



Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais - PPGCTA

Emilly da Silva Farias

**MUDANÇAS NO USO DO SOLO E COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO
DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E
JUCURUÇU, BAHIA**

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

PORTO SEGURO - BA

DEZEMBRO – 2020

Emilly da Silva Farias

**MUDANÇAS NO USO DO SOLO E COMPORTAMENTO
HIDROLÓGICO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS
PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU, BAHIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Sul da Bahia e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais para obtenção do Título de Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

PORTO SEGURO - BA

DEZEMBRO – 2020

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia – Sistema de Bibliotecas

F224m Farias, Emilly da Silva, 1996 -
Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico das
bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu,
Bahia. / Emilly da Silva Farias. – Porto Seguro, 2020. -
118 f.

Orientador: João Batista Lopes da Silva
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Sul da
Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias
Ambientais. Campus Sosígenes Costa.

1. Desmatamento. 2. Disponibilidade Hídrica. 3.
Geoprocessamento. 4. Mata Atlântica. I. Silva, João Batista
Lopes da. II. Título.

Aos meus pais, Clóvis
e Eleni, e ao meu
irmão, Guilherme.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser alicerce em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Clóvis e Eleni, pelo cuidado e dedicação que foram e sempre serão minha esperança para seguir em frente. Obrigada por nunca terem medido esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Ao meu irmão Guilherme, que foi o meu primeiro amigo, gratidão pelo carinho e companheirismo.

Ao meu orientador João Batista, pela oportunidade, dedicação, paciência e principalmente por toda a confiança depositada em mim durante a realização deste trabalho.

Aos professores e aos colegas do Programa de Pós Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais. Em especial, às minhas amigas Joscélia e Raquel, que tornaram a caminhada mais leve, e ao meu colega Samuel, que sempre esteve disponível para me auxiliar e tirar as dúvidas que surgiram durante o processo.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pela concessão da bolsa de iniciação de pesquisa, que auxiliou na execução deste trabalho.

“Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a um novo nível.”

Thomas Jefferson

Sumário

RESUMO GERAL	8
ABSTRACT	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	13
INTRODUÇÃO GERAL	14
REFERÊNCIAS	20
CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU	24
Resumo	24
Abstract.....	24
INTRODUÇÃO.....	25
MATERIAL E MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
EVOLUÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU, BAHIA	44
Resumo	44
Abstract.....	44
INTRODUÇÃO.....	45
MATERIAL E MÉTODOS	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
CONCLUSÃO.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU	73
Resumo	73
Abstract.....	73
INTRODUÇÃO.....	73
MATERIAL E MÉTODOS	75
RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
CONCLUSÃO.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU, BAHIA	88
Resumo	88
Abstract.....	88
INTRODUÇÃO.....	89
MATERIAL E MÉTODOS	90
RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
CONCLUSÃO.....	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
CONCLUSÃO GERAL.....	117

Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia

RESUMO GERAL

As atividades de uso da terra, mesmo que em pequenas proporções, têm capacidade de causar interferências no comportamento hidrológico de bacias hidrográficas. Em virtude dos processos de substituição da vegetação nativa por atividades antrópicas estarem ocorrendo em escalas cada vez maiores, torna-se necessário que sejam analisados e compreendidos seus efeitos e consequências na disponibilidade hídrica das bacias. Diante disso, neste trabalho buscou-se analisar a influência que mudanças do uso e ocupação do solo exercem sobre o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, localizadas no território de identidade do Extremo Sul da Bahia. Para tanto, foram utilizados dados das séries históricas das estações fluviométricas localizadas nas áreas de drenagem das bacias hidrográficas estudadas, importadas do portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. A partir destas, foram obtidas as variáveis hidrológicas anuais: vazões máxima, média e mínima. Os dados relativos ao tamanho da área, extensão e delimitação das classes foram cedidos pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia. A análise dos dados foi realizada a partir da comparação dos mapas de uso e ocupação do solo e das áreas ocupadas pelas 18 classes analisadas, verificando-se assim, as mudanças ocorridas em cada período. Posteriormente, fez-se a associação dos dados através de análise quantitativa executada no software SAS *University Edition*, onde foram obtidas correlações estatísticas simples entre as variáveis. As bacias dos rios Itanhém e Jucuruçu apresentaram as pastagens como atividade predominante em seu território, ocupando uma área equivalente a 66,1% e 62,9%, respectivamente. Já a bacia do rio Peruípe é ocupada atualmente por pastagens (32,4%) e eucalipto (32,1%). A expansão das áreas destinadas a pecuária (Itanhém e Jucuruçu) ocorreu em virtude da supressão de áreas de vegetação nativa, que sofreram uma diminuição significativa nessas bacias. Acredita-se que o fato das bacias serem ocupadas predominantemente por atividades antrópicas, esteja contribuindo de forma direta na diminuição dessas vazões, uma vez que a análise de correlação demonstrou que a expansão dessas áreas tem influenciado a diminuição das vazões mínimas. Portanto, torna-se necessário o equilíbrio dos objetivos econômicos com os prejuízos ambientais que tais culturas causam, através de políticas públicas que garantam o planejamento e a gestão preventiva, de forma a garantir uma segurança na disponibilidade hídrica dessas bacias.

Palavras-chave: Desmatamento. Disponibilidade Hídrica. Geoprocessamento. Mata Atlântica.

Changes in land use and hydrological behavior of the Peruípe, Itanhém and Jucuruçu river basins, Bahia

ABSTRACT

Land use activities, even in small proportions, are capable of causing interference in the hydrological behavior of river basins. Due to the fact that the substitution of native vegetation by anthropic activities is taking place on increasingly larger scales, it is necessary to analyze and understand its effects and consequences on the water availability of the basins. Therefore, this work sought to analyze the influence that changes in land use and occupation have on the hydrological behavior of the hydrographic basins of the Peruípe, Itanhém and Jucuruçu rivers, located in the identity territory of the Extreme South of Bahia. For this purpose, data from the historical series of the fluviometric stations located in the drainage areas of the studied watersheds, imported from the HidroWeb portal of the National Water and Sanitation Agency, were used. From these, the annual hydrological variables were obtained: maximum, average and minimum flows. The data related to the size of the area, extension and class delimitation were provided by the Forestry Forum of the Extreme South of Bahia. The data analysis was performed by comparing the maps of land use and occupation and the areas occupied by the 18 classes analyzed, thus verifying the changes that occurred in each period. Subsequently, the association of the data was made through quantitative analysis performed in the software SAS University Edition, where simple statistical correlations between the variables were obtained. The Itanhém and Jucuruçu river basins presented pastures as the predominant activity in their territory, occupying an area equivalent to 66.1% and 62.9%, respectively. The Peruípe river basin is currently occupied by pastures (32.4%) and eucalyptus (32.1%). The expansion of areas for livestock (Itanhém and Jucuruçu) occurred due to the suppression of areas of native vegetation, which suffered a significant decrease in these basins. It is believed that the fact that the basins are occupied predominantly by anthropic activities, is directly contributing to the reduction of these flows, since the correlation analysis has shown that the expansion of these areas has influenced the decrease in minimum flows. Therefore, it is necessary to balance economic objectives with the environmental damage that such cultures cause, through public policies that guarantee preventive planning and management, in order to guarantee security in the water availability of these basins.

Keywords: Deforestation. Water Availability. Geoprocessing. Atlantic forest.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1. Estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.....	27
Tabela 1.2. Estações pluviométricas pertencentes à área de influência das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.....	27
Tabela 1.3. Curvas-chave ajustadas para às estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, com o período a que dizem respeito e o coeficiente de determinação (R^2)	28
Tabela 1.4. Precipitação média anual, precipitação média do trimestre mais seco e precipitação do trimestre mais chuvoso, ocorridas na área de abrangência das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu	30
Tabela 1.5. Contribuição da precipitação de cada estação pluviométrica para a bacia do rio Itanhém.....	32
Tabela 1.6. Contribuição da precipitação de cada estação pluviométrica para a bacia do rio Jucuruçu	32
Tabela 1.7. Contribuição da precipitação de cada estação pluviométrica para a bacia do rio Peruípe	32
Tabela 1.8. Análise de estacionariedade das precipitações nas estações pluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019	34
Tabela 1.9. Estacionariedade das vazões médias das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019	34
Tabela 1.10. Estacionariedade das vazões máximas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019	35
Tabela 1.11. Estacionariedade das vazões mínimas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém, e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019	35
Tabela 1.12. Vazões máxima, mínima, média e de referência das estações fluviométricas das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu em m^3s^{-1}	37
Tabela 1.13. Vazões específicas máxima, mínima e média das estações fluviométricas das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu em $m^3s^{-1}.km^2$	37
Tabela 1.14. Vazões de referência para fins de outorga correspondentes às estações pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu em m^3s^{-1}	38
Tabela 2.1. Classes de uso do solo analisadas nos anos 1990-2006, 2013 e 2018	48
Tabela 2.2. Classes agrupadas para comparação de imagens de sensores distintos.	48
Tabela 2.3. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, da bacia hidrográfica do rio Peruípe, durante o período de 1990 a 2018	49
Tabela 2.4. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, da bacia hidrográfica do rio Itanhém, durante o período de 1990 a 2018.	55
Tabela 2.5. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu, durante o período de 1990 a 2018	61
Tabela 3.1. Parâmetros morfométricos das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu	78
Tabela 3.2. Declividades nas bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu segundo a classificação da EMBRAPA (2006)	82

Tabela 3.3. Classes de exposição do terreno das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.....	83
Tabela 4.1. Classes de uso do solo analisadas nos anos 1990-2006, 2013 e 2018	93
Tabela 4.2. Classes agrupadas para comparação de imagens de sensores distintos.	93
Tabela 4.3. Estações fluviométricas pertencentes à área de drenagem das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.....	94
Tabela 4.4. Curvas-chave ajustadas para as estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, com o período a que dizem respeito e o coeficiente de determinação (R^2)	95
Tabela 4.5. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, da sub-bacia a montante da estação fluviométrica Helvécia (55510000), durante o período de 1990 a 2018	96
Tabela 4.6. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, na sub-bacia a montante da estação fluviométrica Medeiros Neto (55460000), durante o período de 1990 a 2018..	98
Tabela 4.7. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, na sub-bacia a montante da estação fluviométrica Fazenda Cascata (55490000), durante o período de 1990 a 2018	98
Tabela 4.8. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Jucuruçu (55330000), durante o período de 1990 a 2018.....	100
Tabela 4. 9. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Itamaraju (55340000), durante o período de 1990 a 2018.....	100
Tabela 4.10. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica São José do Prado (55360000), durante o período de 1990 a 2018	101
Tabela 4.11. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Cachoeira Grande (55370000), durante o período de 1990 a 2018	101
Tabela 4.12. Classes de uso e ocupação do solo, em km^2 e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Fazenda Rio do Sul (55380000), durante o período de 1990 a 2018	102
Tabela 4.13. Balanço das áreas ocupadas por pastagens e vegetação nativa nas estações fluviométricas pertencentes à bacia do rio Jucuruçu	102
Tabela 4.14. Vazões máximas (Q_{max}), mínimas (Q_{min}) e médias (Q_{med}), em m^3/s , das estações fluviométricas da bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (JU1); Itamaraju (JU2), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4) e Fazenda Rio do Sul (JU5).	103
Tabela 4.15. Vazões máximas (Q_{max}), mínimas (Q_{min}) e médias (Q_{med}), em m^3/s , das estações fluviométricas da bacia do rio Itanhém: Medeiros Neto (IT1) e Fazenda Cascata (IT2).....	104
Tabela 4.16. Vazões máximas (Q_{max}), mínimas (Q_{min}) e médias (Q_{med}), em m^3/s da estação fluviométrica Helvécia (PE1), na bacia do rio Peruípe	104
Tabela 4.17. Estacionariedade das vazões médias das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019	105
Tabela 4.18. Estacionariedade das vazões máximas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019	105
Tabela 4.19. Estacionariedade das vazões mínimas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém, e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019	105
Tabela 4.20. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões máximas (Q_{max}) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas da	

bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (55330000); Itamaraju (55340000), São José do Prado (55360000)	107
Tabela 4.21. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões mínimas (Qmin) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas da bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (55330000); Itamaraju (55340000), São José do Prado (55360000), Cacho	107
Tabela 4.22. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões médias (Qmed) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas da bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (55330000); Itamaraju (55340000), São José do Prado (55360000), Cachoe	108
Tabela 4.23. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões máximas (Qmax), mínimas (Qmin) e médias (Qmed), e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas da bacia do rio Itanhém: Medeiros Neto (55460000) e Fazenda Casc	108
Tabela 4.24. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões máximas (Qmax), vazões mínimas (Qmin) e as vazões médias (Qmed) e as classes de uso e ocupação do solo da estação fluviométrica Helvécia (55510000) da bacia do rio Peruípe.	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Polígonos de Thiessen para as bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu	31
Figura 2.1. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Peruípe entre os anos de 1990 a 2018	51
Figura 2.2. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Itanhém entre os anos de 1990 a 2018.....	59
Figura 2.3. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Jucuruçu entre os anos de 1990 a 2018.	63
Figura 3.1. Representação das classes de exposição do terreno	77
Figura 3.2. Hipsometria e declividade da bacia hidrográfica do rio Itanhém	80
Figura 3.3. Hipsometria e declividade da bacia hidrográfica do rio Peruípe	81
Figura 3.4. Hipsometria e declividade da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu	81
Figura 3.5. Orientação do terreno das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.....	83
Figura 3.6. Hierarquização dos cursos de água das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.....	84
Figura 4.1. Áreas de drenagem a montante das estações fluviométricas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jucuruçu	91
Figura 4.2. Áreas de drenagem a montante das estações fluviométricas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Itanhém.....	91
Figura 4.3. Áreas de drenagem a montante da estação fluviométrica pertencente à bacia hidrográfica do rio Peruípe	92

INTRODUÇÃO GERAL

Para assegurar o controle quantitativo e qualitativo da água, bem como o efetivo exercício dos direitos de acesso a esse recurso, instituiu-se em 1997 a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), sob a Lei n. 9.433, visando consolidar a gestão dos recursos hídricos no Brasil, com objetivo de assegurar à geração atual e às futuras a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados. Esse foi um grande avanço para o gerenciamento dos recursos hídricos no país, de modo que foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), o qual passou a considerar bacias hidrográficas como unidades territoriais básicas para planejamento e gestão dos recursos hídricos, e reconhecer a água como bem finito, de uso público, vulnerável e dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

Apesar da bacia hidrográfica ser definida como área de dimensão variada, onde ocorre captação natural da precipitação, sendo essa direcionada a um único ponto de escoamento (TUCCI, 2012; ROCHA; SANTOS, 2018), ao reconhecê-la como unidade territorial de gestão, é preciso ir além desse conceito clássico e entendê-la como um espaço formado por uma série de fatores físicos, biológicos, sociais e políticos que interagem entre si, mudando todo o sistema (SCHUSSEL; NASCIMENTO NETO, 2015, p. 140).

Nesse contexto, tem-se o clima, as características geomorfológicas e a cobertura do solo como fatores que podem influenciar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica. Porém, em escala local e regional, as mudanças de uso do solo, principalmente para fins extrativistas que não dispõem de manejo adequado, podem comprometer a disponibilidade hídrica (REBOUÇAS et al., 1999; LATUF, 2007; TUCCI, 2012; SOUZA et al., 2017). Tal fato ocorre, pois, ao retirar a cobertura vegetal natural, o solo se torna mais exposto à ação da chuva, favorecendo a formação do selamento superficial e consequente dificuldade de infiltração da água no solo, ou mesmo erosão e degradação do solo (OLIVEIRA et al., 2018).

Qualquer atividade de uso da terra, ainda que em proporções pequenas, tem capacidade para causar interferências no ciclo hidrológico, mesmo que não utilize ou dependa diretamente da água. A interferência hidrológica pode resultar em variações nas vazões, como o aumento das vazões máximas e diminuição das vazões mínimas em casos

em que a cobertura vegetal é retirada, ou o contrário, quando o solo permanece protegido pela vegetação (ROCHA, 2000; TUCCI, 2005; LATUF, 2007; SANTOS, 2010).

Diante disso, os efeitos e consequências do processo de ocupação do território nos ecossistemas precisam ser compreendidos e gerenciados, sendo o levantamento do uso e ocupação do solo uma ferramenta muito utilizada para atender tais objetivos. Neste contexto, destaca-se a utilização das geotecnologias, que permitem análises integradas dos aspectos ambientais e espaciais de modo que o objeto de estudo seja entendido como um todo (PIRES et al., 2012). Atualmente conta-se com inúmeras ferramentas geotecnológicas que podem subsidiar o levantamento de tais dados e gerar informações espaciais importantes, como cobertura vegetal, rede hidrográfica, malha viária, relevo e altimetria, delimitações de área e localização georreferenciada de atividades agropecuárias potencialmente causadoras de degradação ambiental, possibilitando que sejam feitos diagnósticos e prognósticos que facilitem o monitoramento e manejo das bacias hidrográficas, pois os fatores que desencadeiam a degradação do meio natural podem ser identificados e tornar a tomada de decisão mais eficiente (LEITE et al., 2013).

O fato de propiciar maior frequência na atualização dos dados, agilidade nos processos de análise e viabilidade econômica, fez com que as técnicas de geoprocessamento se tornassem ferramentas úteis e imprescindíveis no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação do solo (VAEZA et al., 2010). Além disso, permite a identificação de possíveis conflitos das atividades antrópicas de uso do solo com as exigências legais (BIANCHINI; OLIVEIRA, 2019). A utilização de sistemas de informações geográficas tem sido bastante difundida e utilizada no monitoramento e análise dos recursos naturais, principalmente porque os diferentes tipos de resoluções de que dispõem os sensores possibilitam maiores níveis de informação a serem extraídos dos dados (SANO et al., 2009).

De acordo com Tucci (2012), existem na literatura estudos que comprovam o aumento ou diminuição da vazão mínima em função da retirada da vegetação nativa, podendo um caso ou outro ser caracterizado através das características do solo após o desmatamento. O estudo desenvolvido por Santos et al. (2010) na bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, constatou que o desmatamento de 17,8% da vegetação nativa e a expansão da agricultura em 15,2% foram fatores preponderantes na alteração do comportamento hídrico da bacia estudada. Vanzela et al. (2010) conduziram um estudo na sub-bacia hidrográfica do córrego Três Barras, localizada no estado de São Paulo, onde constataram que as áreas ocupadas por matas favoreceram o aumento da vazão específica,

enquanto as áreas antrópicas reduziram essa vazão. Santos (2010), com um trabalho de pesquisa similar aos já mencionados, concluiu que o comportamento hidrológico da bacia do rio do Lontra, localizada no Tocantins, foi expressivamente alterado em função do uso e ocupação do solo da bacia em questão.

Em contrapartida, Souza et al. (2019) verificaram a substituição das áreas de cerrado por áreas agrícolas na bacia do rio Uruçuí-Preto, localizada no estado do Piauí. Apesar dos autores não terem encontrado correlações estatisticamente significativas, entre as variáveis hidrológicas e as variáveis de uso e ocupação do solo, eles inferem que esse resultado não é o suficiente para afirmar que os usos do solo não afetam diretamente o comportamento hidrológico da bacia.

Frente ao cenário atual de uso e ocupação do solo e de eventos extremos cada vez mais frequentes e intensos, é indispensável que sejam criados e aprimorados mecanismos para a gestão de bacias hidrográficas, de modo a aliar as preocupações acerca dos impactos ambientais com a conservação dos mananciais, a sua utilização racional e a garantia de acesso a água, para promover efetivamente o bem estar de todos, a preservação do meio ambiente e resolução dos conflitos relacionados à questão hídrica (AMARAL; RIOS, 2012).

Bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

As bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu estão localizadas no Território de Identidade do Extremo Sul da Bahia, que, até a primeira metade do século XX, tinha sua ocupação concentrada nas cidades litorâneas, sem integração regional, com áreas de explorações agrícolas pouco expressivas, sendo a extração de madeira a principal atividade econômica desenvolvida. A pouca diversidade de serviços, baixa infraestrutura e técnicas rudimentares, favoreceram a preservação das áreas de Mata Atlântica (SEI, 2002; ALMEIDA et al., 2008; MAGALHÃES et al., 2015).

Na década de 1950 surgiram os primeiros incentivos governamentais que influenciaram novo ciclo de exploração. O primeiro deles, com a criação da SUDENE, tinha como objetivo a industrialização da região, através da ampliação de investimentos e facilitação fiscal. De acordo com Leonel (2016), o fato de o plano diretor desse órgão garantir a isenção de impostos para empreendimentos tanto industriais quanto agrícolas pelo prazo de dez a quinze anos, foi fator preponderante para o desmatamento em maior escala de vegetação nativa no Extremo Sul da Bahia, passando a ser desenvolvidas atividades pecuárias e agrícolas nessas áreas.

Entre as décadas de 1960 e 1970, diversas medidas governamentais foram efetivadas, como: o segundo Código Florestal brasileiro (Lei nº 4.771/65), Lei de Incentivos Fiscais para Empreendimentos Florestais (Lei nº. 5.106/66, Decreto-Lei 1.134/70), o II Plano Nacional de Desenvolvimento e I Programa Nacional de Papel e Celulose (MAGALHÃES et al., 2015; LEONEL, 2016). Tais medidas governamentais e a construção do trecho Vitória – Salvador da Rodovia Governador Mário Covas (BR-101), impulsionaram o desenvolvimento desse território. Aconteceu então, a instalação de um número significativo de madeireiras e serrarias, bem como a expansão da pecuária, que se caracterizava como principal atividade econômica desse período (MALINA, 2013; PERPETUA; THOMAZ JR., 2016).

Os incentivos fiscais para o reflorestamento atraíram grupos madeireiros dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, gerando forte expansão da cultura do eucalipto através da implantação de grandes empresas de papel e celulose (ALMEIDA et al., 2008). A expansão da pecuária e da silvicultura permitiu a inserção dessa região não só no cenário econômico nacional, como também no internacional, gerando modernização, industrialização e crescimento populacional (SEI, 2002; SARMENTO-SOARES, 2007; ALMEIDA et al., 2008; CERQUEIRA NETO, 2013; CERQUEIRA NETO; SILVA, 2014; MARTINS, 2015).

Atualmente, o tipo de uso da terra predominante nesse território é a pecuária, responsável por 36% de ocupação da área total, seguido pela agricultura, com destaque para as culturas da cana de açúcar, mamão, maracujá, cacau e café, e pela silvicultura, ambas ocupando 17% da área do território (BAHIA, 2016). As atividades relacionadas com a agricultura são consideradas, pelo Decreto Estadual nº 14.032 de 15 de junho de 2012, de médio potencial poluidor. Já a silvicultura, pode ser considerada como médio potencial poluidor quando a atividade está vinculada a processos industriais, e como alto potencial poluidor quando a atividade é destinada a produção de carvão vegetal, seja a matéria prima oriunda de floresta plantada ou de floresta nativa (BAHIA, 2014).

Apesar da agropecuária e da silvicultura contribuírem para que o extremo sul da Bahia possa atingir em médio prazo um alto desenvolvimento econômico (Cerqueira-Neto, 2016), tais atividades causam grandes pressões sobre os recursos naturais, tanto em âmbito regional, quanto em âmbito mundial, uma vez que pode afetar tanto quantitativamente quanto qualitativamente os recursos hídricos, o ar, o solo e promover a diminuição de habitats e a biodiversidade da fauna e da flora (BITTENCOURT, 2009; FAO, 2013).

Localização e caracterização da área de estudo

As bacias hidrográficas dos rios Peruípe (77952), Itanhém (7794) e Jucuruçu (7792) estão localizadas no Território de Identidade do Extremo Sul da Bahia e ocupam uma área total de aproximadamente 16 mil km², abrangendo parcialmente ou completamente 15 municípios baianos e 9 municípios mineiros. As bacias dos rios Itanhém e Jucuruçu se localizam nos estados de Minas Gerais e Bahia, porém a área de estudo corresponde somente a parte da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu localizada na Bahia (5.238,45 km²), a parte da bacia hidrográfica do rio Itanhém localizada na Bahia (4.861,44 km²) e a bacia hidrográfica do rio Peruípe (4.120,08 km²) (Figura 1). A região onde estão localizadas possui clima tropical úmido no litoral e tropical subúmido no interior, com cobertura vegetal de floresta ombrófila densa, sob o domínio de Mata Atlântica. A pluviosidade média anual está em torno de 1.100mm, com temperaturas entre 23°C e 27°C (ALMEIDA et al., 2008; INEMA, 2018).

