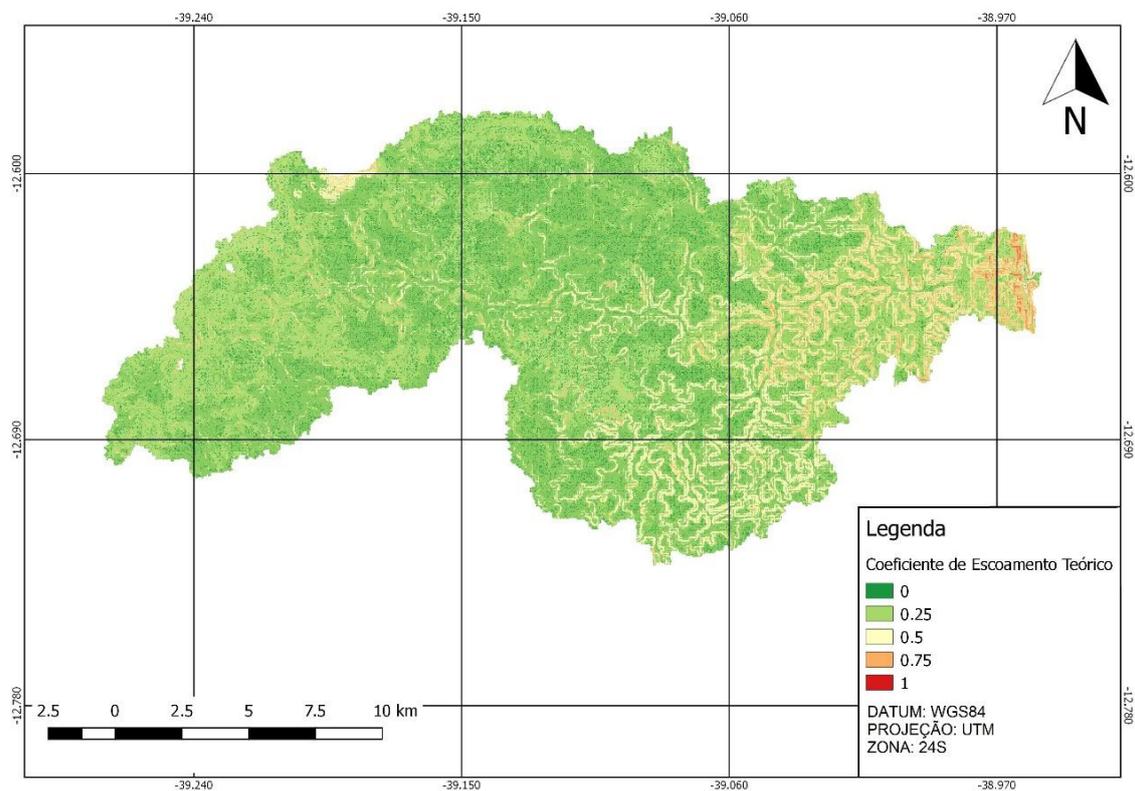
Estatística TAU: 100.00 %

APÊNDICE II – Variáveis envolvidas no cálculo da Infiltração cumulativa.

- Valores de CN



- Coeficiente de runoff



APÊNDICE III - Escoamento feito com base na interpolação pelo método de Thiessen.