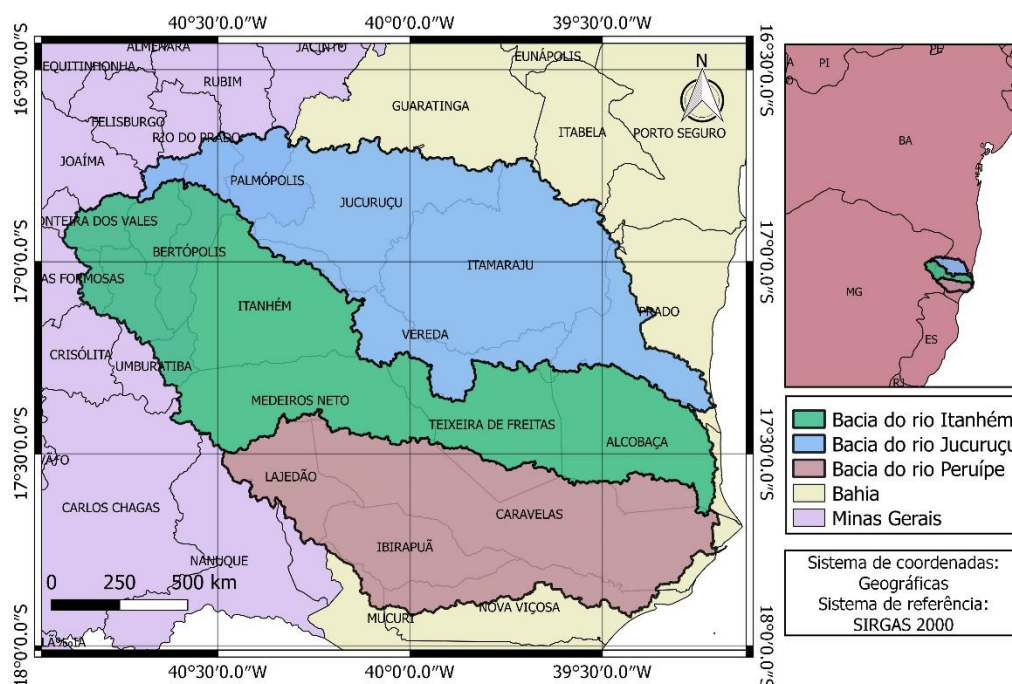


Figura 1. Áreas de abrangência das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.

A bacia hidrográfica do rio Peruípe está contida nas áreas dos municípios de Alcobaca, Caravelas, Ibirapuã, Lajedão, Medeiros Neto, Mucuri, Nova Viçosa e Teixeira

de Freitas, todos localizados no extremo sul da Bahia, sendo limitada pelas bacias dos rios Itanhém (ao norte) e Mucuri (ao sul e a oeste), e pelo Oceano Atlântico ao leste, com área de 4.683,67 km². As cidades de Teixeira de Freitas e Nova Viçosa são as mais desenvolvidas dessa bacia, a primeira se destacando em razão da agropecuária e silvicultura enquanto a segunda em virtude do turismo (SANTOS, 2004). Seu rio principal, o rio Peruípe, é formado pela convergência, na cidade de Nova Viçosa, dos rios Peruípe Sul e Peruípe Norte, e por um significativo complexo de manguezais que se ligam ao rio Caravelas. A foz do Peruípe está na Praia da Barra, em Nova Viçosa. Seus principais afluentes são os rios Marobá, Pituaçu e Pau Alto, além de outros menores como os rios da Fazenda, do Pato, Quaresma e Califórnia (CEMIG, 2008).

A bacia do rio Itanhém ocupa uma área de 6.379,02 km², nasce com o nome de córrego Alcobaça até a confluência com os córregos Jacutinga e Encerado, quando passa a ser denominado como rio Itanhém (SARMENTO-SOARES et al., 2010). Dados da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 2008) descrevem que a bacia do rio Itanhém está localizada nas regiões Sudeste e Nordeste, nos estados de Minas Gerais (Águas Formosas, Bertópolis, Fronteira dos Vales, Umburatiba, Machacalis e Santa Helena de Minas) e na Bahia (Alcobaça, Itanhém, Medeiros Neto, Teixeira de Freitas, Vereda e Prado), sendo limitada pelas bacias dos rios Jequitinhonha e Jucuruçu (ao norte), a oeste a ao sul pelos rios Mucuri e Peruípe, e pelo Oceano Atlântico, a leste, tem como principal afluente o rio Itanhetinga, que fica na margem esquerda.

Assim como a bacia do rio Itanhém, a bacia do Jucuruçu se localiza nos estados de Minas Gerais (Felisburgo, Palmópolis e Rio do Prado) e Bahia (Itamaraju, Jucuruçu, Prado e Vereda), ocupando uma área correspondente a 5.956,40 km². É limitada pelas bacias do rio Jequitinhonha (a oeste), do rio Itanhém (ao sul), dos rios Caraíva e Buranhém (ao norte), e pelo Oceano Atlântico (ao leste). O rio Jucuruçu nasce no município de Felisburgo (MG), e verte para o leste cerca de 300 km até sua foz próxima à sede municipal de Prado (BA), onde desemboca no Oceano Atlântico. Seus principais afluentes são seus rios formadores rio do Norte e rio do Sul, que se unem na altura da Fazenda Duas Barras, a 24 km da sua foz (CEMIG, 2008).

Objetivo

Este trabalho tem como objetivo caracterizar o comportamento fisiográfico e hidrológico das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, bem como analisar a evolução temporal do uso e ocupação do solo dessas bacias, a fim de compreender suas

relações. Para melhor compreensão dos resultados alcançados, este trabalho está organizado em quatro capítulos, sendo que: o primeiro capítulo trata da caracterização do comportamento hidrológico e verificação da produtividade e disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas estudadas; o segundo capítulo aborda a evolução temporal do uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas em questão entre os anos de 1990 e 2018; o terceiro capítulo trata-se da caracterização fisiográficas dessas bacias; e o quarto capítulo analisa a influência da alteração do uso e ocupação do solo ao longo do tempo na disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas através da junção dos dados abordados nos capítulos anteriores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. M.; MOREAU, A. M. S. S.; MOREAU, M. S.; PIRES, M. M.; FONTES, E. O.; GÓES, L. M. Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 02, p. 5-18, 2008.

AMARAL, A. B.; RIOS, A. S. Geoprocessamento: mapeamento do uso e ocupação do solo no alto curso do rio Piedade. **Revista de Geografia**, v. 02, n. 01, p. 1-8, 2012.

BAHIA. Decreto n. 15.682, de 19 de novembro de 2014. Altera o Regulamento da Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006 e da Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009, aprovado pelo Decreto nº 14.024, de 06 de junho de 2012. **Diário Oficial [do Estado da Bahia]**, Salvador, BA, 20 nov. 2014.

BAHIA, 2016. Plano Territorial De Desenvolvimento Sustentável e Solidário do Extremo Sul da Bahia. Governo do Estado da Bahia: Secretaria de Planejamento. Disponível em: < encurtador.com.br/qvIT2>. Acesso em: 10 jul. 2020.

BIANCHINI, C. D.; OLIVEIRA, G. G. de. Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas aptas para a implantação de unidades de conservação no Vale do Taquari, RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 2, p. 513-541, 2019.

BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). **Revista Economia & Tecnologia**, Curitiba, v. 05, n. 03, p. 133-146, 2009.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 8 jan. 1997.

CEMIG – Companhia energética de Minas Gerais. 2018. **Bacia do Leste**. Portal da CEMIG. Disponível em:< <https://bit.ly/2zEsR7Y> >. Acesso em 10 jul. 2020.

CERQUEIRA NETO S. P. G.; SILVA L. T. O que é Extremo Sul da Bahia no século XXI em tempos de globalização. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFES**, v. 18, p. 27-37, 2014.

CERQUEIRA NETO, S. P. G. Construção Geográfica do Extremo Sul da Bahia. **Revista de Geografia**, v. 30, p. 246-264, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATES, FAO. **Livestock and Environment**, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/Environment.html>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **CBH Peruípe, Itanhém e Jucuruçu**. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao/2/comitesdebacias/comites/cbh-peruipe-itanhem-e-jucurucu/jucurucu/>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

LATUF, M. O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros**. 2008. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008.

LEITE, M. E.; FERREIRA, M. F. F. Análise espaço temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Tabuas, norte de Minas Gerais, com aplicação das geotecnologias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 02, p. 184-194, 2013.

LEONEL, M. S. **Extremo Sul da Bahia: Caracterização socioeconômica e os impactos da expansão do setor de base florestal**. 2016. 196f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

MAGALHÃES, C.; FAVARETO, A. da S.; BUZATO, H. C.; CARDOSO, R. C. Território Extremo Sul da BA – Avanços e limites para um desenvolvimento com coesão social. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 16, 2015, Belo Horizonte. **Anais XVI ENANPUR**, Belo Horizonte, 2015.

MALINA, L. L. **A Territorialização do monopólio no setor celulístico-papeleiro: a atuação da Veracel Celulose no Extremo Sul da Bahia**. 2013. 358f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARTINS, M. L. Ferrovias e desenvolvimento regional em Minas Gerais: o caso da Bahia-Minas. **Seculum – Revista de História**, v. 32, p. 69-90, 2015.

OLIVEIRA, F. F.; SANTOS, R. E. S. dos; ARAUJO, R. da C. de. Processo erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 5, n.3, p. 60-83, 2018.

PERPETUA, G. M.; THOMAZ JR, A. Revisitando o conceito de acumulação do capital: A pilhagem territorial promovida pela Veracel Celulose no Extremo Sul da Bahia. **Campo-Território: revista de geografia agrária**. Edição especial, p. 225-256, 2016.

PIRES E. V. R.; SILVA R. A.; IZIPPATO F. J.; MIRANDOLA P. H. Geoprocessamento aplicado a análise do uso e ocupação da terra para fins de planejamento ambiental na bacia hidrográfica do córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v. 02, n. 04, p. 1528-1538, 2012.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. 717 p.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Editora do Autor, 2000, 220 p.

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. dos. Análise hidrológica em bacias hidrográficas. **Mercator (Fortaleza)**, v. 17, e17025, 2018

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G.; BEZERRA, H. S. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal. **Anais...** Natal: INPE, p. 1199-1206, 2009.

SANTOS E. H. M.; GRIEBELER N. P.; OLIVEIRA L. F. C.. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 08, p. 826-834, 2010.

SANTOS, E. A. **Influência do uso do solo no regime hidrológico da bacia do rio do Lontra**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2010.

SANTOS, M. S.; FRANCO, G. B.; LOPES, N. S.; PINHEIRO, M. A.; MOREAU, A. M. S. S.; ANDRADE, A. C. S.; MOREAU, M. S. Bacia do rio Peruípe (Extremo Sul da Bahia): aspectos físicos e sócio-econômicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5, ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 1, 2004, Santa Maria. **Anais V SINAGEO**, Santa Maria: UFSM, 2004.

SARMENTO-SOARES, L. M.; MAZZONI, R.; MARTINS-PINHEIRO, R. F. A fauna de peixes na bacia do Rio Itanhém, leste de Minas Gerais e extremo Sul da Bahia. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 05, n. 01, p. 47–61, 2010.

SARMENTO-SOARES, L. M.; MAZZONI, R.; MARTINS-PINHEIRO, R. F. A fauna de peixes na bacia do Rio Peruípe, extremo Sul da Bahia. **Biota Neotropica**, v. 07, p. 291-308, 2007.

SCHUSSEL, Z.; NASCIMENTO NETO, P. Gestão por bacias hidrográficas: Do debate teórico à gestão municipal. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 03, p. 137–152, 2015.

SOUZA, K. B.; SILVA, J. B. L.; MATIAS, S. S. R.; ALMEIDA, K. N. S.; LISBOA, G. S.; RATKE, R. F. Mudança no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto, Piauí. **Brazilian Journal of Development**, v. 05, n. 11, p.25490-25511, nov. 2019.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. J.; CARDOSO, J. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 03, p. 453-462, 2017.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS, 2012. 944 p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: 2. ed. UFRGS e ABRH, 2005. 680 p.

VAEZA, R. F.; OLIVEIRA FILHO, P. C. de; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floresta e Ambiente**, v. 17, p. 23-29, 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, n. 01, p. 55-64, 2010.

CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU

Resumo

A caracterização hidrológica de uma bacia hidrográfica é de grande importância para otimização de seu uso, pois permite melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos. Este trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento hidrológico e verificar a produtividade hídrica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. Para tanto, fez-se a análise de séries históricas de 22 estações pluviométricas, obtendo-se precipitação média anual e total precipitado no trimestre mais seco e mais chuvoso; e 8 estações fluviométricas, que a partir dos dados históricos de cotas fez-se o ajuste de curvas-chave, para estimar novas vazões em função da cota medida. Foram obtidas a partir das vazões reestimadas, as variáveis: Q_{med} , Q_{max} , Q_7 , Q_{50} , Q_{90} e Q_{95} , bem como as vazões específicas de cada estação. Realizou-se ainda a análise da estacionariedade das vazões e da precipitação anual. Os resultados apontam que as estações que se localizam mais a oeste apresentaram períodos secos e chuvosos mais acentuados, enquanto nas estações mais próximas ao litoral os efeitos da sazonalidade foram menos evidentes. Uma vez que as vazões específicas representam a produtividade hídrica por área de drenagem, pode-se afirmar que a bacia do rio Jucuruçu apresentou a maior produtividade hídrica. Em relação à disponibilidade hídrica ao longo do tempo, as estações fluviométricas apresentaram tendência de diminuição de suas vazões, principalmente em relação às vazões mínimas. Tais fatos demonstram a necessidade de manejo adequado dessas bacias a fim de evitar crise hídrica na região.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica. Precipitação. Recursos hídricos. Vazão.

Abstract

The hydrological characterization of a hydrographic basin is of great importance to the optimization of its use, as it allows for better planning and management of water resources. This work aimed to characterize the hydrological behavior and verify the water productivity of the hydrographic basins of the Peruípe, Itanhém and Jucuruçu rivers. For this purpose, an analysis was made of the historical series of 22 pluviometric stations, obtaining the average annual reduction and total precipitation in the driest and rainiest quarter; and 8 fluviometric stations, which, based on historical quota data, made the adjustment of key curves to estimate new flow rates as a function of the measured quota. The variables: Q_{med} , Q_{max} , Q_7 , Q_{50} , Q_{90} and Q_{95} , as well as the specific flows for each station, were provided from the re-estimated flows. An analysis of the flow stationarity and annual precipitation was also carried out. The results show that the stations that are located more to the west presented more pronounced dry and rainy periods, while in stations closer to the coast, the effects of seasonality were less evident. Since the specific flows represent water productivity by drainage area, it can be said that the Jucuruçu river basin had the highest water productivity. In relation to water availability over time, fluviometric stations show a tendency toward decreased flows, mainly in relation to minimum flows. Such facts demonstrate the need for proper management of these basins in order to avoid a water crisis in the region.

Keywords: Hydrology. Precipitation. Water resources. Flow rate.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu estão localizadas no território de identidade do Extremo Sul da Bahia e abrangem parcial ou completamente 15 municípios baianos e 9 municípios mineiros, ocupando uma área de aproximadamente 16 mil km². Desde que foi descoberta, essa região vem sendo ocupada de forma efetiva e a exploração da Mata Atlântica com a extração de madeira foi intensa, ocorrendo as primeiras mudanças no início do século XIX, com a introdução das culturas do café e do cacau. Até meados do século XX, a região permaneceu praticamente isolada do resto do estado, com atividades agrícolas escassas (ALMEIDA et al., 2008; ALMEIDA; TEIXEIRA, 2010).

Entre as décadas de 1960 e 1970, diversas medidas governamentais foram efetivadas, com o objetivo de favorecer o desenvolvimento de empreendimentos florestais através da Lei de Incentivos Fiscais para Empreendimentos Florestais, o II Plano Nacional de Desenvolvimento e I Programa Nacional de Papel e Celulose. Com tais medidas e com a construção do trecho Vitória – Salvador, da Rodovia Governador Mário Covas (BR 101), no ano de 1970, as características agrícolas e econômicas locais começaram a mudar, devido a instalação de um número significativo de madeireiras e serrarias, bem como a expansão da pecuária, que se caracterizava como principal atividade econômica desse período (ALMEIDA et al., 2008; MALINA, 2013; LEONEL, 2016; PERPETUA; THOMAZ JR, 2016).

A expansão das atividades agroindustriais e florestais propiciou a inserção dessa região não só no cenário econômico nacional, como também internacional, gerando modernização, industrialização e crescimento populacional (ALMEIDA; TEIXEIRA, 2010; CERQUEIRA NETO, 2013; MARTINS, 2015; CERQUEIRA NETO; SILVA, 2016), porém, tal fato tem como uma de suas consequências a grande demanda pelos recursos hídricos. Para tanto, foi instituída em 1997 a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) sob a Lei nº 9.433, que visa consolidar a gestão dos recursos hídricos no Brasil. É objetivo dessa lei assegurar à geração atual e às gerações futuras a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados (BRASIL, 1997). Além da PNRH, em 2009 foi instituído o comitê das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu (CBHPIJ) através do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) pela resolução nº 63/2009 (BAHIA, 2009), que tem como uma de suas atribuições assegurar o acesso da água das bacias a todos indivíduos, evitando conflitos de uso.

Apesar da implementação da Lei nº 9.433/1997 significar importante avanço na gestão dos recursos hídricos do país, ainda existem pontos que devem ser melhorados, principalmente no que diz respeito aos fatores requeridos no processo de outorga, considerado como essencial para evitar conflitos de uso da água (RODRIGUES, 2008; RIBEIRO et al., 2014). Um dos pontos de fundamental importância para a eficácia desse processo é o conhecimento da produtividade hídrica em diferentes pontos da bacia hidrográfica pois, com base nesses dados, é possível gerir os recursos hídricos de modo a atender as necessidades ambientais e antrópicas (CALEGARIO, 2014). A produtividade ou disponibilidade hídrica passa por variações no tempo e no espaço, e podem ser alteradas tanto por fatores naturais, quanto por fatores antrópicos, tornando a relação entre chuva-vazão complexa e dependente da análise de diferentes atributos das bacias (SNELDER et al., 2009; BERHANU et al., 2015). Tais variáveis podem ser estimadas através da caracterização hidrológica da bacia hidrográfica, a partir de séries históricas de dados fluviométricos e pluviométricos (SCHENEIDER et al., 2017; SANTOS et al., 2017). Os valores de referência mais utilizados para a indicação da disponibilidade de água são a Q_7 , a Q_{90} e a Q_{95} , sendo esses indicadores associados ao tempo em que a vazão é igualada ou superada em um período pré-determinado (RUTHES, 2017).

Portanto, a caracterização hidrológica de uma bacia hidrográfica é de grande importância para o uso otimizado de suas águas, podendo contribuir para a determinação das disponibilidades hídricas atuais e futuras. Além disso, permite que sejam identificados locais em déficit hídrico ou suscetíveis a enchentes, dando suporte ao melhor planejamento e gerenciamento do uso das águas, de modo a diminuir problemas ambientais causados pelo uso indiscriminado dos recursos hídricos (ARAI et al., 2012). Diante disso, este estudo teve como objetivo caracterizar o comportamento hidrológico e verificar a produtividade e a disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, com o intuito de auxiliar o comitê de bacias hidrográficas, demais órgãos e instâncias competentes, no planejamento e gestão dos recursos hídricos locais.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das séries históricas

A análise hidrológica contou com informações de séries históricas de estações pluviométricas e fluviométricas, importadas do sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020a). As estações estão distribuídas nos

municípios que fazem parte e que estão no entorno das bacias dos rios Itanhém, Peruípe e Jucuruçu, pertencentes aos estados da Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo. Foram analisadas 8 estações fluviométricas (Tabela 1.1) e 22 de 57 estações pluviométricas, tendo sido apenas as que estão dentro das bacias e na área de influência, que compreende até 30 km de distância dos divisores de águas das bacias, que possuíam série de dados atuais e com mais de 20 anos (Tabela 1.2).

Tabela 1.1. Estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Código	ID	Nome	Lat	Long	Início da série (mês/ano)	Fim da série (mês/ano)
55330000	JU1	Jucuruçu	-16,8381	-40,1572	jun/1981	jun/2019
55340000	JU2	Itamaraju	-17,0453	-39,5436	jun/1954	jun/2019
55360000	JU3	São José do Prado	-17,1875	-39,9822	ago/1954	jun/2019
55370000	JU4	Cachoeira Grande	-17,2528	-39,7742	dez/1965	jan/2018
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	-17,2494	-39,6211	set/1968	jun/2019
55460000	IT1	Medeiros Neto	-17,3753	-40,2214	nov/1952	jun/2019
55490000	IT2	Fazenda Cascata	-17,5128	-39,6450	nov/1966	jun/2019
55510000	PE1	Helvécia	-17,7992	-39,6639	jan/1975	jun/2019

Em que: ID iniciado com JU: estações pertencentes à bacia do rio Jucuruçu; ID iniciado com IT: estações pertencentes à bacia do rio Itanhém; ID iniciado com PE: estações pertencentes à bacia do rio Peruípe.

Tabela 1.2. Estações pluviométricas pertencentes à área de influência das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Código	ID	Nome	Início da série (mês/ano)	Fim da série (mês/ano)	Duração (anos)	Lat	Long
01640000	AI1	Jacinto	jan/48	jun/19	71	-16,1386	-40,2903
01640009	AI2	Rubim	abr/95	jun/19	24	-16,3789	-40,5408
01640010	AI3	Felisburgo	abr/95	jun/19	24	-16,6342	-40,7606
01640012	JUC1	Jucuruçu	dez/92	jun/19	27	-16,8386	-40,1564
01641002	AI4	Jequitinhonha	mar/41	jun/19	78	-16,4275	-41,0139
01739001	JUC2	Prado	jun/54	jun/19	65	-17,3503	-39,2200
01739005	JUC3	Itamaraju	jun/54	jun/19	65	-17,0450	-39,5447
01739006	PER1	Helvécia	dez/41	jun/19	78	-17,8081	-39,6625
01739010	ITA1	Alcobaça	ago/53	jun/19	66	-17,5156	-39,2275
01739020	ITA2	Fazenda Cascata	dez/92	jun/19	27	-17,5103	-39,6411
01739021	JUC4	Cachoeira Grande	jan/93	jan/19	26	-17,2536	-39,7783
01739022	JUC5	Fazenda Rio do Sul	dez/92	jun/19	27	-17,2494	-39,6222
01740000	AI5	Carlos Chagas	mai/45	jun/19	74	-17,7056	-40,7597
01740001	AI6	Nanuque	nov/42	jun/19	77	-17,8375	-40,3772
01740005	ITA3	Medeiros Neto	nov/52	jun/19	67	-17,3722	-40,2258
01740006	JUC6	São José do Prado	ago/54	jun/19	65	-17,1875	-39,9822
01740008	ITA4	Itanhém	out/65	jun/19	54	-17,1633	-40,3267
01740026	AI7	São Pedro do Pampa	jan/77	jun/19	42	-17,3203	-40,6761
01740033	AI8	Águas Formosas	abr/95	jun/19	24	-17,0825	-40,9408
01839000	AI9	Morro d'Anta	jan/51	jun/19	68	-18,2994	-39,9586
01839001	AI10	Conceição da Barra	jul/30	jun/19	89	-18,5622	-39,7472
01840012	AI11	Fazenda Limoeiro	jan/70	mai/19	49	-18,1456	-40,1439

Em que: ID iniciado com JU: estações pertencentes à bacia do rio Jucuruçu; ID iniciado com IT: estações pertencentes à bacia do rio Itanhém; ID iniciado com PE: estações pertencentes à bacia do rio Peruípe; ID iniciado com AI: estações pertencentes a área de influência.

Correção dos dados fluviométricos

Foram importados do sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020a), os dados históricos referentes ao resumo de descarga das estações fluviométricas. No resumo de descarga se encontra disponível, dentre outras informações da seção do curso d'água monitorado, série histórica de dados de cotas e vazão aferidos em campo, com os quais fez-se o ajuste de curvas-chave para cada estação. Por meio das curvas-chave e respectivas séries históricas diárias de cotas (ANA, 2020a) das estações fluviométricas, foram obtidas as séries de vazões.

Essa etapa foi realizada com auxílio de planilhas eletrônicas de dados, onde realizou-se a plotagem de gráficos de dispersão e a inserção de linhas de tendências para gerar uma equação de regressão, sendo escolhidas as curvas que melhor se ajustaram (Tabela 1.3). Quando necessário, houve a divisão da série de dados em diferentes períodos para que houvesse um melhor ajuste da equação.

Tabela 1.3. Curvas-chave ajustadas para às estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, com o período a que dizem respeito e o coeficiente de determinação (R^2)

Estação	Curva Chave	Início	Fim	R^2
55330000	$Y=7(10^{-9})x^4 - 6(10^{-6})x^3 + 0,0014x^2 - 0,0116x$	1981	1999	0,9217
	$Y=0,0003x^2 + 0,043x$	2000	2019	0,9552
55340000	$Y=2(10^{-8})x^4 - 9(10^{-6})x^3 + 0,0013x^2 + 0,1267x$	1954	1989	0,9374
	$Y=9(10^{-7})x^3 - 0,0002x^2 + 0,1633x$	1991	2019	0,9322
55360000	$Y=3(10^{-8})x^{3,6924}$	1954	2019	0,8861
55370000	$Y=0,0004x^2 - 0,0704x$	1965	2018	0,9887
55380000	$Y=6(10^{-7})x^3 + 9(10^{-5})x^2 + 0,1295x$	1968	2019	0,9878
55460000	$Y=0,0012x^2 - 0,1197x$	1952	1969	0,9838
	$Y=0,0029x^2 - 0,3971x$	1970	2019	0,9128
55490000	$Y=2(10^{-8})x^4 - 1(10^{-5})x^3 + 0,0022x^2 - 0,0434x$	1966	2019	0,9329
55510000	$Y=2(10^{-6})x^3 - 0,0006x^2 + 0,2393x$	1975	1992	0,8163
	$Y=0,1053x$	1993	2019	0,9690

Tratamento dos dados fluviométricas e pluviométricas

As séries de vazões foram submetidas ao Sistema Computacional para Análises Hidrológicas - SisCAH 1.0 (SOUSA et al., 2009). A princípio identificou-se o início do ano hidrológico, através da análise da ascensão do histograma das vazões médias mensais, sendo definido o mês de outubro como o início do período chuvoso em todas as estações. O pré-processamento dos dados consistiu, portanto, na definição do início do ano hidrológico e na seleção do descarte de dados com falha superior a 30% mensais. Em seguida, foram obtidas as vazões: média anual de longa duração, máxima, vazão mínima

com duração de 7 dias (Q_7), e as vazões associadas às curvas de permanência de 50% (Q_{50}), 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) ao ano. As vazões médias específicas, utilizadas para determinar a disponibilidade hídrica, como também a produtividade hídrica, por trecho da bacia, ou seja, no espaço ou localidade, foram obtidas através da divisão de cada vazão calculada pelas áreas de drenagem a montante da estação fluviométrica.

Assim como as séries de vazões, as séries de precipitações passaram por pré-processamento com a exclusão de anos com mais de 30% de falhas e em seguida foram submetidas ao software Hidro 1.4 (ANA, 2001) para cálculo dos totais mensais precipitados. Com apoio de planilhas eletrônicas, calculou-se: precipitação média anual em toda a série, sendo considerado o ano hidrológico com início em outubro de um ano e final em setembro do ano seguinte; e o total precipitado no trimestre mais seco e o trimestre mais chuvoso da série, através das médias mensais de cada estação.

Para se calcular a precipitação anual média na área de drenagem de cada bacia utilizou-se o método dos polígonos de Thiessen. Nessa etapa, utilizou-se o software de informações geográficas QGIS 3.4® (QGIS, 2019) para delimitação das áreas de influência de cada estação pluviométrica. Em seguida, foi determinado um coeficiente para cada uma das estações, que serviram de parâmetro para calcular a contribuição média de cada uma delas.

Análise da estacionariedade da série de dados

Tanto para as séries de vazão quanto para as séries de precipitação, foi realizado o teste estatístico de Student (T) para verificação das hipóteses (H_0) de homogeneidade das médias ($p < 0,05$), para os períodos de 1977 a 1994 com 1995 a 2019. Deste modo, realizou-se a análise da estacionariedade das vazões médias, mínimas e máximas anuais e da precipitação anual em cada estação, de modo a analisar a disponibilidade hídrica das estações fluviométricas ao longo do tempo.

Análise dos limites outorgáveis

O cálculo das vazões passíveis de outorga para as estações pertencentes às bacias, foi realizado com base nas disposições do Decreto nº 6.296 de 21 de março de 1997 (BAHIA, 1997) tanto para rios estaduais quanto para os rios federais. Foram utilizados os relatórios disponíveis no sítio eletrônico da ANA, e o módulo de monitoramento do Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos (SEIA), para definição das principais atividades outorgadas atualmente nas bacias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos dados pluviométricos

A precipitação anual média das 22 estações analisadas é de 1.032,66 mm, com uma variação de 775,22 mm em Jacinto (AI1), localizada no interior do estado, a 1.381,98 mm em Alcobaça (ITA1), localizada no litoral (Tabela 1.4). A Bahia é caracterizada pela alta variabilidade pluviométrica ocasionada pela atuação de diversos sistemas meteorológicos na região, como: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos (VCAN), Sistemas Frontais (FPA) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (MOLION; BERNARDO, 2002; CAVALCANTI et al., 2009; DOURADO et al., 2013).

Tabela 1.4. Precipitação média anual, precipitação média do trimestre mais seco e precipitação do trimestre mais chuvoso, ocorridas na área de abrangência das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Estação	Média da Série (mm ± dv)	Trimestre Seco (mm)	Trimestre Chuvoso (mm)
01640000	775,22 ± 293,11	68,90	360,50
01640009	796,56 ± 269,63	47,00	341,50
01640010	876,32 ± 214,19	57,90	376,60
01640012	1009,18 ± 265,78	126,9	390,60
01641002	820,87 ± 300,72	55,00	400,20
01739001	1148,92 ± 447,98	264,80	400,80
01739005	1257,96 ± 379,29	249,50	435,20
01739006	1324,13 ± 299,49	235,10	474,70
01739010	1381,98 ± 506,17	299,70	486,20
01739020	1063,26 ± 385,06	201,30	419,50
01739021	1077,29 ± 368,72	180,20	462,80
01739022	1018,32 ± 342,45	201,00	381,20
01740000	969,62 ± 276,15	82,50	436,00
01740001	890,89 ± 302,92	99,30	390,10
01740005	920,18 ± 284,26	124,20	375,80
01740006	1024,28 ± 362,34	162,80	391,80
01740008	1094,57 ± 246,04	156,60	444,20
01740026	940,20 ± 306,13	96,30	411,50
01740033	1108,65 ± 248,24	98,70	479,30
01839000	959,57 ± 419,43	159,50	421,40
01839001	1246,74 ± 371,16	219,90	482,40
01840012	1013,71 ± 333,11	135,90	423,50

Em que: dv – Desvio Padrão.

Molion e Bernardo (2002) em estudo sobre a climatologia das chuvas do nordeste, identificaram três regimes básicos quanto a distribuição espacial das chuvas, sendo eles: norte do nordeste (NNE), sul do nordeste (SNE) e faixa costeira do nordeste (FCNE), estando as bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu localizadas nas duas últimas. De acordo com os autores, os índices pluviométricos entre as regiões SNE e

FCNE variam de 600 mm a mais de 3.000 mm anuais, sendo encontrados no interior e no litoral, respectivamente. De acordo com Dourado et al., (2013) a distribuição de chuvas no estado da Bahia ocorre de modo que as maiores alturas precipitadas estão concentradas na planície litorânea, enquanto os menores valores se concentram no interior do estado.

O trimestre mais seco nessas estações ocorre entre os meses de julho a agosto, correspondendo em média a 14% do total anual precipitado, com variação entre 6% (Rubim) e 23% (Prado). Nas estações localizadas mais a oeste foram encontrados períodos secos e chuvosos mais acentuados; em contrapartida, nas estações mais próximas ao litoral os totais precipitados nesses períodos foram similares. Os municípios da costa litorânea da Bahia são caracterizados por maior lâmina precipitada e relativa regularidade pluvial durante todo o ano, apresentando menor coeficiente de variação (15%) entre as diferentes zonas de precipitação no estudo desenvolvido por Dourado et al. (2013), tendo sido descrita como a região de maior altura e regularidade pluviométrica durante toda a série histórica estudada.

Polígonos de Thiessen

Quando não há a distribuição uniforme das estações pluviométricas para cálculo da precipitação média em bacias hidrográficas, métodos com o dos polígonos de Thiessen (utilizado neste estudo) são indicados (Figura 1.1, Tabelas 1.5, 1.6 e 1.7).

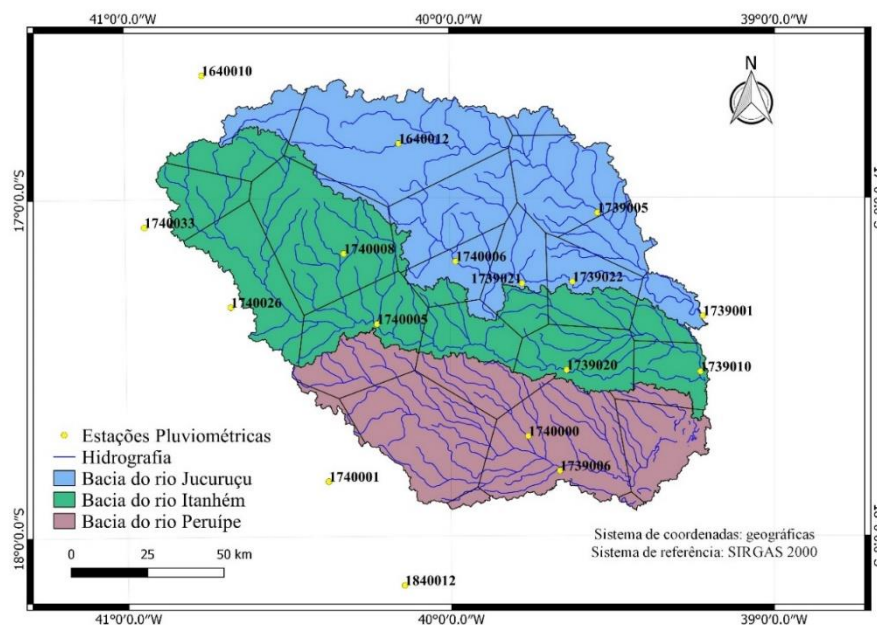


Figura 1.1. Polígonos de Thiessen para as bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Tabela 1.5. Contribuição da precipitação de cada estação pluviométrica para a bacia do rio Itanhém

Código	Município	Área (km ²)	Área na Bacia (%)	Total Anual (mm ± dv)	Contribuição (mm)
01640010	Felisburgo	356,38	6%	876,32 ± 214,19	49,10
01740005	Medeiros Neto	817,03	13%	920,18 ± 284,26	118,21
01739010	Alcobaça	379,32	6%	1.381,98 ± 506,17	82,42
01739020	Teixeira de Freitas	737,68	12%	1.063,26 ± 385,06	123,32
01740026	Umburatiba	792,12	12%	940,20 ± 306,13	117,10
01739021	Prado	378,25	6%	1.077,29 ± 368,72	64,07
01739022	Prado	341,59	5%	1.018,32 ± 342,45	54,69
01739001	Prado	185,55	3%	1.148,92 ± 447,98	33,52
01740008	Itanhém	1.511,97	24%	1.094,57 ± 246,04	260,21
01740006	Vereda	268,24	4%	1.024,28 ± 362,34	43,20
01740033	Águas Formosas	565,84	9%	1.108,65 ± 248,24	98,63
01640012	Itamaraju	26,10	0%*	1.009,18 ± 265,78	4,14
TOTAL		6.360,07	100%	1.055,26 ± 130,88	1.048,62

*Área de influência menor que 1%.

Tabela 1.6. Contribuição da precipitação de cada estação pluviométrica para a bacia do rio Jucuruçu

Código	Município	Área (km ²)	Área na Bacia (%)	Total Anual (mm ± dv)	Contribuição (mm)
01740005	Medeiros Neto	0,69	0%*	920,18 ± 284,26	0,11
01739021	Prado	493,04	8%	1.077,29 ± 368,72	89,20
01739022	Prado	409,75	7%	1.018,32 ± 342,45	70,07
01739001	Prado	223,54	4%	1.148,92 ± 447,98	43,13
01740008	Itanhém	105,10	2%	1.094,57 ± 246,04	19,32
01740006	Vereda	1.033,70	17%	1.024,28 ± 362,34	177,80
01739005	Itamaraju	1.403,74	24%	1.257,96 ± 379,29	296,54
01640012	Itamaraju	2.023,21	34%	1.009,18 ± 265,78	342,88
01640010	Felisburgo	260,80	4%	876,32 ± 214,19	38,38
01640009	Rubim	1,24	0%*	796,56 ± 269,63	0,17
TOTAL		5.954,81	100%	1.022,36 ± 318,07	1.077,59

*Área de influência menor que 1%.

Tabela 1.7. Contribuição da precipitação de cada estação pluviométrica para a bacia do rio Peruípe

Código	Município	Área (km ²)	Área na Bacia (%)	Total Anual (mm ± dv)	Contribuição (mm)
01739020	Teixeira de Freitas	754,11	16%	1.063,26 ± 385,06	171,79
01739006	Nova Viçosa	1.696,59	36%	1.324,13 ± 299,49	481,33
01840012	Montanha	99,97	2%	1.013,71 ± 333,11	21,71
01740001	Nanuque	520,34	11%	890,89 ± 302,92	99,32
01739010	Alcobaça	491,80	11%	1.381,98 ± 506,17	145,62
01740005	Medeiros Neto	1.081,04	23%	920,18 ± 284,26	213,13
01740026	Umburatiba	7,65	0%*	940,20 ± 306,13	1,54
01739021	Prado	15,29	0%*	1.077,29 ± 368,72	3,53
01740006	Vereda	0,47	0%*	1.024,28 ± 362,34	0,10
TOTAL		4.667,27	100%	1.070,66 ± 349,80	1.138,09

*Área de influência menor que 1%.

Entre as bacias estudadas, a bacia hidrográfica do rio Peruípe apresentou a maior precipitação média pelos polígonos de Thiessen. Esse fato pode ser melhor compreendido através da análise da distribuição espacial de suas estações: as que exercem maior influência na precipitação estão localizadas na faixa litorânea e as estações com menor área de influência se localizam mais a oeste. O oposto ocorre com a distribuição espacial das estações da bacia do rio Itanhém, que apresentou o menor índice de precipitação média. Outro fato que justifica a maior precipitação na bacia do rio Peruípe é o fato de que a umidade principal para a formação da precipitação é oriunda do oceano, assim, a bacia do rio Peruípe está com sua área, proporcionalmente, mais próxima do oceano Atlântico.

O cálculo da precipitação média em bacias hidrográficas é frequentemente utilizado em estudos de escoamentos superficiais e subterrâneos, evaporação e infiltração, sendo imprescindível que as estimativas desses valores estejam o mais próximo possível da realidade (MARCIANO et al., 2018). Ainda de acordo com esses autores, é difícil obter o valor exato de chuva para toda a bacia hidrográfica, pois envolve diversas variáveis de tempo e espaço, no entanto, é um valor indispensável para os estudos hidrológicos. Destaca-se que, no presente estudo, não foi levada em consideração a variabilidade sazonal das precipitações calculadas, sendo esse um elemento de grande importância para a caracterização dos regimes pluviométricos de bacias hidrográficas.

Análise da produtividade hídrica

As hipóteses de igualdade de média foram rejeitadas para as estações pluviométricas: Prado (JUC1) e Alcobaça (ITA1) (Tabela 1.8) e para as estações fluviométricas: Fazenda Cascata (IT2) e Helvécia (PE1) para vazões médias; Helvécia (PE1) e Jucuruçu (JU1) para as vazões máximas; e Fazenda Cascata (IT2) para as vazões mínimas (Tabelas 1.9, 1.10 e 1.11).

Tabela 1.8. Análise de estacionariedade das precipitações nas estações pluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019

Código	ID	Estação	P Média A	P Média B
1640000	AI1	Jacinto	727,54	766,15
1641002	AI2	Jucuruçu	948,24	840,12
1739001	JUC1	Prado	1.419,02*	1.166,68*
1739005	JUC2	Itamaraju	1.263,47	1.243,62
1739006	PER1	Helvécia	1.339,04	1.230,02
1739010	ITA1	Alcobaça	1.742,43*	1.257,48*
1740000	AI3	Carlos Chagas	1.039,37	906,47
1740001	AI4	Nanuque - montante	933,39	860,12
1740005	ITA2	Medeiros Neto	995,78	903,76
1740006	JUC3	São José do Prado	1.099,62	1.119,54
1740026	AI5	São Pedro do Pampã	974,91	983,30
1839000	AI6	Morro d'anta	939,29	997,04
1839001	AI7	Conceição da Barra	1.066,69	1.239,76
1840012	AI8	Fazenda Limoeiro	1.128,63	957,08

Em que: A – variável para simbolizar o período mais antigo da série de dados; B – variável para simbolizar o período mais recente da série de dados; * - médias estatisticamente diferentes ao nível de $P < 0,05$ pelo teste de Student (t); ID iniciado com JUC: estações pertencentes à bacia do rio Jucuruçu; ID iniciado com ITA: estações pertencentes à bacia do rio Itanhém; ID iniciado com PER: estações pertencentes à bacia do rio Peruípe; ID iniciado com AI: estações pertencentes a área de influência.

Tabela 1.9. Estacionariedade das vazões médias das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019

Código	ID	Estação	Bacia	Qmed média A	Qmed média B
55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	7,29	5,25
55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	26,11	23,55
55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	14,58	11,22
55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	20,85	16,33
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	28,50	20,74
55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	24,54	19,49
55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	52,28*	27,81*
55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	26,39*	12,82*

Em que: A – variável para simbolizar o período mais antigo da série de dados; B – variável para simbolizar o período mais recente da série de dados; * - médias estatisticamente diferentes ao nível de $P < 0,05$ pelo teste de Student (t); ** - Intervalo de análise entre 1981 a 1994 com 1995 a 2019.

Tabela 1.10. Estacionariedade das vazões máximas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019

Código	ID	Estação	Bacia	Qmax média A	Qmax média B
55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	18,38*	35,19*
55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	96,57	109,84
55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	91,78	76,19
55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	123,50	128,20
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	129,20	126,36
55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	195,29	191,66
55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	342,94	386,45
55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	68,40*	31,57*

Em que: A – variável para simbolizar o período mais antigo da série de dados; B – variável para simbolizar o período mais recente da série de dados; * - médias estatisticamente diferentes ao nível de $P < 0,05$ pelo teste de Student (t); ** - Intervalo de análise entre 1981 a 1994 com 1995 a 2019.

Tabela 1.11. Estacionariedade das vazões mínimas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém, e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019

Código	ID	Estação	Bacia	Qmin média A	Qmin média B
55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	2,46	1,67
55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	9,79	9,60
55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	5,78	4,58
55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	6,86	4,90
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	12,16	7,60
55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	9,90	7,33
55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	18,08*	5,64*
55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	12,71	7,20

Em que: A – variável para simbolizar o período mais antigo da série de dados; B – variável para simbolizar o período mais recente da série de dados; * - médias estatisticamente diferentes ao nível de $P < 0,05$ pelo teste de Student (t); ** - Intervalo de análise entre 1981 a 1994 com 1995 a 2019.

A rejeição da hipótese de nulidade pode significar uma tendência da redução desses parâmetros ao longo do tempo, uma vez que, no primeiro período de estudo foram observados valores médios superiores aos observados no período seguinte. A redução dos totais precipitados poderia refletir diretamente nas vazões mínimas, considerando que, as estações fluviométricas analisadas apresentaram valores inferiores no segundo período analisado, indicando uma tendência de diminuição dessas vazões ao longo do tempo, apesar de não terem apresentado diferença estatística significativa, exceto na estação Fazenda Cascata (IT2). Silva (2019) ao estudar o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Buranhém, localizada na região do extremo sul da Bahia, obteve um resultado similar aos encontrados neste estudo: diminuição das vazões mínimas e médias ao longo do tempo. Além dessas, apresentou também diminuição da vazão máxima, como ocorreu na bacia do rio Peruípe.

A vazão mínima permite caracterizar a disponibilidade hídrica natural de um curso de água e pode ser considerada um dos limitantes para concessão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos (ULIANA et al., 2016). A sua diminuição pode resultar em déficit hídrico nessas bacias e potencializar conflitos pelo uso da água, ponderando que esse é o nível de vazão que assegura a qualidade e quantidade de água necessária para manter minimamente os componentes, funções e processos dos ecossistemas aquáticos. Levando em consideração os resultados encontrados por Silva (2019) em relação a diminuição das vazões mínimas e os encontrados neste estudo, pode-se presumir que problemas com a disponibilidade hídrica sejam enfrentados por toda a região do extremo sul baiano e não só nas três bacias que este estudo abrange.

A diminuição das áreas de vegetação nativa em virtude do crescimento de áreas de monocultura causa influência na quantidade e na qualidade de água disponível em uma bacia (REBOUÇAS et al., 1999; LATUF, 2008; TUCCI, 2012). Áreas dominadas pela pecuária, como é o caso da região em que estão inseridas as bacias hidrográficas estudadas, onde essa atividade é responsável por 36% de ocupação da área total do território (BAHIA, 2016) – estas áreas geralmente apresentam solos mais compactados que geram uma menor taxa de infiltração e tempo de residência da água (ALMEIDA, 2012), portanto, uma menor produtividade hídrica. Corroborando com essa hipótese, Calijuri et al. (2015) constataram que o aumento significativo de usos antrópicos do solo na bacia hidrográfica do Alto Paraguaçu, localizada no estado da Bahia, acarretou uma variação na precipitação que, conseqüentemente influenciou na disponibilidade hídrica dessa bacia. Da mesma maneira, Santos et al. (2010) verificaram que a expansão da agricultura em virtude de áreas de vegetação nativa, na bacia hidrográfica do ribeirão João Leite em Goiânia, foram fatores preponderantes para a alteração do regime hídrico da bacia, principalmente em função do aumento expressivo do volume de água captado dos mananciais.

A compactação do solo, além de influenciar diretamente as vazões mínimas, influencia também as vazões máximas, ao aumentar o escoamento superficial, demonstrando que o cálculo de vazões é relevante para a previsão e controle de enchentes. Considerando que a estação Fazenda Cascata (IT2) apresentou a maior vazão máxima (Tabela 1.12), é possível que os efeitos de uma cheia pudessem ser mais prejudiciais para a bacia do rio Itanhém do que para as demais bacias estudadas. Porém, são necessários estudos sobre a fisiografia dessas bacias a fim de proceder uma comparação mais precisa.

Tabela 1.12. Vazões máxima, mínima, média e de referência das estações fluviométricas das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu em m^3s^{-1}

	ITA ¹	JUC ¹	SJP ¹	CAG ¹	FRS ¹	MEN ²	FAC ²	HEL ³
Q_{max}	105,31	27,59	83,62	113,96	119,41	175,61	352,46	43,83
Q_{min}	8,99	1,85	4,81	5,44	9,58	7,42	11,13	8,80
Q_{med}	23,86	5,82	12,88	17,24	23,77	19,32	39,04	17,87
Q₇	20,30	4,57	9,06	12,43	18,05	14,04	22,86	15,80
Q₅₀	11,65	2,66	5,87	7,27	11,40	9,53	12,21	8,32
Q₉₀	7,99	1,94	4,83	5,43	8,81	7,62	6,62	6,32
Q₉₅	5,30	1,44	4,13	3,77	6,92	6,16	3,29	5,05

Em que: ITA – Itamaraju; JUC – Jucuruçu; SJP – São José do Prado; CAG – Cachoeira Grande; FRS – Fazenda Rio do Sul; MEN – Medeiros Neto; FAC – Fazenda Cascata; HEL – Helvécia; 1 – Bacia Jucuruçu; 2 – Bacia Itanhém; 3 – Bacia Peruípe.

Essas informações hidrológicas são fundamentais para subsidiar o manejo das bacias hidrográficas no que diz respeito aos aspectos de drenagem superficial (Mello et al., 2010), controle de inundações e dimensionamento de obras hidráulicas. Levando em consideração as vazões médias específicas de cada estação (Tabela 1.13), é possível dizer que a bacia hidrográfica do rio Jucuruçu possui uma maior produtividade hídrica quando comparada às outras duas bacias, por ter apresentado os maiores valores para a vazão mínima e vazões de permanência específicas. Tais vazões, permitem caracterizar a disponibilidade hídrica na área de drenagem de cada estação fluviométrica.

Tabela 1.13. Vazões específicas máxima, mínima e média das estações fluviométricas das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu em $m^3s^{-1}.km^2$

	ITA ¹	JUC ¹	SJP ¹	CAG ¹	FRS ¹	MEN ²	FAC ²	HEL ³
q_{max}	0,0382	0,0295	0,0952	0,0633	0,0603	0,0544	0,0747	0,0148
q_{min}	0,0033	0,0020	0,0055	0,0030	0,0048	0,0023	0,0024	0,0030
q_{med}	0,0086	0,0062	0,0147	0,0096	0,0120	0,0060	0,0083	0,0060
q₇	0,0074	0,0049	0,0103	0,0069	0,0091	0,0043	0,0048	0,0053
q₅₀	0,0042	0,0028	0,0067	0,0040	0,0058	0,0030	0,0026	0,0028
q₉₀	0,0029	0,0021	0,0055	0,0030	0,0045	0,0024	0,0014	0,0021
q₉₅	0,0019	0,0015	0,0047	0,0021	0,0035	0,0019	0,0007	0,0017

Em que: ITA – Itamaraju; JUC – Jucuruçu; SJP – São José do Prado; CAG – Cachoeira Grande; FRS – Fazenda Rio do Sul; MEN – Medeiros Neto; FAC – Fazenda Cascata; HEL – Helvécia; 1 – Bacia Jucuruçu; 2 – Bacia Itanhém; 3 – Bacia Peruípe.

Outorga dos recursos hídricos

Das três bacias hidrográficas estudadas, duas são de domínio da União: bacia hidrográfica do rio Itanhém e bacia hidrográfica do rio Jucuruçu, por pertencerem a mais de um estado (Bahia e Minas Gerais); e a bacia hidrográfica do rio Peruípe é de domínio estadual, por se localizar inteiramente no estado da Bahia. Para rios da União, o limite de outorga é de 70% da Q_{95} , podendo variar em função das peculiaridades de cada região

(ANA, 2011). Na Bahia, o Decreto nº 6.296 de 21 de março de 1997 (BAHIA, 1997), prevê como limite de outorga 80% da Q_{90} , podendo chegar a 95% em casos de abastecimento humano. Em Minas Gerais, a Portaria nº 49 de 01 de julho de 2010 (IGAM, 2010), fixa em 30% da $Q_{7,10}$ o limite outorgável para captações em reservatórios. Essa portaria faz uma ressalva para possibilidade de serem liberadas vazões superiores, mantendo o mínimo residual de 70% da $Q_{7,10}$ durante todo o tempo.

Com base nas análises e legislação vigente, são apresentadas na Tabela 1.14 as vazões outorgáveis para cada estação analisada, no entanto, apesar das bacias hidrográficas dos rios Jucuruçu e Itanhém serem de domínio da união, os critérios para concessão de outorgas são definidos pelo INEMA, ou seja, 80% da Q_{90} . Todos os valores passíveis de outorga referem-se apenas às estações mencionadas, tornando necessária a regionalização hidrológica para o conhecimento dos valores outorgáveis nos demais pontos das bacias.

Tabela 1.14. Vazões de referência para fins de outorga, 80% da Q_{90} , correspondentes às estações pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu em m^3s^{-1}

Código	Nome	Município	Bacia Hidrográfica	Vazões outorgáveis*
55330000	Jucuruçu	Jucuruçu	Jucuruçu	1,55
55340000	Itamaraju	Itamaraju	Jucuruçu	6,39
55360000	São José do Prado	Nazaré	Jucuruçu	3,86
55370000	Cachoeira Grande	Prado	Jucuruçu	4,34
55380000	Fazenda Rio do Sul	Prado	Jucuruçu	7,05
55460000	Medeiros Neto	Medeiros Neto	Itanhém	6,10
55490000	Fazenda Cascata	Teixeira de Freitas	Itanhém	5,30
55510000	Helvécia	Nova Viçosa	Peruípe	5,06

Em que: *80% da Q_{90} .

As atividades de uso da água nas bacias estudadas, tanto em âmbito federal (ANA) quanto em âmbito estadual (INEMA), demandam alta quantidade de água, fato que é agravado por se tratar de usos consuntivos, que é quando se utiliza a água direto de sua fonte natural e ocorrem perdas na quantidade de água que retorna ao curso hídrico, sendo esses os usos que mais causam escassez desse recurso em âmbito mundial (ANA, 2013).

De acordo com os relatórios disponíveis sobre outorgas concedidas no sítio eletrônico da ANA (ANA, 2020b), e o módulo de monitoramento do Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos (SEIA) (INEMA, 2020), as outorgas concedidas para irrigação representam 61,18% do total de concedido nas bacias estudadas. A irrigação possui um alto consumo dos recursos hídricos em virtude de períodos críticos que a atividade pode sofrer, principalmente, nos locais mais distantes do

litoral, que apresentam períodos secos e chuvosos bem definidos. As outras outorgas concedidas representam juntas 38,82% do total de uso da água, sendo: abastecimento público (21,8%), indústria (6,5%), dessedentação animal (4,7%), esgotamento sanitário (4,1%) e mineração (1,8%).

Diante do exposto, nota-se que os recursos hídricos das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu precisam ser conservados e geridos de modo a garantir a disponibilidade hídrica para os diversos usos, inclusive para os já outorgados, visto que esses volumes autorizados são significativos quando comparados às vazões de referência calculadas. A grande demanda de múltiplos usos da água requer planejamentos específicos dos recursos hídricos, sendo importante que o comitê de bacias hidrográficas correspondente (CBHPIJ), atue criando mecanismos de gerenciamento das outorgas concedidas e contribua com medidas de redução do uso e perda indiscriminados de água, visto que a literatura apresenta fortes indícios de que uma má gestão dos recursos hídricos pode ocasionar ou agravar crises hídricas (GOMES; FERNANDES, 2017).

CONCLUSÃO

É possível perceber a influência marítima e continental no regime pluviométrico das bacias hidrográficas estudadas, uma vez que as estações que se localizam mais a oeste dispõem de períodos secos e chuvosos acentuados, enquanto nas estações próximas ao litoral verifica-se menor oscilação nos valores dos totais precipitados durante os períodos do ano. Esse fato é constatado ao se analisar a precipitação média das bacias, comprovando que as estações com maior influência se localizam mais próximas à faixa litorânea, devido ao efeito da maritimidade.

Observou-se que as estações fluviométricas têm apresentado tendência de diminuição de suas vazões, principalmente as vazões mínimas, fato que requer bastante atenção, pois pode resultar em déficit hídrico nessas bacias, considerando que esse é o nível de vazão que assegura a qualidade e quantidade de água necessária para manter minimamente os componentes, funções e processos dos ecossistemas aquáticos. Isso evidencia a necessidade de intervenções que garantam o adequado manejo dessas bacias com intuito de evitar a repetição de mais uma crise hídrica na região.

Levando em consideração o fato das vazões específicas representarem a produtividade hídrica em cada área de drenagem das estações fluviométricas, é possível afirmar que a bacia hidrográfica do rio Jucuruçu possui maior produtividade hídrica quando comparada às demais bacias estudadas, visto que as estações fluviométricas

presentes nessa bacia apresentaram os maiores valores para as vazões específicas mínimas e de permanência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Hidro 1.4 – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. 2001. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/sistemas>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- _____. Outorga de direito de uso de recursos hídricos. **Cadernos de capacitação em recursos hídricos**, v.6, Brasília – DF, 2011.
- _____. Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos. Brasília – DF, 2013.
- _____. **Hidroweb** – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. 2020a. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- _____. **Outorgas Emitidas**. 2020b. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/regulacao/principais-servicos/outorgas-emitidas>>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- ALMEIDA, A. Q. de. **Dinâmica hídrica em microbacias cultivadas com eucalipto e pastagem no leste de Minas Gerais**. 2012. 77 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- ALMEIDA, T. M.; MOREAU, A. M. S. S.; MOREAU, M. S.; PIRES, M. M.; FONTES, E. O.; GÓES, L. M. Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 02, p. 5-18, 2008.
- ALMEIDA, T. M.; TEIXEIRA, A. C. O. Inter-relações entre fatores físicos e socioeconômicos na dinâmica de uso da terra no Extremo Sul da Bahia. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 04, n. 02, p. 64-72, 2010.
- ARAI, F.K.; PEREIRA, S.B.; GONÇALVES, G.G.G. Characterization of water availability in a hydrographic basin. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p.591–601, jun. 2012.
- BAHIA, 2016. Plano Territorial De Desenvolvimento Sustentável e Solidário do Extremo Sul da Bahia. Governo do Estado da Bahia: Secretaria de Planejamento. Disponível em: <encurtador.com.br/qvIT2>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- BAHIA. Decreto CONERH n. 63, de 26 de novembro de 2009. Aprova a proposta de instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Peruípe, Itanhaém e Jucuruçu. **Diário Oficial [do Estado da Bahia]**, Salvador, BA, n. 20.147, 4 dez 2009.
- BAHIA. Decreto n. 6.296, de 21 de Março de 1997. Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos, infração e penalidades e dá outras providências. **Diário Oficial [do Estado da Bahia]**, Salvador, BA, 1997.

BERHANU, B.; SELESHI, Y.; DEMISSE, S. S.; MELESSE, A. M. Flow Regime Classification and Hydrological Characterization: A Case Study of Ethiopian Rivers. **Water**, v. 7, n. 6, p. 3249-3165, 2015.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 8 jan. 1997.

CALEGARIO, A. T. **Identificação de regiões hidrologicamente homogêneas e comportamento das vazões mínima e média regionalizadas**. 2014. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2014.

CALIJURI, M. L.; CASTRO, J. S.; COSTA, L. S.; ASSEMANY, P. P.; ALVES, J. E. M. Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed. **Environmental Earth Science**, v. 74, p. 5373-5382, 2015.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; DIAS, M.A.F.; JUSTI, M.G.A. Terra e clima no Brasil. São Paulo: Editora Oficina de Textos, p.464, 2009.

CERQUEIRA NETO S. P. G.; SILVA L. T. O que é Extremo Sul da Bahia no século XXI em tempos de globalização. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia -UFES**, v. 18, p. 27-37, 2016.

CERQUEIRA NETO, S. P. G. Construção Geográfica do Extremo Sul da Bahia. **Revista de Geografia**, v. 30, p. 246-264, 2013.

DOURADO, C. S.; STANLEY, R. M. O.; AVILA, A. M. H. Análise de zonas homogêneas em séries temporais de precipitação no Estado da Bahia. **Bragantia**, v. 72, n. 02, p. 102-198, 2013.

GOMES, R. R. K. A.; FERNANDES, L. L. Hydrological characterization of the Araguaia River through reference flows. **Applied Water Science**, v. 7, p. 4605-4614, 2017.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **Novo GeoBahia: Módulo do Monitoramento do Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://novogeobahia.inema.ba.gov.br/monitoramento/#>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS (IGAM). Diário do Executivo. Portaria IGAM nº 49, de 01 de julho de 2010. Estabelece os procedimentos para a regularização do uso de recursos hídricos do domínio do Estado de Minas Gerais. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Minas Gerais, 06 jul. 2010. Seção 3, p. 1-2.

LATUF, M. O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros**. 2008. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008.

LEONEL, M. S. **Extremo Sul da Bahia: Caracterização socioeconômica e os impactos da expansão do setor de base florestal**. 2016. 196f. Tese (Doutorado em

Economia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

MALINA, L. L. **A Territorialização do monopólio no setor celulístico-papeleiro: a atuação da Veracel Celulose no Extremo Sul da Bahia.** 2013. 358f.

Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARCIANO, A. G.; BARBOSA, A. A.; SILVA, A. P. M. Cálculo de precipitação média utilizando método de Thiessen e as linhas de cumeada. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 13, n. 1, 2018.

MARTINS, M. L. Ferrovias e desenvolvimento regional em Minas Gerais: o caso da Bahia-Minas. **Seculum – Revista de História**, v. 32, p. 69-90, 2015.

MELLO, C. R. de.; VIOLA, M. R.; BESKOW, S. Vazões máximas e mínimas para bacias hidrográficas da região alto rio Grande, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 494-502, abr. 2010.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, p.1-10, 2002.

PERPETUA, G. M.; THOMAZ JR, A. Revisitando o conceito de acumulação do capital: A pilhagem territorial promovida pela Veracel Celulose no Extremo Sul da Bahia. **Campo-Território: revista de geografia agrária**. Edição especial, p. 225-256, 2016.

QGIS Development Team, 2019. **QGIS** - Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>. Acesso em: 20 mai. 2020.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. 717 p.

RIBEIRO, M. A. F. M.; BARBOSA, D. L.; BATISTA, M. L. C.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; ALMEIDA, M. A.; RIBEIRO, M. M. R. Simulação da prioridade de uso das águas superficiais como um critério para o instrumento da outorga. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2, p. 135-145, 2014.

RODRIGUEZ, R. D. G. **Proposta conceitual para a regionalização de vazões.** 2008. 195p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008.

RUTHES, J. M. **A curva de permanência e a disponibilidade hídrica para outorga no estado do Paraná.** 2017. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, 2017.

SANTOS, E. H. M. dos; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 826-834, 2010.

SANTOS, M. O.; BARRETO, I. D. C.; SILVA, I. M. L.; STOSIC, T. Avaliação das alterações hidrológicas da bacia do rio São Francisco causadas pela construção da usina hidrelétrica de Sobradinho. **Scientia Plena**, v. 13, n. 11, p. 110202, 2017.

SCHENEIDER, E. H. M.; BARBOSA, A. G.; ROCHA, I. M. L.; MENDES, L. A. Regionalização das vazões de permanência para as bacias hidrográficas do Estado de Sergipe segundo suas regiões climáticas. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, p. 109901, 2017.

SILVA, G. M. F. de. **Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica do rio Buranhém**. 2019. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal do Sul da Bahia, Porto Seguro, Bahia, 2019.

SNELDER, T. H.; LAMOUREUX, N.; LEATHWICK J. R.; PELLA, H.; SAUQUET, E.; SHANKAR, U. Predictive mapping of the natural flow regimes of France. **Journal of Hydrology**, v. 373, n. 1-2, p. 56-67, 2009.

SOUSA H. T.; PRUSKI F. F.; BOF L. H. N.; CECON P. R.; SOUSA J. R. C. **SisCAH** – Sistema Computacional para Análise Hidrológica. Versão 1.0. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos, 2009.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS, 2012. 944 p.

ULIANA, E. M.; SOUZA, L. C. S.; SILVA, D. D.; SOUZA, A. P.; ALMEIDA, F. T.; ARAUJO, A. B. Regionalização de vazões para o médio e alto Rio Teles Pires –MT. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 04, p. 333-338, 2016.

EVOLUÇÃO TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU, BAHIA

Resumo

O processo de substituição de áreas de vegetação nativa por áreas de plantios agrícolas, agropecuárias e florestais se intensifica cada vez mais no Território de Identidade do Extremo Sul da Bahia. Tal fato tem gerado intensa preocupação em relação ao desmatamento e ocupação das regiões de Mata Atlântica. Desta forma, objetivou-se neste trabalho identificar a alteração do uso e ocupação do solo entre os anos de 1990 e 2018 nas bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. Os dados relativos ao tamanho da área, extensão e delimitação das classes foram cedidos pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia. Foi realizada uma comparação dos mapas de uso e ocupação do solo e das áreas ocupadas pelas 18 classes analisadas, verificando-se assim, as mudanças ocorridas em cada período. As bacias dos rios Itanhém e Jucuruçu apresentaram as pastagens como atividade predominante em seu território, ocupando uma área equivalente a 66,1% e 62,9%, respectivamente. Já a bacia do rio Peruípe é ocupada atualmente por pastagens (32,4%) e eucalipto (32,1%). A expansão das áreas destinadas a pecuária (Itanhém e Jucuruçu) ocorreu em virtude da supressão de áreas de vegetação nativa, que sofreram uma diminuição significativa nessas bacias. Portanto, percebeu-se que a ocupação predominante de atividades antrópicas nessas bacias, causa mudanças ambientais negativas para as mesmas, sendo necessária a adoção de práticas de manejo adequadas para a mitigação desses danos, a fim de equilibrar os prejuízos ambientais com os objetivos econômicos.

Palavras-chave: Desmatamento. Extremo Sul da Bahia. Geoprocessamento. Mata Atlântica.

Abstract

The process of replacing areas of native vegetation with areas of agricultural, agribusiness and forest plantations is gaining pace in the Identity Territory of the Extreme South of Bahia. This fact has caused concern regarding deforestation and the occupation of the Atlantic Forest regions. Thus, the aim of this study was to identify the change in land use and occupation between the years 1990 and 2018 in the hydrographic basins of the Peruípe, Itanhém and Jucuruçu rivers. The data related to the size of the area, extension and class delimitation were provided by the Forestry Forum of the Extreme South of Bahia. A comparison of the land use and occupation maps and the areas occupied by the 18 classes analyzed was carried out, thus verifying the changes that occurred in each period. Pastures compose the majority of the drainage basin areas of the Itanhém and Jucuruçu rivers, occupying an area equivalent to 66.1% and 62.9% respectively. The Peruípe river basin is currently occupied by pastures (32.4%) and eucalyptus (32.1%). The expansion of areas for livestock (Itanhém and Jucuruçu) occurred due to the suppression of areas of native vegetation, which suffered a significant population decrease in these basins. Therefore, it is evident that the current predominant anthropic activities in these basins cause negative environmental changes. It is thus necessary to adopt superior management practices to mitigate these damages, in order to balance environmental losses with economic objectives.

Keywords: Deforestation. Extreme South of Bahia. Geoprocessing. Atlantic forest.

INTRODUÇÃO

A região onde estão localizadas as bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu passou por um intenso processo de exploração de suas áreas de vegetação nativa desde meados do século XX. As características naturais dessa região e os diversos incentivos fiscais concedidos pelo poder público atraíram a atenção de grandes indústrias madeireiras que ali se instalaram. Além disso, a região possui uma alta atividade agropecuária, que se expandiu em detrimento das áreas de vegetação nativa (ALMEIDA et al., 2008; ALMEIDA; TEIXEIRA, 2010). A expansão das atividades agropecuárias e florestais propiciou a inserção dessa região não só no cenário econômico nacional, como também no internacional, gerando modernização, industrialização e crescimento populacional (SEI, 2003).

Apesar das atividades agrícolas, agropecuárias e florestais serem viáveis economicamente, o processo desordenado de substituição da vegetação nativa por atividades antrópicas tem causado grandes pressões sobre os recursos naturais, tanto em âmbito regional, quanto em âmbito mundial, uma vez que pode afetar tanto quantitativamente quanto qualitativamente os recursos hídricos, o ar, o solo e promover a diminuição de habitats e a biodiversidade da fauna e da flora (BITTENCOURT, 2009; FAO, 2013).

Assim, como ocorre em diversas bacias hidrográficas estudadas no Brasil, além dos impactos históricos em função da forma de explorar os recursos naturais, têm ocorrido mudanças no uso do solo para atender demandas atuais, com redução da vegetação nativa para plantios agrícolas, agroflorestais e florestais. Coelho et al. (2014), ao estudarem a dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro, verificaram que junto com o rápido crescimento das áreas de pastagem e/ou agricultura, a paisagem predominante de vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem cada vez mais devastada, heterogênea e fragmentada. Nunes e Roig (2015), em um mapeamento de uso e ocupação do solo da bacia do Alto do Descoberto, no Distrito Federal, por meio da classificação temática de imagens, perceberam que houve uma nítida expansão de áreas agrícolas e diminuição das áreas de vegetação natural, podendo impactar diretamente os recursos hídricos da bacia estudada. Souza et al. (2017), ao analisarem os coeficientes de inclinação das equações para variação da cobertura do solo da bacia do rio das Fêmeas localizada no oeste da Bahia, notaram que durante o período estudado (1985 a 2015) houve tendência de redução das áreas naturais enquanto as áreas antrópicas tenderam a aumentar, sendo constatado maiores incrementos de áreas

antrópicas a partir de 2005. Os mesmos resultados foram encontrados por Souza et al. (2019) ao estudarem a mudança no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto, no Piauí, perceberam que houve a substituição da cobertura de vegetação nativa por áreas destinadas às atividades antrópicas, principalmente a agricultura.

Diante disso, os efeitos e consequências do processo de ocupação do território nos ecossistemas precisam ser compreendidos e analisados, sendo o levantamento do uso e ocupação do solo uma ferramenta muito utilizada para atender tais objetivos, uma vez que permite análise abrangente dos diversos fatores envolvidos no processo de uso do solo. Atualmente, conta-se com inúmeras ferramentas das geotecnologias que podem subsidiar o levantamento de tais dados e gerar informações espaciais importantes, possibilitando que sejam feitos diagnósticos e prognósticos que facilitem o monitoramento e manejo das bacias hidrográficas, pois, os fatores que desencadeiam a degradação do meio natural podem ser identificados para tornar a tomada de decisão mais eficiente (PIRES et al., 2012; LEITE et al., 2013).

Levando em consideração que os usos e ocupações do solo impactam de forma direta e indireta as características ambientais e sociais das bacias hidrográficas, o mapeamento e monitoramento surgem como técnicas eficazes para conhecer e mitigar os danos ambientais atuais e futuros, e são excelentes ferramentas para subsidiar processos de decisão que visem a preservação e conservação dos recursos ambientais. Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a evolução temporal do uso e ocupação do solo entre os anos de 1990 e 2018 nas bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.

MATERIAL E MÉTODOS

Delimitação das áreas de drenagem

Para delimitar as áreas das bacias hidrográficas, foram utilizadas imagens da base de dados *Shuttle Radar Topography Mission*, do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (INPE, 2020), com resolução espacial de 30 metros. Realizou-se inicialmente um mosaico da área estudada, contendo as cenas 16S42, 16S405, 17S42 e 17S405 e, em seguida uma reinterpolação dos dados de altimetria, para preencher as lacunas de dados presentes no modelo digital de elevação (MDE), oriundas de falhas na captação das imagens. Em seguida, realizou-se a remoção de depressões espúrias e foram gerados os modelos de direção do escoamento e escoamento acumulado. A partir do escoamento acumulado obteve-se a drenagem numérica. Ao fim dessas etapas, obteve-se o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC), que define todos os

processos de escoamento superficial de forma fidedigna a escala real. A área de drenagem das bacias estudadas foi estimada através do comando *r.water.outlet* utilizando-se como dados de entrada as coordenadas do exutório de cada bacia.

Alteração do uso e ocupação do solo ao longo do tempo

Os dados relativos ao tamanho da área, extensão e delimitação das classes foram cedidos pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia¹ em formato *shapefile* somente para o estado da Bahia, pois a atuação do Fórum Florestal é somente no Estado, para os anos: 1990, 1994, 2002, 2006, 2013 e 2018. Estes dados foram obtidos através de imagens do satélite Landsat 5 sensor *Thematic Mapper* para os anos entre 1990 e 2006, imagens do satélite *RapidEye* para o ano de 2013 e, para o ano de 2018, imagens do satélite Spot 7. A obtenção de imagens de diferentes satélites resultou na alteração das classes analisadas (Tabela 2.1). Portanto, realizou-se a união de classes para que a comparação entre os anos pudesse ser realizada, conforme mostrado na Tabela 2.2. Para classificação das imagens, utilizou-se o método de classificação automática supervisionada com visita a campo, e posteriormente fez-se o cálculo do índice Kappa para validação da mesma.

¹ <https://monitoramentobahia.dialogoflorestal.org.br/>

Tabela 2.1. Classes de uso do solo analisadas nos anos 1990-2006, 2013 e 2018

1990 - 2006	2013	2018
Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso
Agricultura	Agricultura	Agricultura
Área Úmida/Várzea	Área Úmida/Várzea	Área Urbana
Área Urbana	Área Urbana	Cabruca
Campos de Restinga	Café	Café
Comunidade Aluvial Arbórea	Campos de Restinga	Comunidade Aluvial Arbórea
Eucalipto	Cana de Açúcar	Campos de Restinga
Floresta Estágio Inicial	Citrus	Cana de Açúcar
Floresta Estágio Médio/Avançado	Comunidade Aluvial Arbórea	Citrus
Instalações Rurais	Corpos d'água	Desmatamento Recente
Lagos, lagoas, represas	Eucalipto	Eucalipto
Mussununga	Floresta Estágio Avançado	Floresta Estágio Inicial
Pasto Limpo	Floresta Estágio Inicial	Floresta Estágio Médio
Pasto Sujo	Floresta Estágio Médio	Instalações Rurais
Sistema Viário	Instalações Rurais	Manguezal
	Lagos, Lagoas e Represas	Mussununga
	Manguezal	Oceano
	Mussununga	Pasto Limpo
	Pasto Limpo	Pasto Sujo
	Pasto Sujo	Represa, lagos e rios
	Restinga Arbustiva	Restinga Arbustiva
	Sistema Viário	Sistema Viário
	Solo Exposto	

Tabela 2.2. Classes agrupadas para comparação de imagens de sensores distintos.

Classes finais analisadas	Classes unidas
Agricultura	Agricultura
	Cabruca (cacau)
	Café
	Cana de Açúcar
	Citrus
Floresta Estágio Médio/Avançado	Floresta Estágio Médio
	Floresta Estágio Avançado
Corpos Hídricos	Corpos d'água
	Represa, lagos e rios
	Lagos, lagoas, represas
Restinga	Restinga Arbustiva
	Campos de Restinga

Portanto foram analisadas 18 classes de ocupação do solo, sendo elas: Afloramento Rochoso, Agricultura, Área Urbana, Áreas Úmidas/Várzea, Comunidade Aluvial Arbórea, Desmatamento Recente, Eucalipto, Floresta Estágio Inicial, Floresta Estágio Médio/Avançado, Instalações Rurais, Corpos Hídricos, Manguezal, Mussununga, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Sistema Viário, Solo Exposto e Restinga.

Análise da alteração do uso e ocupação do solo ao longo do tempo

A análise temporal do período de estudo (1990 a 2018) foi realizada a partir da comparação dos mapas de uso e ocupação do solo e das áreas ocupadas pelas 18 classes analisadas, verificando-se assim, as mudanças ocorridas em cada período. Para todas as etapas citadas, bem como para a elaboração dos mapas, foi utilizado o *software* livre de informações geográficas QGIS 3.4® (QGIS, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

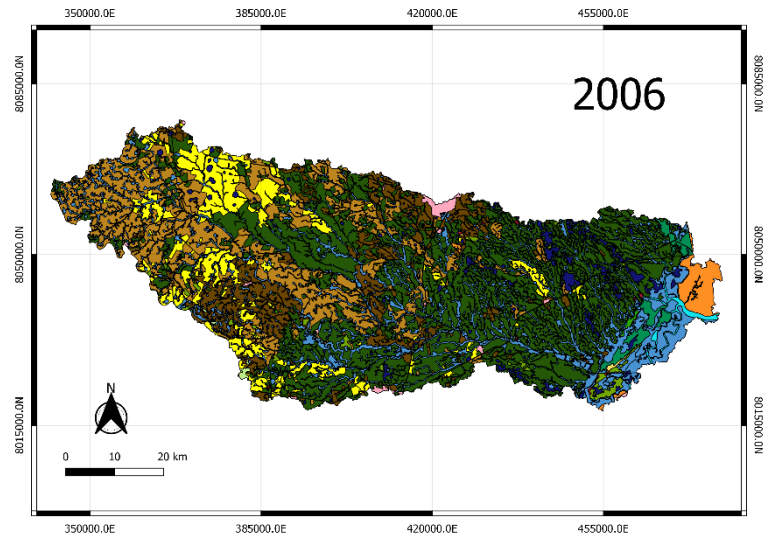
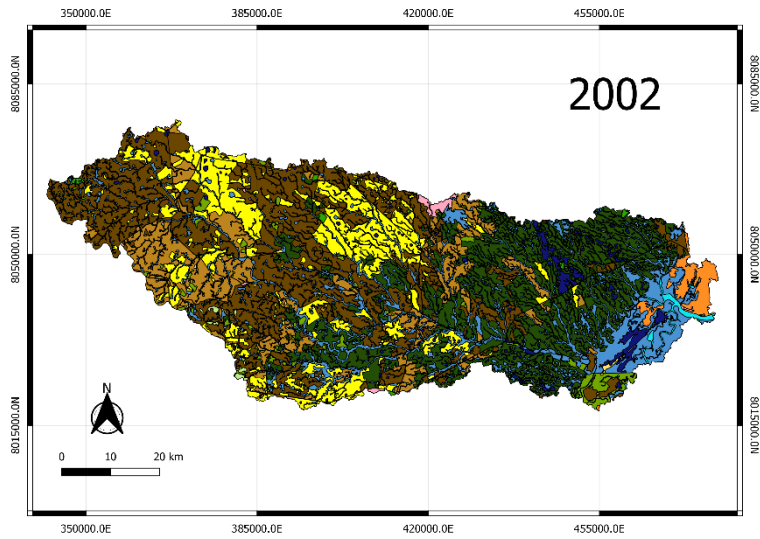
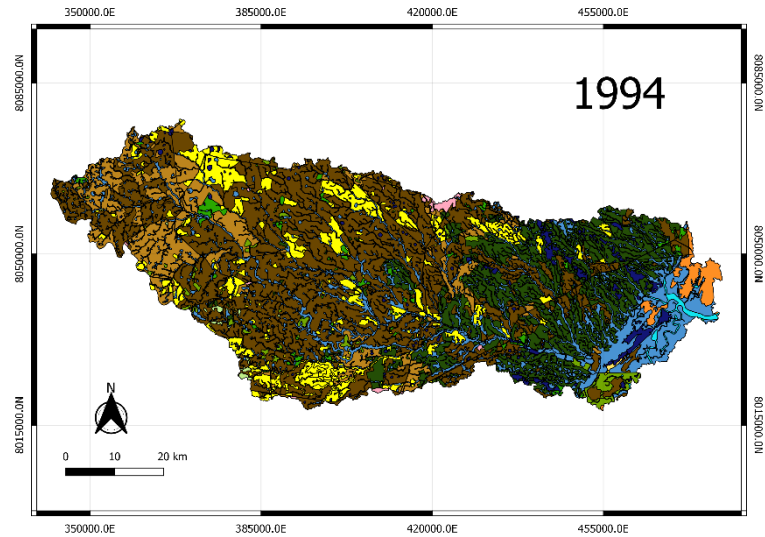
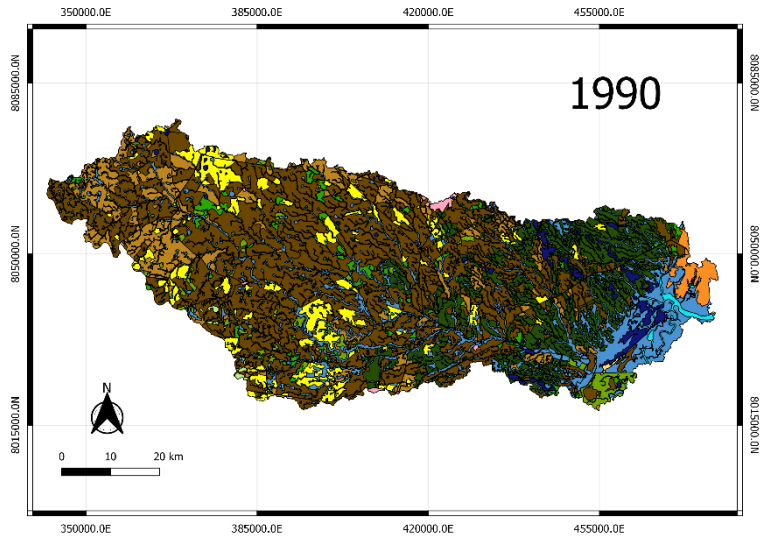
Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Peruípe

A Tabela 2.3 apresenta a evolução temporal das classes de uso e ocupação do solo da bacia do rio Peruípe, entre os anos de 1990 a 2018 para as 18 classes (Figura 2.1).

Tabela 2.3. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, da bacia hidrográfica do rio Peruípe, durante o período de 1990 a 2018

Classes	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AF	9,7	0,2	9,7	0,2	9,9	0,2	5,7	0,1	4,3	0,1	4,0	0,1
AG	303,8	6,5	411,9	8,8	594,7	12,7	366,6	7,8	356,6	7,4	349,5	7,5
AU	15,1	0,3	16,5	0,4	19,3	0,4	27,5	0,6	37,5	0,8	35,3	0,8
AV	114,2	2,4	103,1	2,2	108,9	2,3	127,7	2,7	261,9	5,4	-	-
CA	966,0	20,7	922,7	19,7	974,9	20,9	965,0	20,7	783,6	16,2	248,4	5,4
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,5	0,9
EU	586,3	12,5	727,5	15,6	997,6	21,3	1715,6	36,7	1729,7	35,8	1488,7	32,1
FI	91,0	2,0	59,0	1,3	11,5	0,3	6,1	0,1	21,2	0,4	79,8	1,7
FM	94,2	2,0	76,7	1,6	93,7	2,0	44,4	1,0	140,7	2,9	445,7	9,6
IR	0,4	0,0	0,4	0,0	0,7	0,0	0,4	0,0	20,7	0,4	1,5	0,0
CH	36,7	0,8	36,7	0,8	36,5	0,8	40,8	0,9	55,0	1,1	21,9	0,5
MA	0,8	0,0	0,8	0,0	2,0	0,0	56,4	1,2	8,7	0,2	78,5	1,7
MU	2,7	0,1	2,7	0,1	3,2	0,1	3,4	0,1	23,6	0,5	15,5	0,3
PL	424,0	9,1	440,2	9,4	489,0	10,5	799,4	17,1	981,3	20,3	1213,1	26,1
PS	1957,7	41,9	1787,5	38,3	1245,7	26,7	415,6	8,9	317,7	6,6	290,4	6,3
RE	57,6	1,2	64,8	1,4	73,1	1,6	74,6	1,6	76,9	1,6	318,7	6,9
SV	13,8	0,3	13,8	0,3	13,3	0,3	12,9	0,3	3,5	0,1	7,9	0,2

Em que: AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; AU – Área Urbana; AV – Áreas Úmidas/Várzea; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; MA – Manguezal; MU – Mussununga; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; RE – Restinga.



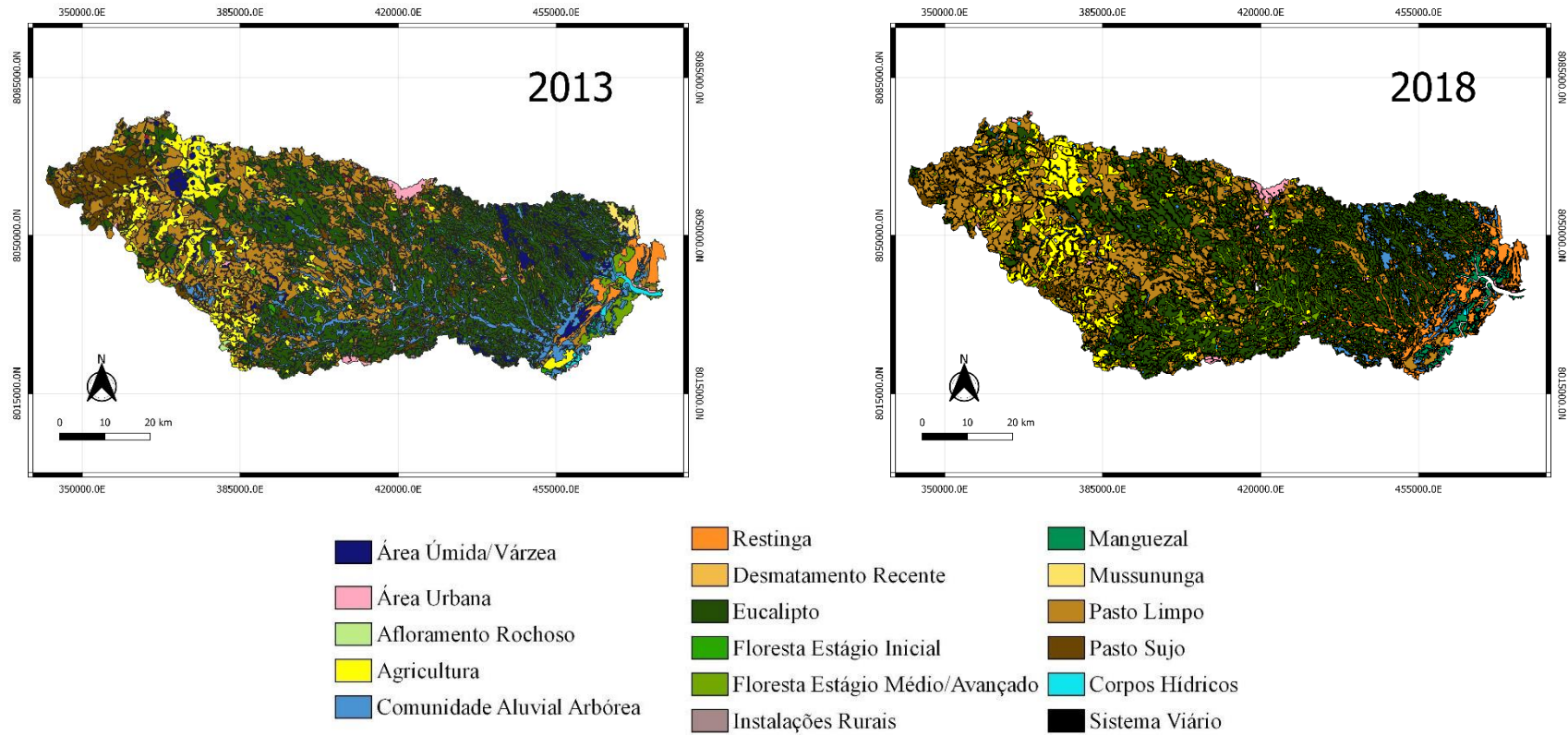


Figura 2.1. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Peruípe entre os anos de 1990 a 2018.

Analisando-se a classe Agricultura, observa-se que esta apresentou um aumento de 45,7 km² em sua área entre os anos estudados (1990 a 2018), ou seja, observou-se que a taxa de crescimento foi de 15,9%. No entanto, entre 1990 e 2002, percebe-se crescimento dessa atividade, que praticamente dobrou sua área ocupada, saltando de 6,5% em 1990 para 12,7% em 2002 da área total da bacia (crescimento de 95,7%). Todavia, entre o intervalo de 2002 a 2013, essa classe sofreu redução de 5,3% de área (total da bacia), equivalente a uma taxa de redução de 41,7% e apresentou-se estável entre o intervalo de 2013 e 2018, representando 7,5% de ocupação da área total da bacia em questão. Diante dessas variações, é necessário que seja levado em consideração que essa é uma atividade dinâmica, que possui períodos de cultivo e períodos de colheita e, portanto, o momento em que as imagens são captadas pelo satélite pode influenciar na quantidade de área computada.

De acordo com dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), entre os anos de 1990 e 1994 a cultura agrícola com maior área de ocupação, nos municípios que abrigam a bacia do rio Peruípe, foi o mamão, seguido pela cana-de-açúcar e o coco-da-baía. No ano de 2003 a Bahia foi responsável por 60% da produção nacional do fruto e o extremo Sul da Bahia por sua vez, foi responsável por 85% da produção do Estado. Entretanto, a região se esbarrou na falta de infraestrutura sanitária vegetal para exportação do fruto, tendo sido a produção certificada somente no ano de 2007 (SEI, 2020). Paralelo a isso, destaca-se a existência do Programa Nacional do Alcool ou Proálcool, criado em 1975 com o objetivo de incentivar a produção de combustível automotivo em substituição dos derivados de petróleo, o que justifica o início da presença da cultura de cana-de-açúcar na região em 1990. Contudo, entre os anos de 2002 e 2018 esse cultivo passou a ocupar maior extensão, colocando a área ocupada pelo mamão, no ano de 2002, em segundo lugar. Ocorre que o cultivo da cana-de-açúcar se apresentou mais favorável economicamente, tendo maior retorno para os agricultores por hectare plantado, além disso, a região do extremo sul da Bahia contou com a implantação de usinas de álcool e açúcar. A primeira, em 1986 no município de Medeiros Neto, e, com incentivo do Programa Estadual de Bioenergia do Estado da Bahia, em 2009 foram implantadas novas usinas em Ibirapuã e Lajedão, o que possivelmente impulsionou o aumento do cultivo da cana-de-açúcar nos municípios da bacia (SANTOS; FERRAZ, 2003; MESQUITA, 2004; JUNIOR; NASCIMENTO, 2017; SEI, 2020).

Assim, a cana-de-açúcar ocupa lugar de destaque, correspondendo a 82,8% das áreas destinadas à agricultura, sendo uma das culturas perenes mais representativas da

região. Além da cana-de-açúcar, apesar da fruticultura ser ainda uma atividade pequena, tanto em produtividade quanto em termos de área, são encontrados atualmente na bacia hidrográfica do rio Peruípe cultivos de coco, banana, maracujá, laranja e abacaxi (BAHIA, 2016).

Em relação às áreas de vegetação nativa, consideradas neste estudo as classes Comunidade Aluvial Arbórea, Floresta Estágio Inicial, Floresta Estágio Médio, Manguezal, Mussununga e Restinga, ao longo dos anos analisados, apresentaram juntas uma taxa de redução de 2%, equivalente a 25,7 km². Inicialmente, a classe Comunidade Aluvial Arbórea era responsável pela maior cobertura de vegetação nativa da bacia (cerca de 20%), enquanto as áreas de florestas ocupavam somente 4%. Atualmente a dinâmica é contrária, sendo as florestas responsáveis por 11,3% da cobertura vegetal da bacia hidrográfica, enquanto a Comunidade Aluvial Arbórea passou a ocupar somente 5,4%. Por outro lado, entre os anos de 2013 e 2018 a classe Floresta Estágio Inicial passou de 0,4% de ocupação para 1,7% e a Floresta Estágio Médio/Avançado de 2,9% de ocupação para 9,6%, podendo ser indícios de que o Código Florestal Brasileiro, implantado através da Lei Federal nº 12.651 (BRASIL, 2012) no ano de 2012 possa ter influenciado na ampliação dessas áreas, mesmo de forma sutil. Assim como as áreas ocupadas por florestas, as áreas ocupadas pelas classes Manguezal, Mussununga e Restinga, aumentaram durante o período estudado, apresentando uma taxa de crescimento de 575%, equivalente ao aumento de 351,6 km² de área.

Apesar das áreas de florestas terem se expandido durante o período estudado, as áreas de vegetação nativa como um todo diminuiu. Tal fato, de acordo com Tucci (2012), influencia diretamente nos valores de vazões de uma bacia hidrográfica, principalmente em relação às vazões mínimas, que garantem a estabilidade e o equilíbrio dos ecossistemas, tanto aquáticos como terrestres. A presença de vegetação nativa pode desenvolver diversas funções eco-hidrológicas, como recarga dos lençóis freáticos e consequente aumento da quantidade de água, controle da erosão através da redução do escoamento superficial e como proteção dos corpos de água (LIMA et al., 2013; TAMBOSI et al., 2015). Além disso, a cobertura do solo com florestas reduz a energia cinética das gotas de chuva, que consequentemente melhora as características físicas do solo, aumenta a taxa de infiltração e o tempo de residência da água na bacia hidrográfica, regularizando assim a vazão do curso de água (ALMEIDA, 2012).

A classe eucalipto, em conjunto com as classes de pastagens, ocupam a maior parte da bacia do rio Peruípe, referindo-se a 64,5% da área total, equivalente a 2.992,2

km². Em 1990, a classe eucalipto ocupava 12,5% enquanto as classes de pastagens ocupavam 51%. Em 2018, houve uma redução de 19% das áreas de pastagens cedendo espaço para um aumento de 19,5% das áreas de eucalipto, passando cada uma a ocupar cerca de 32% da área total da bacia. A substituição das áreas destinadas a pecuária pela silvicultura refletiu diretamente na diminuição do número de animais criados na bacia, principalmente do rebanho bovino (taxa de redução de 17%), que é a criação com o número de animais mais representativo da região estudada (SEI, 2020). Vale destacar que, de acordo com Almeida e Teixeira (2010), a difusão da monocultura de eucalipto não aconteceu aleatoriamente nas regiões do extremo sul da Bahia, norte do Espírito Santo e Norte de Minas Gerais, mas porque as características naturais dessas regiões, tais como topografia, pluviosidade, insolação, solos e disponibilidade hídrica proporcionaram a maior produtividade de madeira em toras para papel e celulose por hectare do mundo.

A expansão das áreas de plantações de eucalipto pode causar tanto efeitos positivos quanto negativos para a bacia hidrográfica, a depender da situação que o local estava no início da implantação dessa monocultura. Entre os anos de 1990 e 2018 houve uma conversão de 813,54 km² de pastagem para eucalipto, sendo que essa mudança pode ser benéfica à medida em que gera melhores condições para o desenvolvimento da fauna local (MOLEDO et al., 2016). Em relação às características hidrológicas, essa substituição de atividades seria benéfica ao contribuir para a redução de processos erosivos e redução de lixiviação de nutrientes (TADEU, 2014).

Porém, a partir do momento em que as áreas de eucalipto são inseridas em áreas que eram ocupadas inicialmente por vegetação nativa, como também ocorreu na bacia estudada, tendo sido cerca de 93,68 km² de vegetação nativa convertidos em eucalipto, haverá impactos negativos por conta do desmatamento. Os maiores impactos estão relacionados à modificação da cobertura do solo e na sua compactação, que ocorre principalmente durante as etapas de abertura de estradas rurais, de implantação e de colheita (VITAL, 2007). Além disso, a implantação de qualquer tipo de monocultura, sem os devidos cuidados de manejo, ocasiona o esgotamento de nutrientes do solo (MOLEDO et al., 2016).

É importante destacar a dinâmica ocorrida entre as classes de pastagens, uma vez que houve um comportamento inverso entre a classe Pasto Limpo e a classe Pasto Sujo. Enquanto a primeira apresentou um aumento de 789,1 km², ou 17,1%, a segunda apresentou uma redução de 1.667,2 km², o equivalente a 35,6%, entre os anos de 1990 a 2018. Deve-se levar em consideração que as áreas de Pasto Sujo são áreas ocupadas

predominantemente por pastagens, mas que possuem estruturas herbáceo-arbustivas frequentes, podendo corresponder aos primeiros processos de regeneração natural da vegetação (RIBEIRO et al., 2012). Assim, é possível presumir que tem ocorrido a “limpeza” dessas áreas para a implantação das atividades pecuárias mais intensas. Ou seja, embora as áreas destinadas à pecuária tenham sido reduzidas em função da expansão do eucalipto, houve um aumento significativo de Pasto Limpo que, embora seja bem manejada e possua um efetivo controle de plantas invasoras, pode contribuir para danos ambientais.

Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Itanhém

Na Tabela 2.4 estão apresentados os resultados de uso e ocupação do solo na bacia do rio Itanhém referentes ao período de 1990 a 2018 para as 18 classes analisadas, apenas para os municípios pertencentes ao estado baiano.

Tabela 2.4. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, da bacia hidrográfica do rio Itanhém, durante o período de 1990 a 2018.

Classes	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AF	26,0	0,5	26,0	0,5	28,6	0,6	17,2	0,4	23,6	0,5	15,3	0,3
AG	201,5	4,1	338,2	7,0	419,3	8,6	142,2	2,9	131,1	2,7	112,4	2,4
AU	9,1	0,2	9,3	0,2	11,1	0,2	14,5	0,3	19,5	0,4	19,0	0,4
AV	29,9	0,6	29,7	0,6	43,5	0,9	36,0	0,7	8,3	0,2	-	-
CA	1.006,2	20,7	1.054,5	21,7	958,3	19,7	1.177,1	24,2	574,1	12,0	299,1	6,3
EU	261,8	5,4	266,2	5,5	403,9	8,3	816,3	16,8	666,4	13,9	603,2	12,7
FI	333,4	6,9	176,8	3,6	171,7	3,5	53,0	1,1	21,6	0,5	117,0	2,5
FM	460,2	9,5	423,6	8,7	451,3	9,3	207,8	4,3	253,6	5,3	414,4	8,7
IR	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	2,0	0,0	15,6	0,3	1,7	0,0
CH	15,1	0,3	15,1	0,3	16,7	0,3	17,9	0,4	11,5	0,2	19,2	0,4
MA	-	-	-	-	5,7	0,1	5,9	0,1	10,4	0,2	2,7	0,1
MU	1,1	0,0	1,1	0,0	1,2	0,0	2,4	0,0	3,8	0,1	4,8	0,1
PL	524,9	10,8	327,3	6,7	1.291,6	26,6	537,7	11,1	1.281,2	26,8	2.578,7	54,2
PS	1.948,8	40,1	2.154,1	44,3	1.015,3	20,9	1.783,9	36,7	1.724,7	36,0	567,6	11,9
SV	6,6	0,1	6,6	0,1	5,6	0,1	7,1	0,1	1,2	0,0	6,8	0,1
SE	-	-	-	-	-	-	8,6	0,2	1,7	0,0	-	-
RE	28,9	0,6	25,0	0,5	30,3	0,6	29,5	0,6	39,3	0,8	87,6	1,8

Em que: AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; AU – Área Urbana; AV – Áreas Úmidas/Várzea; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; MA – Manguezal; MU – Mussununga; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto; RE – Restinga.

Em relação a classe Agricultura, observa-se que esta apresentou uma redução de 1,7% em sua área (do total da bacia) entre os anos estudados (1990 a 2018). No entanto, entre 1990 e 2002, percebe-se um crescimento de 4,5% dessa atividade, o que corresponde a um salto na ocupação territorial dessa classe de 201,5 km² em 1990 para

419,3 km² em 2002, equivalente a uma taxa de crescimento de 108%. No entanto, assim como foi mencionado na bacia do rio Peruípe, a dinâmica dessa classe é um fator que exerce influência na variação da quantidade de área ocupada.

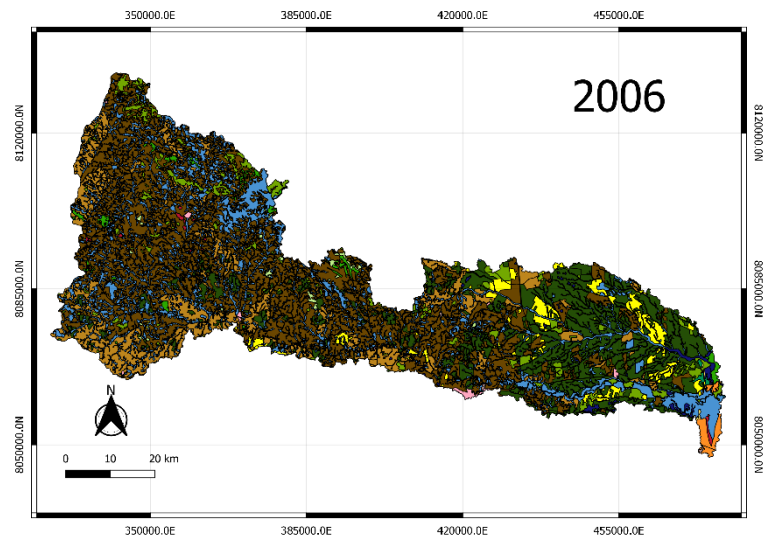
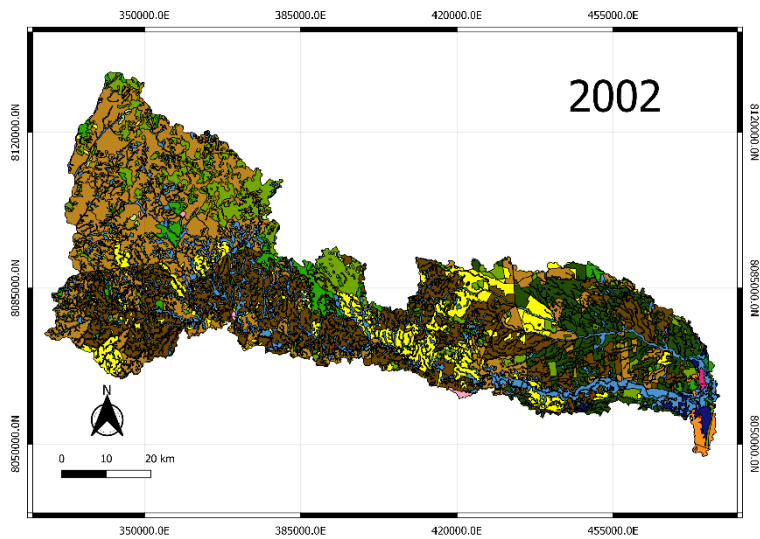
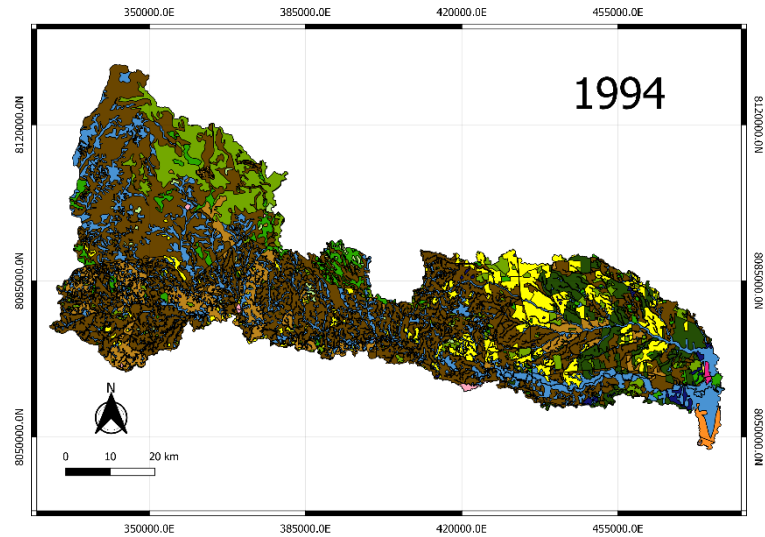
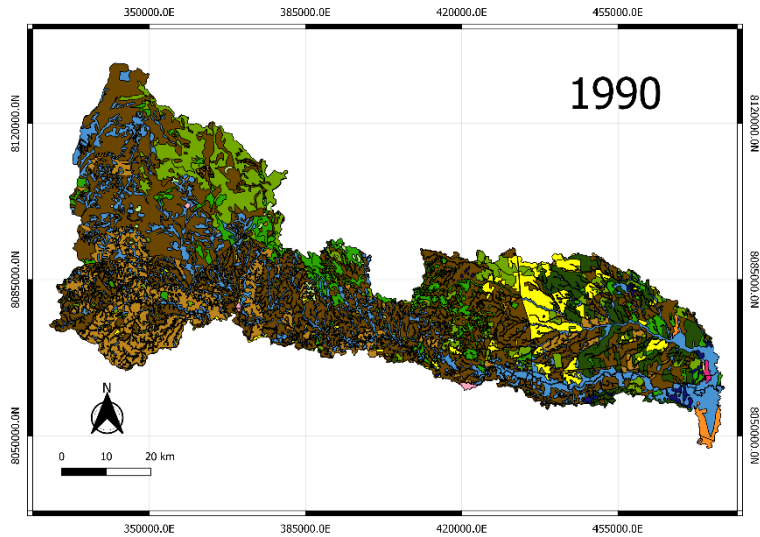
De acordo com dados da Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), entre os anos de 1990 e 2002, os cultivos agrícolas com maior área nos municípios baianos que compõem a bacia era a mandioca, o café e o mamão (SEI, 2020). Em 1990, a mandioca ocupava lugar de destaque na região e o Brasil nesse ano foi o maior produtor mundial, sendo a maior parte da produção proveniente dos estados nordestinos. Vale destacar que a mandioca requer pouca tecnologia no seu cultivo e é bastante importante para subsistência de grupos familiares. Na Bahia, tem grande relevância sob o ponto de vista alimentar, podendo ser beneficiada gerando produtos como a farinha, a fécula, os beijus e o polvilho. Além disso, destaca-se que a produção de farinha é uma atividade tradicional na região Extremo Sul da Bahia e a mandioca ainda ocupa lugar de importância na região (CUENCA; MANDARINO, 2006).

Assim como na bacia do rio Peruípe, em 2002, o mamão se tornou protagonista entre as culturas presentes na bacia do rio Itanhém. E como citado anteriormente, a falta de infraestrutura sanitária contribuiu para que o fruto cedesse espaço para a cana-de-açúcar, que se tornou mais favorável economicamente (SANTOS; FERRAZ, 2003; MESQUITA, 2004; JUNIOR; NASCIMENTO, 2017; SEI, 2020). Entretanto, embora o cultivo de cana-de-açúcar tenha ganhado força, a área destinada a agricultura passou por uma redução entre os anos de 2006 e 2018, sendo que em 2018 a atividade era equivalente à, praticamente, metade da área do intervalo inicial (ver Tabela 2.4) e representava apenas 2,4% (da área total da bacia) da referida classe de uso. Apesar da fruticultura ser uma atividade pequena na região, tanto em produtividade quanto em termos de área, são encontrados na bacia hidrográfica do rio Itanhém cultivos de café, laranja, coco, banana, maracujá e abacaxi (BAHIA, 2016).

As áreas de vegetação nativa (Comunidade Aluvial Arbórea, Floresta Estágio Inicial, Floresta Estágio Médio/Avançado, Manguezal, Mussununga e Restinga) sofreram juntas redução de 904,20 km², equivalente a uma taxa de redução de 49,4%. Destas, a classe Comunidade Aluvial Arbórea apresentou a maior redução, saindo de 1.006,2 km² em 1990 para 299,1 km² em 2018, equivalente a taxa de redução de 70%. Já as florestas ocupavam inicialmente 793,6 km² (1990) e passaram a ocupar 531,4 km² (2018).

Ao se analisar os mapas de uso e ocupação do solo (Figura 2.2), percebe-se que a diminuição de vegetação nativa ocorreu em virtude da expansão de atividades antrópicas

na bacia estudada, principalmente a silvicultura e a pecuária, sendo que a primeira ocupou o equivalente a 89,46 km² de vegetação nativa e a pecuária ocupou 1.071,70 km² de áreas que antes eram ocupadas por vegetação nativa. Essa dinâmica de substituição de vegetação nativa por monocultura também foi encontrada no estudo desenvolvido por Leite et al. (2013), realizado na bacia hidrográfica do rio Tabuas, Norte de Minas Gerais. Os autores destacam que tais modificações da paisagem geram consequências ambientais negativas para a bacia hidrográfica, como processos erosivos e influência direta na diminuição das vazões mínimas.



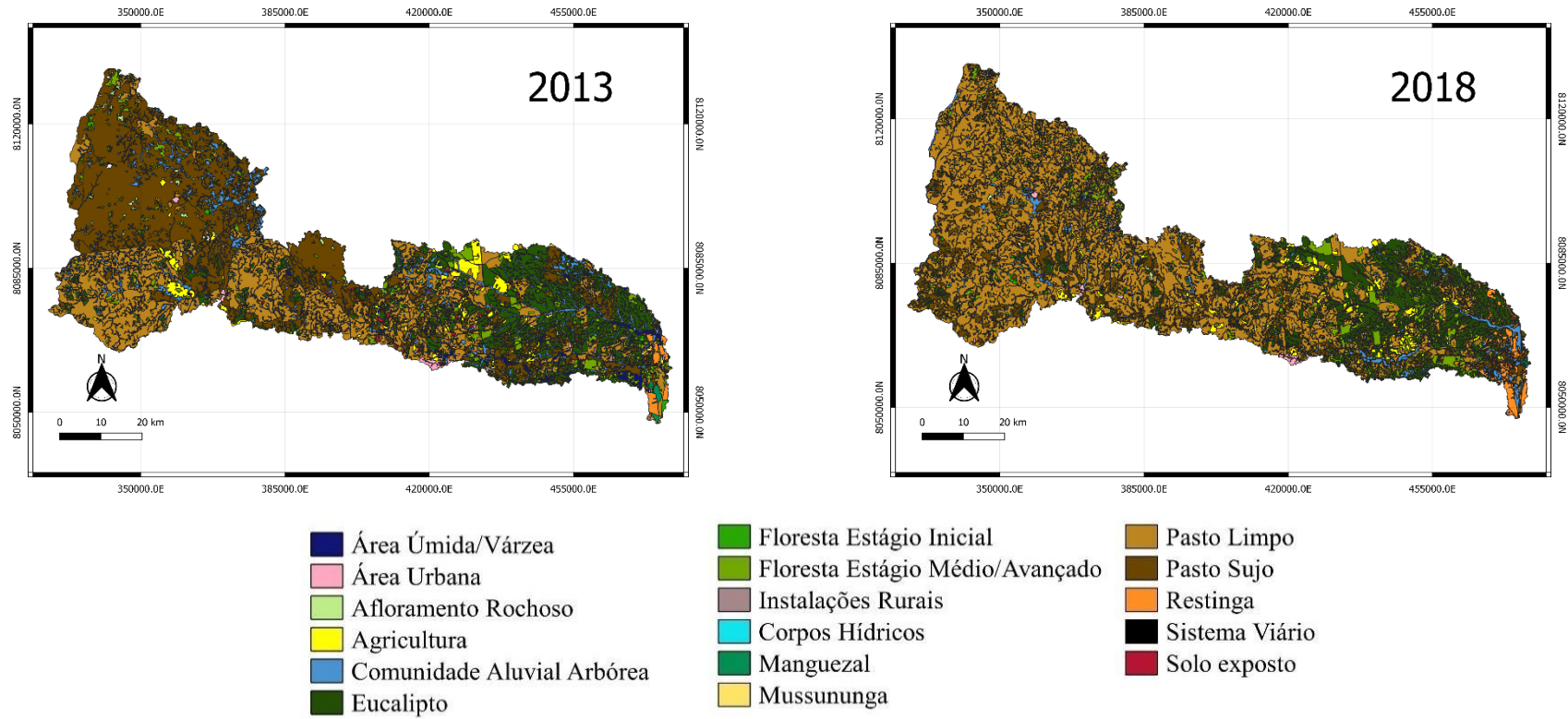


Figura 2.2. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Itanhém entre os anos de 1990 a 2018

Como já fora citado, percebeu-se que as áreas de vegetação nativa cederam espaço para a expansão das atividades antrópicas, dentre elas o Eucalipto que, durante o período estudado, mais do que dobrou sua área de ocupação, passando de 261,8 km² em 1990, para 603,2 km² em 2018, equivalente a um aumento de 130%. O aumento dessa cultura e consequentemente a expansão dessa classe pode ser justificado, assim como na bacia do rio Peruípe, pelas características naturais da região em que a bacia estudada se encontra, como topografia, pluviosidade, insolação, tipo do solo e disponibilidade hídrica, uma vez que atraiu olhares de grandes multinacionais madeireiras e empresas de papel e celulose que se instalaram na região (ALMEIDA et al., 2008; ALMEIDA; TEIXEIRA, 2010). Porém, apesar dos ganhos econômicos que a silvicultura proporcionou e continua proporcionando para a região, cabe ressaltar que toda monocultura causa prejuízos ao meio natural e requer atenção em relação ao seu manejo a fim de mitigar tais danos.

A principal atividade antrópica identificada na bacia do rio Itanhém foi a pastagem, que, desde o ano inicial do estudo, já ocupava a maior parte da bacia, correspondendo a 50,9% de ocupação da área total, equivalente a 2.473,7 km². Já em 2018, com uma taxa de crescimento de 27%, as pastagens passaram a ocupar 3.146,3 km², correspondentes a 66% da área total da bacia hidrográfica do rio Itanhém. Porém, apesar de ocupar a maior parte da bacia hidrográfica em questão durante todo o período de estudo, as áreas destinadas a pecuária passaram por uma migração, saindo dos municípios mais litorâneos (Alcobaça e Caravelas) onde se concentravam inicialmente, e passaram a ocupar as áreas mais a cabeceira da bacia, correspondendo aos municípios de Itanhém e Medeiros Neto. Tal processo de migração pode ter ocorrido devido a expansão da silvicultura que se estabeleceu mais ao litoral fazendo com que os cultivos pecuários fossem para oeste.

Assim como ocorreu na bacia do rio Peruípe, houve comportamento inverso entre a classe Pasto Limpo e a classe Pasto Sujo. Enquanto a primeira apresentou um aumento de 2.053,8 km², equivalente a uma taxa de crescimento de 391,3%, a segunda apresentou uma redução de 1.381,2 km², o equivalente a uma taxa de redução de 70,9%. Tal fato sugere que na bacia do rio Itanhém também tem ocorrido a “limpeza” dessas áreas para a implantação das atividades pecuárias mais intensas, sendo essa uma das principais forças por trás do desmatamento de áreas de vegetação nativa (FAO, 2013).

Ainda de acordo com a FAO (2013), a expansão da produção pecuária não se deu apenas em âmbito regional, mas nas últimas décadas, tal atividade aumentou suas áreas de forma rápida nos países em desenvolvimento. Tal fato causa grande pressão sobre os

recursos naturais, tanto em âmbito regional, quanto em âmbito mundial, uma vez que pode afetar tanto quantitativamente quanto qualitativamente os recursos hídricos, o ar, o solo e promove a diminuição de habitats e da biodiversidade.

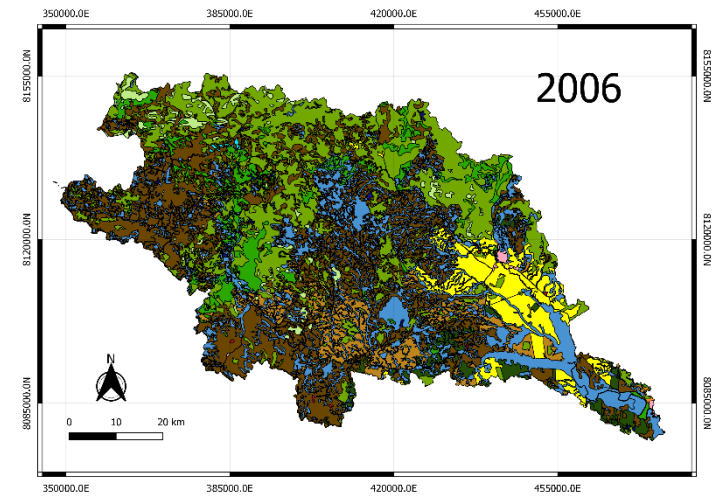
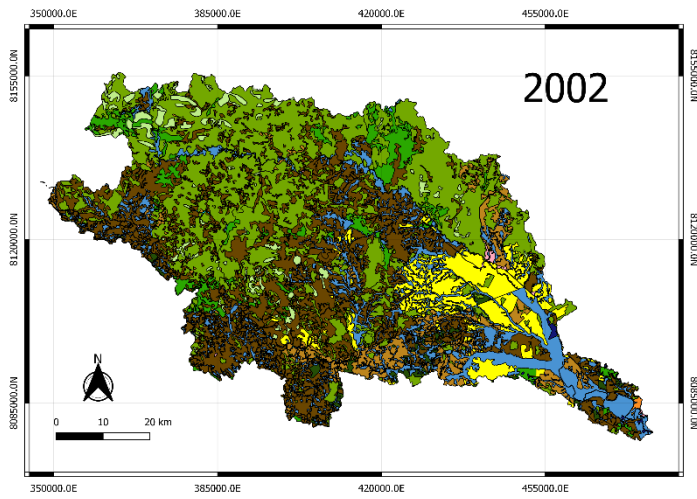
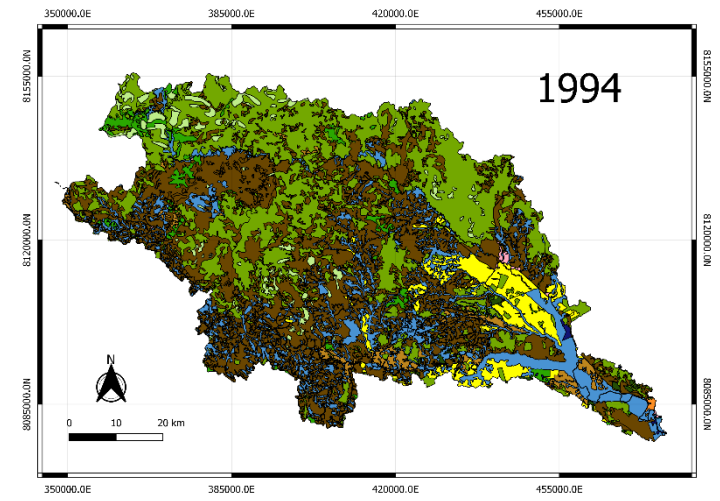
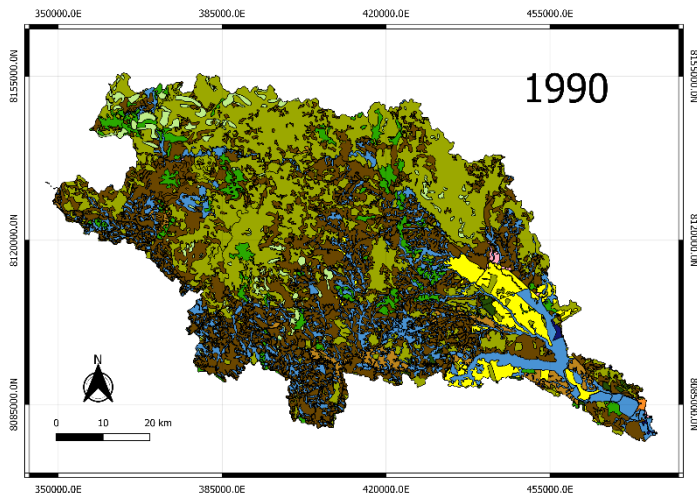
Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Jucuruçu

Na Tabela 2.5 estão apresentados os resultados de uso e ocupação do solo na bacia do rio Jucuruçu referentes ao período de 1990 a 2018, apenas para os municípios pertencentes ao estado baiano (Figura 2.3).

Tabela 2.5. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu, durante o período de 1990 a 2018

Classes	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AF	150,4	2,9	151,5	2,9	156,1	3,0	116,4	2,2	136,4	2,6	69,5	1,3
AG	202,9	3,9	255,2	4,9	362,6	6,9	330,2	6,3	262,8	5,0	138,8	2,7
AU	9,5	0,2	9,6	0,2	9,8	0,2	0,3	0,0	15,7	0,3	14,8	0,3
AV	7,7	0,2	0,2	0,0	8,0	0,2	16,3	0,3	76,8	1,5	-	-
RE	3,7	0,1	3,7	0,1	3,4	0,1	1,1	0,0	2,3	0,1	54,6	1,0
CA	855,2	16,3	860,5	16,5	752,9	14,4	1130,2	21,6	606,2	11,6	324,6	6,2
EU	23,8	0,5	21,0	0,4	55,0	1,1	127,4	2,4	118,8	2,3	107,5	2,1
FI	247,8	4,7	129,0	2,5	274,9	5,3	329,6	6,3	28,8	0,6	156,5	3,0
FM	1805,9	34,5	1668,2	31,9	1819,4	34,7	1278,5	24,5	846,9	16,2	1045,8	20,0
IR	-	-	-	-	-	-	0,3	0,0	8,5	0,2	0,5	0,0
CH	12,6	0,2	12,6	0,2	14,0	0,3	19,6	0,4	9,4	0,2	17,0	0,3
MA	-	-	-	-	-	-	0,1	0,0	2,1	0,0	3,0	0,1
MU	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	0,0	0,8	0,0
PL	112,3	2,1	114,8	2,2	297,7	5,7	294,4	5,6	1165,9	22,3	2838,0	54,2
PS	1804,1	34,4	2002,3	38,3	1482,4	28,3	1576,7	30,2	1945,4	37,2	457,2	8,7
SV	3,9	0,1	3,9	0,1	3,7	0,1	4,6	0,1	2,9	0,1	3,9	0,1
SE	-	-	-	-	-	-	2,9	0,1	0,9	0,0	-	-

Em que: AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; AU – Área Urbana; AV – Áreas Úmidas/Várzea; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; MA – Manguezal; MU – Mussununga; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto; RE - Restinga.



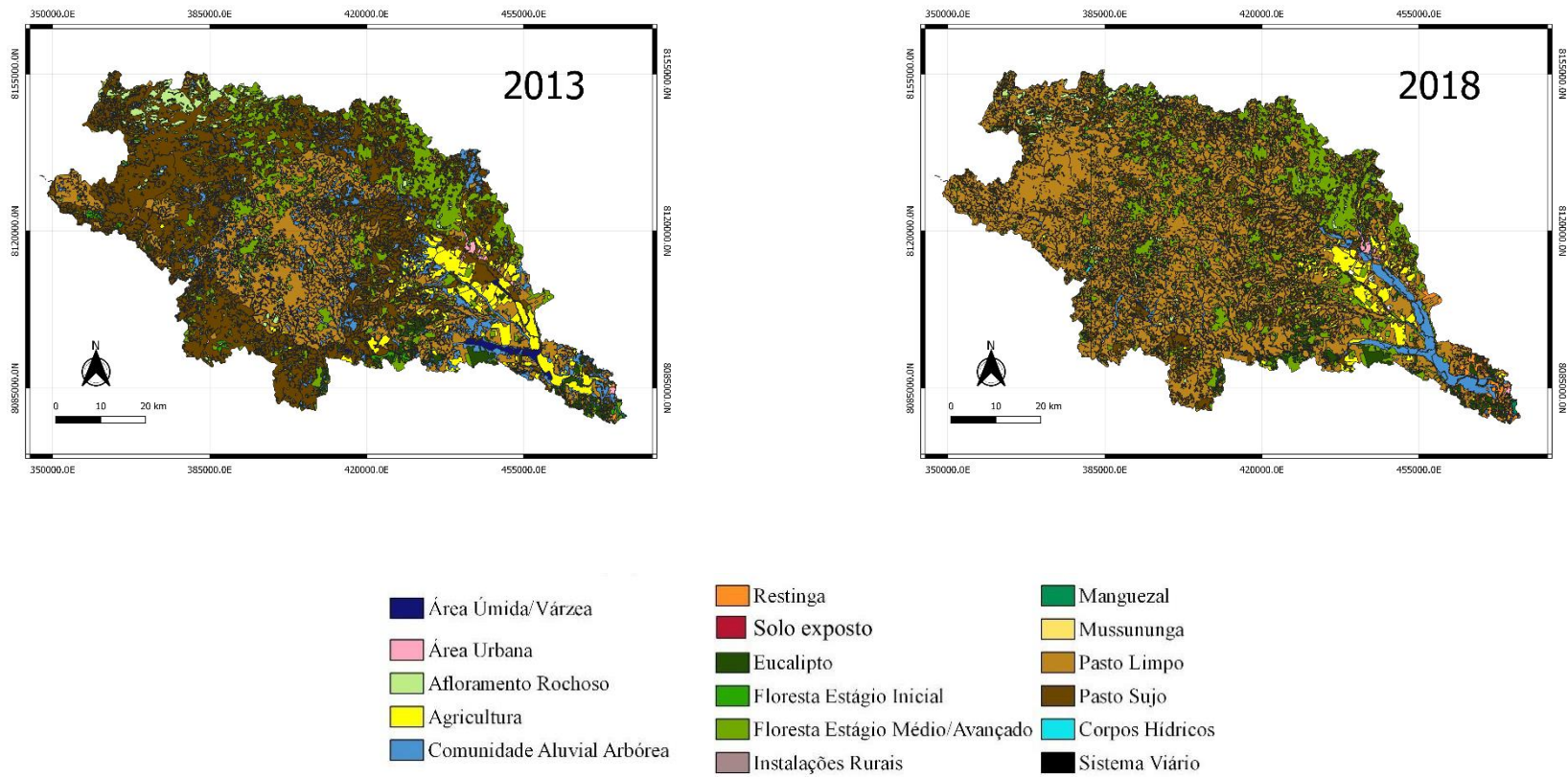


Figura 2.3. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Jucuruçu entre os anos de 1990 a 2018.

Analisando-se a classe Agricultura, observa-se que esta apresentou uma redução de apenas 1,2% em sua área (do total da bacia) entre os anos estudados (1990 a 2018). No entanto, entre 1990 e 2002, percebe-se crescimento da atividade, que ocupava 3,9% em 1990 e passou a ocupar 6,9% em 2002 do total da área da bacia. Todavia, sua redução aparece entre os anos de 2006 e 2018, sendo que em 2018 a atividade era equivalente à metade da área do intervalo inicial (ver Tabela 2.5) e representava apenas 2,7% da referida classe de uso do total da bacia. Assim como mencionado nas bacias dos rios Peruípe e Itanhém, a dinâmica dessa classe e o momento de captação da imagem pode influenciar no total de área computado.

Dentre as culturas presentes na bacia, o café ocupa lugar de destaque, correspondendo a 58% das áreas destinadas a agricultura. Essa pode ser considerada uma cultura de grande importância para a região, visto a estabilidade dos preços praticados no mercado nos últimos anos. Além do café, apesar da fruticultura ser ainda uma atividade pequena na região, tanto em produtividade quanto em termos de área, são encontrados na bacia hidrográfica do rio Jucuruçu cultivos de cana-de-açúcar, laranja, coco, banana, maracujá e abacaxi (BAHIA, 2016).

A classe Eucalipto apresentou um aumento de 83,7 km² de área entre os anos analisados. Apesar de apresentar um crescimento expressivo entre 1990 e 2018 (351%), as áreas ocupadas pela silvicultura nessa bacia são inferiores às áreas ocupadas nas bacias dos rios Peruípe e Itanhém, tornando essa classe pouco expressiva na bacia do rio Jucuruçu.

Observa-se que no ano de 1990, as classes de florestas (floresta estágio inicial e floresta estágio médio/avançado) e comunidade aluvial arbórea, ocupavam a maior parte da bacia do rio Jucuruçu, correspondendo a 55,5% de toda a bacia. Em contrapartida, em 2018, essas classes sofreram juntas uma redução de 16,2%. Apesar da redução das áreas de vegetação nativa no período estudado, a partir de 2006 observou-se o incremento da classe Manguezal, e a partir de 2013 da classe Mussununga, nos usos do solo da bacia.

A redução das áreas de vegetação nativa e o uso inadequado do solo, não altera apenas a paisagem, mas também colabora na aceleração de processos erosivos, aumentando significativamente o carreamento de solo, de insumos agrícolas e de matéria orgânica para o leito dos cursos de água no período chuvoso. Esse processo contribui para o aumento da concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais, podendo gerar eutrofização e portanto, impacto direto na qualidade da água, levando a diversos prejuízos para vida aquática e humana. Além disso, coopera para a perda de fertilidade dos solos

agricultáveis, assoreamento de barragens e aumento das frequências de vazões de enchentes, ou máximas (LATUF, 2007; VANZELA et al., 2010; ANDRIETTI et al., 2016).

Em paralelo a redução das áreas de vegetação nativa, as áreas de pastagem que em 1990 ocupavam 36,6%, passaram em 2018 a ocupar 62,9%, quase o dobro da área inicial. Nessa classe, destaca-se o Pasto Limpo, uma vez que a sua área é quase 7 vezes maior que a área ocupada pela classe Pasto Sujo. Tal fato leva ao entendimento de que a atividade pecuária ganhou força durante os anos analisados, uma vez que corresponde a mais da metade da área do total da bacia hidrográfica.

Diante do cenário apresentado, acredita-se que a redução significativa das áreas de vegetação nativa esteja diretamente relacionada ao aumento das áreas de pastagens. Cenário similar também foi observado no estudo realizado por Santos et al. (2010), onde foi apurada uma redução de 17,8% das áreas de vegetação nativa da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, dando lugar a expansão agropecuária. Tal fato foi constatado também por Coelho et al. (2014), onde ao estudar a dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do riacho São Paulo, localizada no semiárido brasileiro, foi elucidado que junto com o rápido crescimento das áreas de pastagem/agricultura, a vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem cada vez mais devastada. No estudo realizado por Araújo Neto et al. (2017), no vale do rio Trussu - Ceará, foi visto que as atividades antrópicas passaram a ocupar 40,7% da área estudada, gerando uma redução de 38,7% para 11,2% das áreas florestais para uso em atividades humanas como agricultura, pastoreio e urbanização.

Alternativas para mitigação dos danos ambientais causados pelo uso do solo

Ao analisar as três bacias conjuntamente percebe-se que houve uma migração da atividade pecuária da bacia do rio Peruípe para as bacias dos rios Jucuruçu e Itanhém entre os anos estudados, com a implementação da atividade de silvicultura no lugar da atividade pecuária na bacia do rio Peruípe. Os autores Cerqueira Neto (2013) e Almeida (2012), apontam que as áreas destinadas à pecuária e outras criações no Extremo Sul da Bahia, requerem um solo limpo e que isso traz danos ambientais quanto à compactação do solo, redução da taxa de infiltração, tempo de residência da água e dinâmica hídrica. Entretanto, os autores reconhecem que é necessária cautela ao tratar o tema, uma vez que são atividades de grande relevância econômica para região e, por isso, requerem políticas públicas específicas.

Com a mesma cautela deve-se tratar o cultivo do eucalipto que atualmente também é uma das atividades econômicas mais importantes para essa região. É muito comum entre os proprietários de terra, a divisão da propriedade entre a pecuária e o cultivo do eucalipto com o objetivo de diversificar a renda. Contudo, esse cultivo nas áreas do extremo sul baiano se dá, predominantemente através de fomento, que é um programa de incentivo promovido pelas produtoras de celulose para estimular o cultivo de eucalipto por meio de um contrato, cuja titularidade das terras mantém-se com os seus proprietários, enquanto as empresas dão suporte técnico durante todo o ciclo da cultura, no plantio, manutenção e colheita, adquirindo toda a produção no final. Considerando esse modelo de plantio do eucalipto, seriam necessárias políticas de gestão de corresponsabilidade socioambiental na medida adequada tanto para as empresas quanto para produtores rurais fomentados, uma vez que são obtidos por ambos, os benefícios pelo uso da biodiversidade e pelas ótimas condições de cultivo encontradas na região (IMA, 2008).

Dessa maneira, uma forma de manter as atividades econômicas do eucalipto na região estudada, e principalmente na bacia do rio Peruípe - que apresentou as maiores áreas plantadas tanto em termos proporcionais quanto em absolutos, e de modo a equilibrar os efeitos positivos e negativos, seria a implantação de um Plano de Manejo Florestal por tais empresas, conforme apresentam Moledo et al. (2016). Nessa abordagem, o manejo florestal dessa cultura é desenvolvido em três etapas distintas, que se bem executadas são capazes de promover alinhamento entre todas as fases, podendo abarcar micro planejamentos para cada fazenda, conciliando os interesses externos dos diversos atores envolvidos, seja, sociedade local, órgãos governamentais, órgãos não governamentais, clientes, mercado, acionistas, investidores, entre outros.

De acordo com os autores, o nível regional do planejamento permite administrar a adequação da área ocupada aos custos operacionais, bem como a reestruturação ambiental no uso e ocupação do solo. Na fase operacional, estabelece-se como o plano de manejo será efetivamente realizado considerando a realidade de cada propriedade rural, por isso, são realizados inventários florestais anuais em cada uma delas, para se garantir o menor impacto e os melhores resultados.

É importante destacar que, no ano de 2011 foi firmado pelo Ministério Público do Estado da Bahia e as empresas de produção de celulose (Suzano Papel e Celulose e Fibria Celulose), o compromisso de corrigir os prejuízos ambientais causados pela ocupação irregular de áreas ambientalmente protegidas. Através da assinatura de um termo de ajustamento de conduta, tornou-se obrigação das empresas realizar a adequação de suas

áreas bem como prestar apoio técnico para a adequação das áreas pertencentes a terceiros. Além disso, passaram a ofertar mudas para recuperação das áreas degradadas dos participantes do programa Produtor Florestal (CORRÊA, 2019).

O mesmo termo de ajustamento de conduta, deu origem ao programa *Arboretum*, que se encontra em execução na região estudada, viabilizado pela Promotoria de Justiça Regional Ambiental do município de Teixeira de Freitas. As empresas de produção de celulose implantadas na região foram responsabilizadas por promover o cultivo em massa da monocultura de eucalipto em locais irregulares. Desta forma, a indenização paga por tais empresas promoveu a implantação e manutenção do programa, que atualmente, oferece subsídios técnicos e incentivos para que ocorra a conservação, restauração e valorização da Mata Atlântica e sua biodiversidade (PROGRAMA ARBORETUM, 2019).

Em relação aos danos causados pelas extensas áreas de pastagens, tem-se como alternativa de mitigação os sistemas agroflorestais nas suas diferentes modalidades. Por serem atividades integradoras, tais práticas possuem potencialidades tanto ecológicas quanto econômicas, sendo dessa forma uma prática sustentável em âmbito social, econômico e ambiental. Devido ao seu caráter de múltiplo uso, os sistemas agroflorestais podem mitigar os danos causados pelas monoculturas, e em muitos casos podem até reverter quadros graves de degradação. Tal fato ocorre, principalmente, pela associação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas, que aumentam a disponibilidade de biomassa, e a disponibilidade de nutrientes no solo. Essa técnica torna as áreas mais diversificadas e com maior potencial produtivo em comparação ao sistema tradicional, com o objetivo de aproveitar ao máximo os ciclos biológicos das plantas, animais e seus resíduos (BERNARDINO; GARCIA, 2009; KICHEL et al., 2014; SCHEMBERG et al., 2017).

Em termos econômicos, a adoção dos sistemas agroflorestais permite que sejam cultivados diferentes produtos, como leguminosas, grãos, fibras, carne, leite e agroenergia. Deste modo as atividades na propriedade são diversificadas garantindo maior produtividade e lucratividade (MBOW et al., 2014; MEIJERA et al., 2015).

Uma outra opção viável para a mitigação dos danos ambientais, causados pelas extensas áreas destinadas a pecuária, é a adoção do pastejo rotacionado. Tal prática permite o aumento da produção pecuária sem elevação da área ocupada ou ainda, manter a produção porém, em uma área menor do que a já utilizada, permitindo a destinação das áreas remanescentes para a preservação ambiental (GOMIDE, 2016).

Através do manejo adequado das culturas e pastagens, tais sistemas podem proporcionar aumentos na produção sem a necessidade de abertura de novas áreas, deste modo, protege-se a vegetação nativa, conserva-se os solos e os recursos hídricos, além de se promover o sequestro de carbono, o aumento da biodiversidade e o desenvolvimento socioeconômico da região (KICHEL et al. 2019).

CONCLUSÃO

As bacias dos rios Itanhém e Jucuruçu apresentaram as pastagens como atividade predominante em seu território, ocupando uma área equivalente a 66,1% e 62,9%, respectivamente. Apesar da bacia do rio Peruípe também possuir área significativa de pastagens - principalmente nos anos iniciais do estudo (1990-2002) - houve uma expansão do monocultivo de eucalipto, que promoveu a transformação de áreas outrora destinadas a pecuária em florestas plantadas e, dessa forma, a bacia é atualmente ocupada em 64,5% de sua por atividades antrópicas: pastagens (32,4%) e eucalipto (32,1%).

É importante frisar que, apesar das áreas de pastagens terem sido predominantes na bacia do rio Itanhém desde o ano inicial do estudo (1990), aconteceu uma expansão dessas áreas em detrimento das áreas de vegetação nativa, cerca de 1.071,7 km². Na bacia do rio Jucuruçu, a vegetação nativa era a principal ocupação no ano inicial do estudo, porém, assim como ocorreu na bacia do rio Itanhém, cedeu espaço para a expansão da pastagem, cerca de 1.511,2 km². Na bacia do rio Peruípe, as áreas de vegetação nativa sofreram uma redução pouco significativa.

A dinâmica de ocupação do solo ocorrida nas bacias em questão causa mudanças ambientais negativas para as mesmas, sendo necessária a adoção de práticas de manejo adequadas para a mitigação desses danos. Portanto, reconhecendo a importância econômica e social que essas culturas representam para a região estudada e, considerando as importantes características do solo dessa região para a produção exitosa do eucalipto, o poder público tem papel fundamental, pois pode intervir com políticas públicas que exijam das empresas responsáveis pelos cultivos comerciais, um plano de manejo florestal adequado para a região, a fim de equilibrar os objetivos econômicos com os prejuízos ambientais.

A atividade pecuária carece de suporte técnico aos seus produtores, para que possam otimizar o uso da terra, mantendo a maior área de reserva possível, e adotando práticas de manejo do solo adequadas, e assim reduzir os danos causados por essa atividade aos ecossistemas. Afinal, a falta de conhecimento por parte dos produtores sobre

as possibilidade de benefícios que os sistemas agroflorestais podem proporcionar, bem como, a conservação de velhas práticas podem se tornar empecilhos para adoção de novas técnicas de manejo da terra em detrimento daquelas tradicionalmente empregadas em sistemas de pastagens convencionais, predominantes na região em análise.

Portanto, entende-se que para manter a integridade das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu é imprescindível um intenso trabalho de conscientização e sensibilização ambiental, além de incentivos envolvendo desde o poder público em suas esferas jurídicas e administrativas, até instituições de ensino superior e sociedade civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. Q. de. **Dinâmica hídrica em microbacias cultivadas com eucalipto e pastagem no leste de Minas Gerais**. 2012. 77 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

ALMEIDA, T. M.; MOREAU, A. M. S. S.; MOREAU, M. S.; PIRES, M. M.; FONTES, E. O.; GÓES, L. M. Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 02, p. 5-18, 2008.

ALMEIDA, T. M.; TEIXEIRA, A. C. O. Inter-relações entre fatores físicos e socioeconômicos na dinâmica de uso da terra no Extremo Sul da Bahia. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 04, n. 02, p. 64-72, 2010.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F.T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R.M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.

ARAUJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; SALES, M. M.; MAIA, A. R. S.. Influence of land use/occupation on water quality in the Trussu river valley, Ceará, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 59-69, 2017.

BAHIA, 2016. Plano Territorial De Desenvolvimento Sustentável e Solidário do Extremo Sul da Bahia. Governo do Estado da Bahia: Secretaria de Planejamento. Disponível em: < encurtador.com.br/qvIT2>. Acesso em: 10 jul. 2020.

BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvipastoris. **Brazilian Journal of Forestry Research**. Edição Especial, v. 60, p. 77-87, 2009.

BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). **Revista Economia & Tecnologia**, Curitiba, v.5, n.3, p. 133-146, 2009.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n°s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n°s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n° 2.166-67,

de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 25 mai. 2012.

CERQUEIRA NETO S. P. G.; SILVA L. T. O que é Extremo Sul da Bahia no século XXI em tempos de globalização. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFES**, v. 18, p. 27-37, 2014.

CERQUEIRA NETO, S. P. G. Construção Geográfica do Extremo Sul da Bahia. **Revista de Geografia**, v. 30, p. 246-264, 2013.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 01, p. 64-72, 2014.

CORRÊA, F. F. **O novo código florestal e os imóveis rurais no extremo sul da Bahia: uma abordagem metodológica de monitoramento ambiental**. 2019. 875 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal do Sul da Bahia, Porto Seguro, Bahia, 2019.

CUENCA, M. A. G.; MANDARINO, D. C. **Aspectos agroeconômicos da cultura da mandioca: características e evolução da cultura no Estado da Bahia entre 1990 e 2004**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATIONS, FAO. **Livestock and Environment**, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/Environment.html>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

GOMIDE, C. A. de M. **Projeto Rotacionado**. Intelactus, Plataforma de Inteligência Estratégica e Competitiva do Leite, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Topodata: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE (IMA). **Silvicultura de Eucalipto no Sul e Extremo Sul da Bahia: Situação Atual e Perspectivas Ambientais**. 2008. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/DE_Diagnostico_Silvicultura_Eucalipto_2008.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

JUNIOR, J. R. G. S.; NASCIMENTO, A. F. Políticas públicas para bioenergia no semiárido baiano: Uma análise crítica do período 2007 a 2015. **Revista formadores: Vivências e Estudos**, v. 10, n. 4, pp. 87-107, 2017.

KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ZIMMER, A. H.; SOARES, C. O.; ALMEIDA, R. G. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPP) – experiência no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 01, p. 94-105, 2014.

LATUF, M. O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros**. 2008. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008.

LEITE, M.E.; FERREIRA, M.F.F. Análise espaço temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Tabuas, norte de Minas Gerais, com aplicação das geotecnologias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, n.02, p.184-194, 2013.

LIMA, W. de P.; FERRAZ, S. F. de B.; FERRAZ, K. M. P. M. Interações bióticas e abióticas na paisagem: uma perspectiva eco-hidrológica. In: Calijuri, M. do C.; Cunha, D. G F. (Ed.) **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, p.215-44, 2013.

MBOW, C.; SMITH, P.; SKOLE, D.; DUGUMA, L.; BUSTAMANTE, M. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 8-14, 2014.

MEIJERA, S. S.; CATAcutAN, D.; AJAYI, O. C.; SILESHI, D. W.; NIEUWENHUISB, M. The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 13, n. 1, p. 40-54, 2015.

MESQUISTA, S. A. Fruticultura baiana: o desafio da sustentabilidade. **Revista Bahia Agrícola**, v.6, n.2, p. 37- 41, 2004.

MOLEDO, J. C.; SAAD, A. R.; DALMAS, F. B.; ARRUDA, R. DE O. M.; CASADO, F. Impactos ambientais relativo à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. **Geociências**, v. 35, n. 04, p. 512-530, 2016.

NUNES, J. F.; ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 01, p. 25-36, 2015.

PIRES E. V. R.; SILVA R. A.; IZIPPATO F. J.; MIRANDOLA P. H. Geoprocessamento aplicado a análise do uso e ocupação da terra para fins de planejamento ambiental na bacia hidrográfica do córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v. 02, n. 04, p. 1528-1538, 2012.

PROGRAMA ARBORETUM DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DA DIVERSIDADE FLORESTAL. **Quem somos**. 2019. Disponível em: <<https://www.programaarboretum.eco.br/quem-somos>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

QGIS Development Team, 2019. **QGIS - Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>. Acesso em: 20 mai. 2020.

RIBEIRO, M. C.; HOLVORCEM, C. G. D.; MARQUES, A.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P.; TAMBOSI, L. R. Monitoramento independente da cobertura florestal das bacias setentrionais do extremo sul da Bahia. **Relatório técnico**, Porto Seguro – BA, 2012.

RIBEIRO, M. C.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M.; SCARANO, F.; FORTIN, M. J. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. (Ed). **Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas**. Heidelberg: Springer, p. 405-434, 2011.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 08, p. 826-834, 2010.

SANTOS, E. O.; FERRAZ, Z. M. L. Os bons frutos da Bahia. **Revista Bahia Agrícola**, v. 06, n. 01, p. 03- 08, 2003.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A. da; CARLOS, S. de M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, n. 01, p. 9-30, 2017.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Sistema de Informações Municipais**. Salvador: SEI, 2020.

SOUZA, K. B.; SILVA, J. B. L.; MATIAS, S. S. R.; ALMEIDA, K. N. S.; LISBOA, G. S.; RATKE, R. F. Mudança no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto, Piauí. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 25490-25511, nov. 2019.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. J.; CARDOSO, J. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 03, p. 453-462, 2017.

TADEU, N. D. **Avaliação dos impactos hídricos da monocultura de eucalipto cultivado no trecho paulista da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (BRASIL)**. 2014. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. de B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p.151-162, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

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, n. 01, p. 55-64, 2010.

VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.

CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU

Resumo

O conhecimento das variáveis físicas das bacias hidrográficas é de extrema importância para o gerenciamento adequado de seus recursos hídricos, pois, permite identificar áreas de fragilidades naturais e que podem ser intensificadas pela atividade antrópica, garantindo que sejam tomadas decisões compatíveis com a realidade da bacia em questão. Portanto, este estudo teve como objetivo realizar a caracterização fisiográfica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, localizadas no extremo sul da Bahia. Para tanto, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação para a delimitação da área das bacias hidrográficas. Foram estimadas as características geométricas, do relevo e da rede de drenagem utilizando-se o software QGIS 3.4 com interface para o *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS). Percebeu-se que as bacias em estudo possuem forma estreita e alongada, tendo as bacias dos rios Itanhém e Jucuruçu apresentado alta declividade, sendo classificadas entre relevo ondulado a forte ondulado, enquanto a bacia do rio Peruípe possui relevo predominantemente plano. Portanto, as bacias do rio Itanhém e do rio Jucuruçu são mais suscetíveis a processos de erosão, fato corroborado pelos altos índices de rugosidade dessas bacias.

Palavras-chave: Comportamento Hidrológico. Parâmetros Morfométricos. Sistemas de Informações Geográficas

Abstract

The knowledge of the physical variables of the hydrographic basins is extremely important for the adequate management of its water resources, since it allows the identification of areas of natural weaknesses that can be intensified by anthropic activity, ensuring that decisions are made that are compatible with the reality of the basin in question. Therefore, this study aimed to perform the physiographic characterization of the hydrographic basins of the Peruípe, Itanhém and Jucuruçu rivers, located in the extreme south of Bahia. For this purpose, the Digital Elevation Model was used to delimit the area of the hydrographic basins and after that, the geometric characteristics, the relief and the drainage network were obtained using the QGIS 3.4 software with an interface for Geographic Resources Analysis Support System (GRASS). It was noticed that the basins under study have a narrow and elongated shape, with the basins of the Itanhém and Jucuruçu rivers presenting high declivity, being classified between wavy to strong wavy relief, while the Peruípe river basin has predominantly flat relief. Therefore, the Itanhém and Jucuruçu river basins are more susceptible to erosion processes, a fact corroborated by the high roughness indexes of these basins.

Keywords: Hydrological Behavior. Morphometric parameters. Geographic Information Systems

INTRODUÇÃO

As características das bacias hidrográficas, como forma, relevo, área, drenagem e tipo de cobertura do solo, estão diretamente ligadas ao seu comportamento hidrológico, influenciando na infiltração, na produtividade hídrica, evapotranspiração e escoamento.

Portanto, o conhecimento das variáveis físicas das bacias hidrográficas é de extrema importância para o gerenciamento adequado de seus recursos hídricos (TONELLO, 2006; GIORGIN et al., 2015) pois, pode agregar conhecimento em relação à sua dinâmica hídrica e configurar-se como um método simples e econômico de caracterizá-la hidrológica e fisiograficamente, indicando sua vulnerabilidade a inundações, tempo de concentração de água, forma e direção de escoamento (VILLELA; MATOS, 1975; TUCCI; MENDES, 2006; KABITE et al., 2018).

Através da caracterização fisiográfica indentifica-se áreas de fragilidades naturais que são potencializadas pela atividade antrópica, e assim auxiliar no manejo e planejamento do uso e ocupação do solo de modo a garantir que as decisões tomadas sejam compatíveis com a capacidade de uso da região em estudo. Dessa forma, torna-se possível que a conservação da bacia hidrográfica aconteça de forma mais eficaz, uma vez que ao entender seu comportamento fisiográfico e hidrológico, é possível acompanhar suas interferências nos ecossistemas e suas respectivas respostas, fazendo com que a ocupação do espaço ocorra de modo mais sustentável (FERREIRA et al., 2012; ALVES et al., 2014; KABITE et al., 2018).

Atualmente, essa análise é feita através da integração de informações que são mapeadas em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Tais sistemas se mostram muito eficazes no auxílio ao gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas, uma vez que permite análises de grandes extensões territoriais, auxilia na delimitação das bacias hidrográficas, na geração da rede de drenagem e na determinação das características hidrológicas e físicas dos corpos hídricos (SIQUEIRA et al., 2016).

Além disso, quando uma bacia hidrográfica ou qualquer outro território é representado em escala reduzida, torna-se possível a realização de simulações de eventos e de atividade que ali ocorrem ou ocorrerão de maneira integrada (ANA, 2012). De acordo com Santiago et al. (2015), o uso dos sistemas de informações geográficas garante que sejam obtidos resultados com maior rapidez e precisão, em especial, a caracterização morfométrica, sendo possível uma tomada de decisão mais rápida e eficaz.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo realizar a caracterização fisiográfica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, a fim de compreender o comportamento hidrológico e subsidiar a gestão de seus recursos hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização de todas as etapas que serão descritas, utilizou-se o software QGIS 3.4® (QGIS, 2019) com interface para o *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS).

Obtenção do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC)

Foram utilizados os modelos digitais de elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros da base de dados *Shuttle Radar Topography Mission* do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – projeto TOPODATA (INPE, 2020). Para que o MDE representasse de forma ideal os processos superficiais de escoamento, realizou-se inicialmente um mosaico das cenas correspondentes a área estudada, sendo elas: 16S42, 16S405, 17S42 e 17S40. Em seguida, fez-se a reinterpolação dos dados altimétricos a fim de preencher as lacunas de dados presentes no MDE, oriundas de falhas na captação das imagens. Posteriormente, realizou-se a remoção de depressões espúrias e foram gerados os modelos de direção do escoamento e do escoamento acumulado. Ao fim dessas etapas, obteve-se o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC), que realiza processos de escoamento superficial de forma satisfatória a escala real. A partir desse, obteve-se a área de drenagem das bacias estudadas através do comando *r.water.outlet* utilizando como dados de entrada as coordenadas do exutório de cada bacia.

Obtenção das características geométricas

Área (A) e Perímetro (P)

Admitiu-se como área, toda a extensão de captação e drenagem do sistema pluvial delimitada pelos divisores topográficos; e como perímetro, o comprimento da linha formada pelos divisores topográficos que delimita a área de drenagem da bacia hidrográfica. Tais variáveis foram delimitadas a partir do componente “calculadora de campo” presente na tabela de atributos de cada arquivo em questão, sendo utilizados os comandos *\$area* e *\$perimeter*, para o cálculo da área e do perímetro, respectivamente.

Coefficiente de compacidade (Kc), Fator de forma (Kf) e Índice de circularidade (Ic)

Esses índices são utilizados para determinar a forma das bacias hidrográficas e são parâmetros muito utilizados na determinação da suscetibilidade das bacias à enchentes. O coeficiente de compacidade (Kc) é a relação entre o perímetro da bacia e a

circunferência de um círculo de área igual à da bacia, sendo que quanto mais próximo de 1, mais circular é a bacia. Assim como o K_c , o índice de circularidade (I_c) e o fator de forma (K_f) tendem a 1 quando a bacia se aproxima da forma circular, sendo o K_f a relação entre a área e o comprimento do curso de água principal. O K_c das bacias estudadas foi obtido a partir da equação 1 (VILLELA; MATOS, 1975), o I_c a partir da equação 2 (CHRISTOFOLETTI, 1980) e o K_f a partir da equação 3 (VILLELA; MATOS, 1975).

$$K_c = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Eq. 1}$$

$$I_c = 12,57 * \frac{A}{P^2} \quad \text{Eq. 2}$$

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

K_c = Coeficiente de Compacidade

I_c = Índice de Circularidade

K_f = Fator de Forma

P = Perímetro (km)

A = Área (km²)

L = Comprimento do Curso de Água Principal (km)

Obtenção das características do relevo

Declividade e Orientação

Para a obtenção da declividade do terreno estudado utilizou-se o MDEHC. Através do algoritmo *Slope*, atribuiu-se a unidade de medida como porcentagem. As classes de declividade foram reclassificadas, através do algoritmo *r.reclass*, onde foram definidos seis intervalos de declividade (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação da declividade e relevo segundo a EMBRAPA (2006).

Declividade	Relevo
0 - 3%	Plano
3 - 8%	Suave Ondulado
8 - 20%	Ondulado
20 - 45%	Forte Ondulado
45 - 75%	Montanhoso
>75%	Forte Montanhoso

Com a unidade de medida em graus, aplicou-se a mesma metodologia para obtenção da variável Orientação da declividade, sendo esta reclassificada em oito classes de exposição do terreno, conforme sugerido por Santos (2001) (Figura 3.1, Quadro 2).

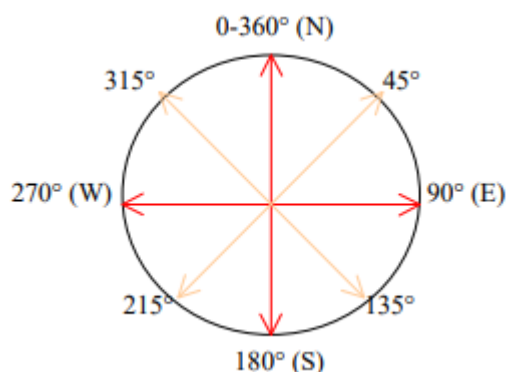


Figura 3.1. Representação das classes de exposição do terreno.

Fonte: Santos (2001).

Quadro 2. Classes de exposição do terreno.

Ordem	Exposição	Classes
1	N - NE	0° a 45°
2	NE - E	45° a 90°
3	E - SE	90° a 135°
4	SE - S	135° a 180°
5	S - SW	180° a 225°
6	SW - W	225° a 270°
7	W - NW	270° a 315°
8	NW - N	315° a 360°

Fonte: Santos (2001).

Amplitude Altimétrica

Através do algoritmo *r.reclass* os valores altimétricos foram reclassificados, passando de uma representação contínua para uma representação discreta. Dessa forma, foram obtidas as variáveis: altitude mínima (Hmin), altitude máxima (Hmax) e altitude média (Hmed). A partir dessas variáveis, obteve-se a amplitude altimétrica, descrita pela equação 4.

$$H = Hmax - Hmin$$

Eq. 4

Onde:

H = Amplitude Altimétrica (m)

Hmax = Altitude máxima (m)

Hmin = Altitude mínima (m)

Índice de Rugosidade (Ir)

O índice de Rugosidade (Ir) retrata a relação entre a declividade com os comprimentos dos canais da área de drenagem, e quanto maior o resultado dessa relação, maior será a energia e transmissibilidade presente no terreno em estudo, implicando em um relevo mais colinoso. Utilizou-se a equação 5 para obtenção do Ir das bacias estudadas (STRAHLER, 1964) e os resultados foram classificados de acordo com Souza e Rodrigues (2012), sendo: 0-150 fraca rugosidade; 151-550 média rugosidade; 551-950 forte rugosidade; e >950 muito forte rugosidade.

$$Ir = H * Dd \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

Ir = Índice de Rugosidade

H = Amplitude Altimétrica (m)

Dd = Densidade de drenagem (km/km²)

Obtenção das características da rede de drenagem

Para delimitação da rede drenagem das bacias hidrográficas em estudo, utilizou-se como base o MDEHC. Através do algoritmo *Channel Network and Drainage Basins*, presente no módulo *Terrain Analysis* gerou-se, entre outros arquivos, a drenagem numérica, direção de fluxo, fluxo acumulado e os pontos de nascentes das bacias.

A partir do vetor contendo as informações da drenagem numérica foram extraídos os seguintes dados: ordem dos cursos de água da bacia, sendo classificados de acordo com Strahler (1957); comprimento total dos cursos de água (Lt), através do somatório de toda a hidrografia na área de drenagem; comprimento do curso de água principal (L), sendo definido como o curso de água que drena da nascente mais distante até a foz da bacia em questão (CHRISTOFOLETTI, 1980); e a densidade de drenagem, obtida através da equação 6 (VILLELA; MATOS, 1975).

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem (km/km²)

Lt = Comprimento total dos cursos de água (km)

A = Área (km²)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levando em consideração apenas a análise dos parâmetros geométricos obtidos nesse estudo, pode-se afirmar que as bacias em estudo possuem forma irregular, estreita

e alongada, sendo a bacia do rio Itanhém a mais alongada e irregular destas (Tabela 3.1). Resultado semelhante foi encontrado por Silva (2019) ao realizar o estudo dos indicadores morfométricos da bacia hidrográfica do rio Buranhém (localizado na mesma região abrangida por este estudo) que também possui forma alongada, estreita e irregular.

Tabela 3.1. Parâmetros morfométricos das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Parâmetro	Unidade	Sigla	Peruípe	Itanhém	Jucuruçu
Área Total	km ²	A	4.683,67	6.379,02	5.956,40
Perímetro	km	P	512,18	744,70	661,92
Coefficiente de Compacidade	Ad.	Kc	2,10	2,61	2,40
Fator de Forma	Ad.	Kf	0,29	0,09	0,10
Índice de Circularidade	Ad.	Ic	0,22	0,14	0,17
Altitude mínima	m	Hmin	1,18	3,26	0,94
Altitude média	m	Hmed	117,56	253,45	301,52
Altitude máxima	m	Hmax	457,70	1.097,11	1.132,12
Amplitude altimétrica	m	H	456,52	1.093,85	1.131,18
Índice de Rugosidade	Ad.	Ir	530,83	1.219,28	1.218,68
Comprimento do curso de água principal	km	L	126,69	267,00	238,94
Comprimento total dos cursos de água	km	Lt	5.446,05	7.110,50	6.417,15
Densidade de drenagem	km/km ²	Dd	1,16	1,11	1,08
Ordem dos cursos de água	Ad.		7	6	7

Em que: Ad. – Adimensional.

Considerando a análise dos valores do Kc, Kf e Ic, as bacias estudadas possuem baixa suscetibilidade a enchentes, em condições normais de precipitação, devido ao seu formato, no entanto ao comparar tais bacias, percebe-se que a bacia do rio Peruípe é a mais suscetível a tal fenômeno pois, apresenta o maior Kf, maior IC e menor Kc, entre as três. Sendo assim, a bacia do rio Peruípe é a que mais se aproxima a um círculo, e sua maior suscetibilidade a cheias ocorre devido a maior probabilidade de ocorrer chuvas intensas simultaneamente em toda sua extensão (CARDOSO et al., 2006). A análise visual das delimitações das bacias em questão, confirma tal resultado.

Entende-se que quanto menor a suscetibilidade de uma bacia hidrográfica a enchentes, menor será os eventos de assoreamento dos cursos hídricos, de erosão e conseqüentemente menor degradação ambiental (TONELLO, 2006; ZANATA et al., 2011; COSTA et al., 2018). Porém, é preciso destacar que a análise desses parâmetros (Kc, Kf, Ic) não devem ser tomados como únicos na determinação da suscetibilidade a cheias da área estudada, uma vez que outros fatores, como uso e ocupação do solo, geomorfologia e o regime pluviométrico, também exercem influência e devem ser considerados (WENZEL et al., 2017).

Em relação às características do relevo, as bacias hidrográficas dos rios Itanhém e Jucuruçu apresentaram alta amplitude altimétrica, indicando que há uma grande variação da altitude dessas bacias. Em contrapartida, a bacia do rio Peruípe apresentou baixa variação de sua amplitude altimétrica, sendo caracterizada pelo predomínio do relevo plano (46,32%), que possui baixa suscetibilidade a deslizamentos (SANTOS, 2007).

No entanto, apesar de terem apresentado altas amplitudes altimétricas, a altitude média permaneceu entre 117,56 m na bacia do rio Peruípe, 253,45 m na bacia do rio Itanhém e 301,52 m na bacia do rio Jucuruçu, sendo estas influências diretas na quantidade de radiação recebida, e portanto, influenciam também na evapotranspiração, temperatura e precipitação, pois, quanto maiores as altitudes, menor será a quantidade de energia disponível na bacia hidrográfica (CASTRO; LOPES, 2001; TONELLO, 2006; TEODORO et al., 2007). As figuras 3.2, 3.3 e 3.4 demonstram o comportamento espacial da altitude e da declividade das bacias hidrográficas estudadas.

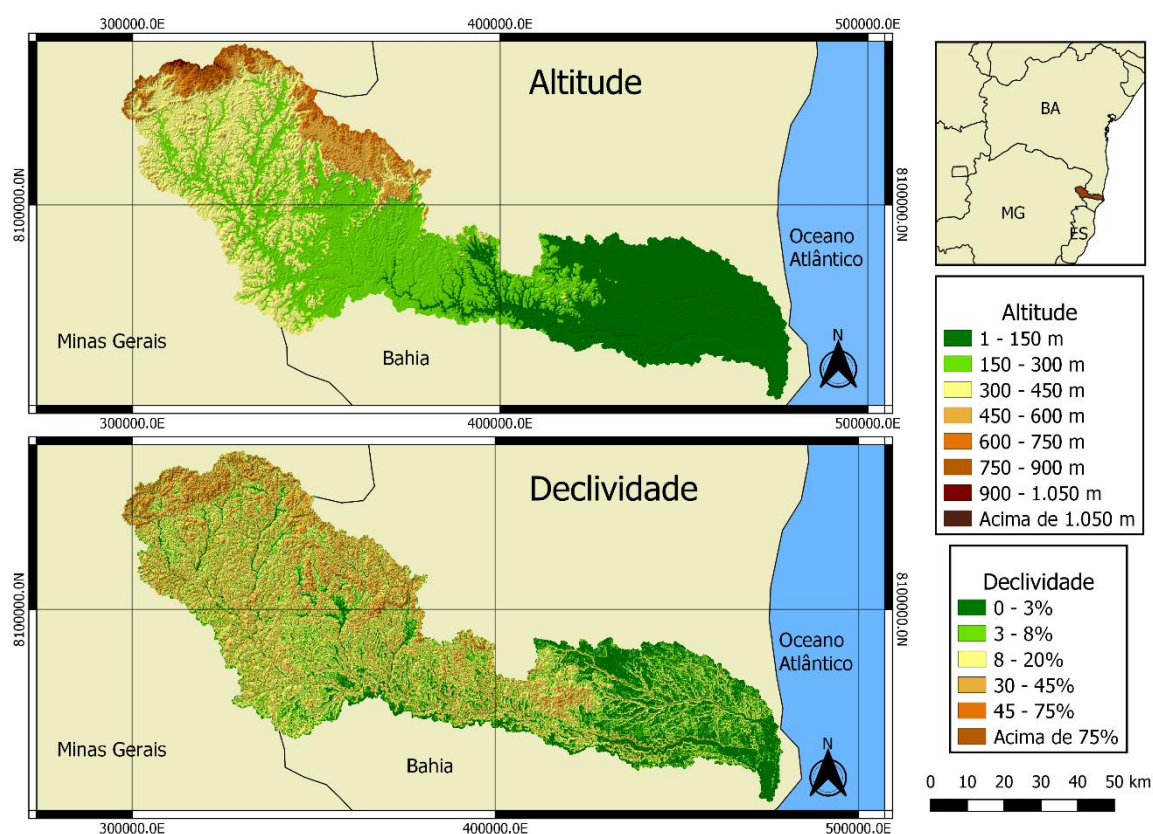


Figura 3.2. Hipsometria e declividade da bacia hidrográfica do rio Itanhém

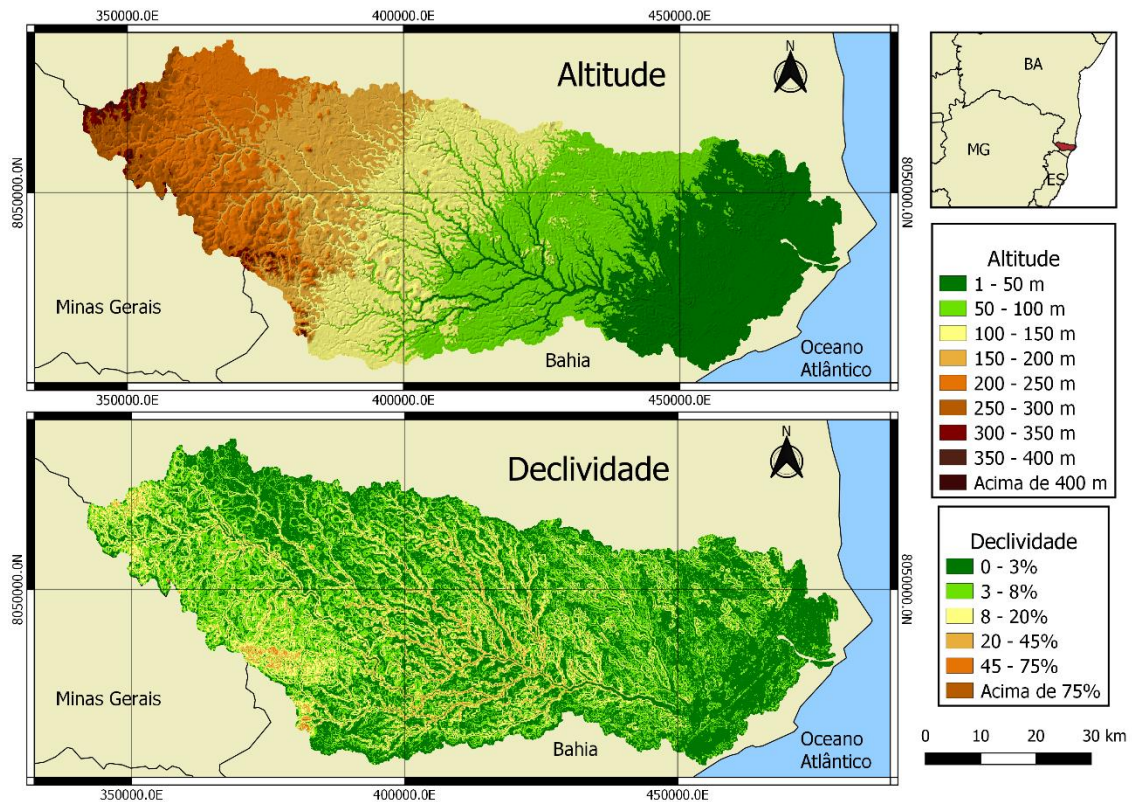


Figura 3.3. Hipsometria e declividade da bacia hidrográfica do rio Peruípe

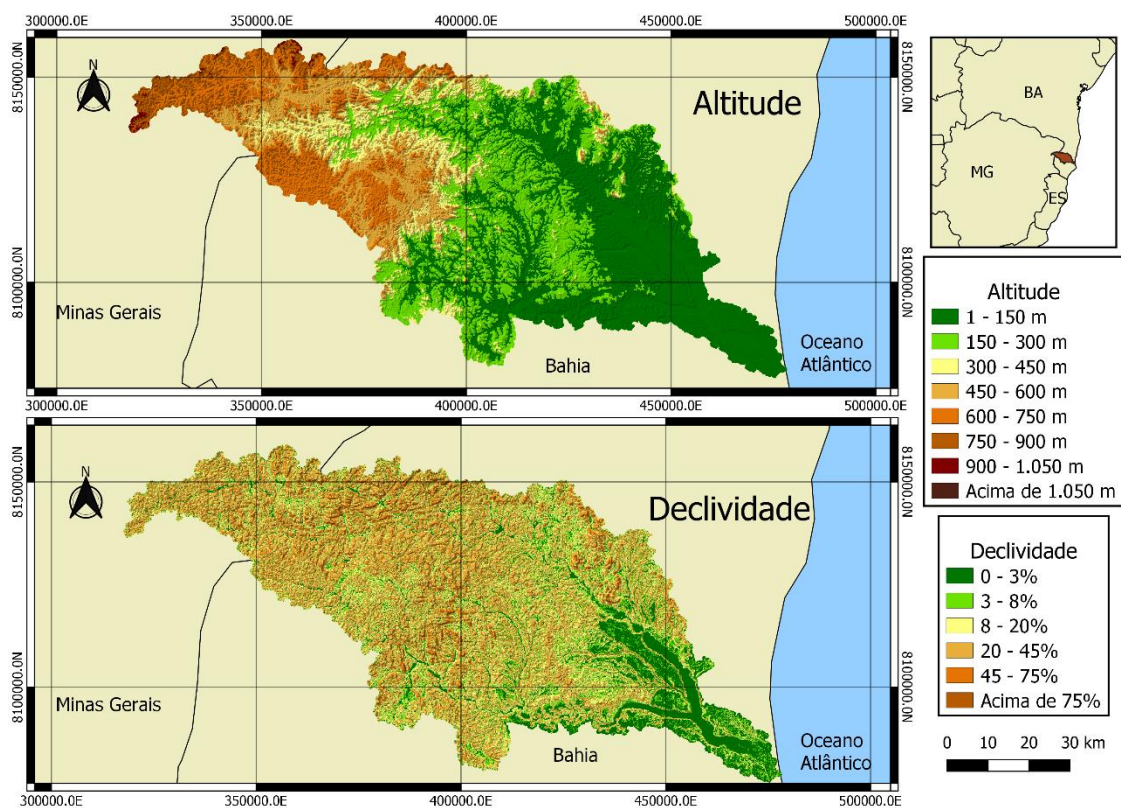


Figura 3.4. Hipsometria e declividade da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu

Considerando os critérios estabelecidos por Souza e Rodrigues (2012), que se basearam se basearam no Ir de diversas bacias hidrográficas e estabeleceram uma classificação para esse índice, é possível inferir que a bacia do rio Peruípe possui média rugosidade, e portanto, é mais favorável à infiltração. Já as bacias dos rios Itanhém e Jucuruçu, possuem rugosidade muito forte, sendo mais favoráveis ao escoamento superficial.

A declividade de uma bacia hidrográfica é uma variável imprescindível na análise de riscos de deslizamento de terra e erosão devido a sua influência na quantidade de água da chuva que infiltra no solo e na velocidade que ocorre o escoamento superficial (CALDERANO FILHO et al., 2018). A ausência de cobertura vegetal ou uma cobertura vegetal que não condiz com o relevo, atrelada a chuvas intensas e altas declividades, resulta em escoamentos mais velozes, com menor infiltração de água no solo e maiores picos de enchentes. Desse modo, o tipo de relevo está fortemente associado com a velocidade com que ocorre o escoamento superficial (TONELLO et al., 2006).

De acordo com os dados representados na Tabela 3.2, a maior parte das áreas das bacias dos rios Itanhém e Jucuruçu estão compreendidas entre relevo ondulado a forte ondulado, corroborando os resultados encontrados na classificação do Ir. Portanto, de acordo com Olszewski et al. (2011), essas áreas possuem uma alta incidência de relevos acidentados e estão suscetíveis a processos de erosão. Além disso, os autores destacam que além da declividade elevada ter ação direta na ocorrência da erosão, a falta de manejo adequado do solo, e o uso e ocupação de forma inadequada e sem respeito a capacidade de suporte, são fatores que acentuam esse fenômeno.

Tabela 3.2. Declividades nas bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu segundo a classificação da EMBRAPA (2006)

Declividade	Relevo	Itanhém		Jucuruçu		Peruípe	
		A (km ²)	% A	A (km ²)	% A	A (km ²)	% A
0 - 3%	Plano	1.480,20	22,54	897,12	14,65	2.211,22	46,32
3 - 8%	Suave Ondulado	1.270,71	19,35	738,45	12,06	1.524,84	31,94
8 - 20%	Ondulado	1.928,86	29,38	1.657,91	27,08	834,09	17,47
20 - 45%	Forte Ondulado	1.614,13	24,58	2.359,94	38,54	197,82	4,14
45 - 75%	Montanhoso	249,57	3,8	427,57	6,98	5,38	0,11
>75%	Forte Montanhoso	22,51	0,34	41,98	0,69	0,44	0,01

Em que: A (km²) – Superfície ocupada em km²; % A – porcentagem referente a ocupação da área total da bacia.

A partir da Figura 3.5 é possível observar a orientação do terreno das bacias hidrográficas estudadas, e na Tabela 3.3 demonstra os valores correspondentes à superfície ocupada por cada classe de exposição das bacias aos raios solares, tendo como referência os pontos cardeais, conforme sugerido por Santos (2001). Portanto, é perceptível que 15,65% da área da bacia do rio Peruípe apresenta orientação do terreno voltada para Nordeste-Leste, enquanto 14,54% da área da bacia do rio Itanhém e 14,31% da área da bacia do rio Jucuruçu apresentam orientação do terreno voltada para Leste-Sudeste.

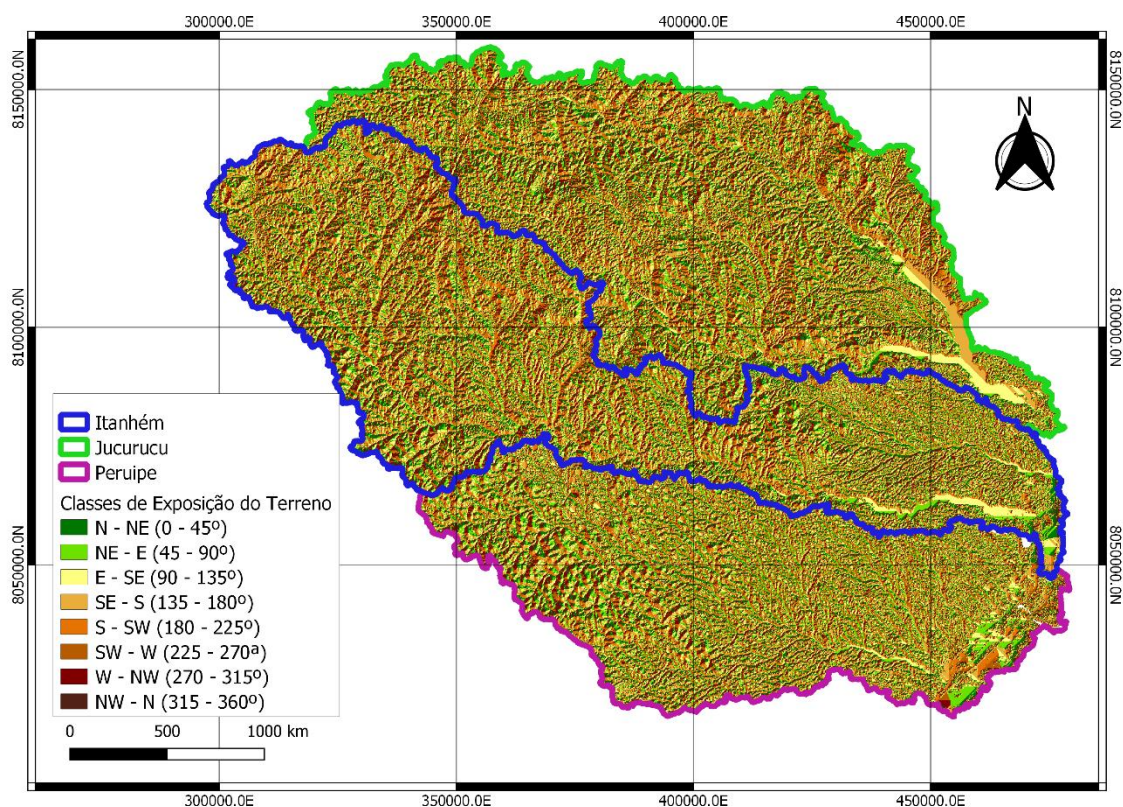


Figura 3.5. Orientação do terreno das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Tabela 3.3. Classes de exposição do terreno das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Exposição	Classes	Peruípe (%)	Itanhém (%)	Jucuruçu (%)
N - NE	0° a 45°	13,15	12,17	12,35
NE - E	45° a 90°	15,65	13,99	13,35
E - SE	90° a 135°	14,45	14,54	14,31
SE - S	135° a 180°	13,43	12,90	13,48
S - SW	180° a 225°	13,11	12,24	12,21
SW - W	225° a 270°	11,44	11,90	11,88
W - NW	270° a 315°	9,08	11,28	11,20
NW - N	315° a 360°	9,70	10,97	11,22

Através da análise das características da rede de drenagem, verificou-se que as bacias dos rios Peruípe e Jucuruçu são de 7ª ordem, e a bacia do rio Itanhém é de 6ª ordem, conforme classificação de Strahler, indicando que as bacias estudadas possuem drenagem eficiente e bem ramificada (Figura 3.6).

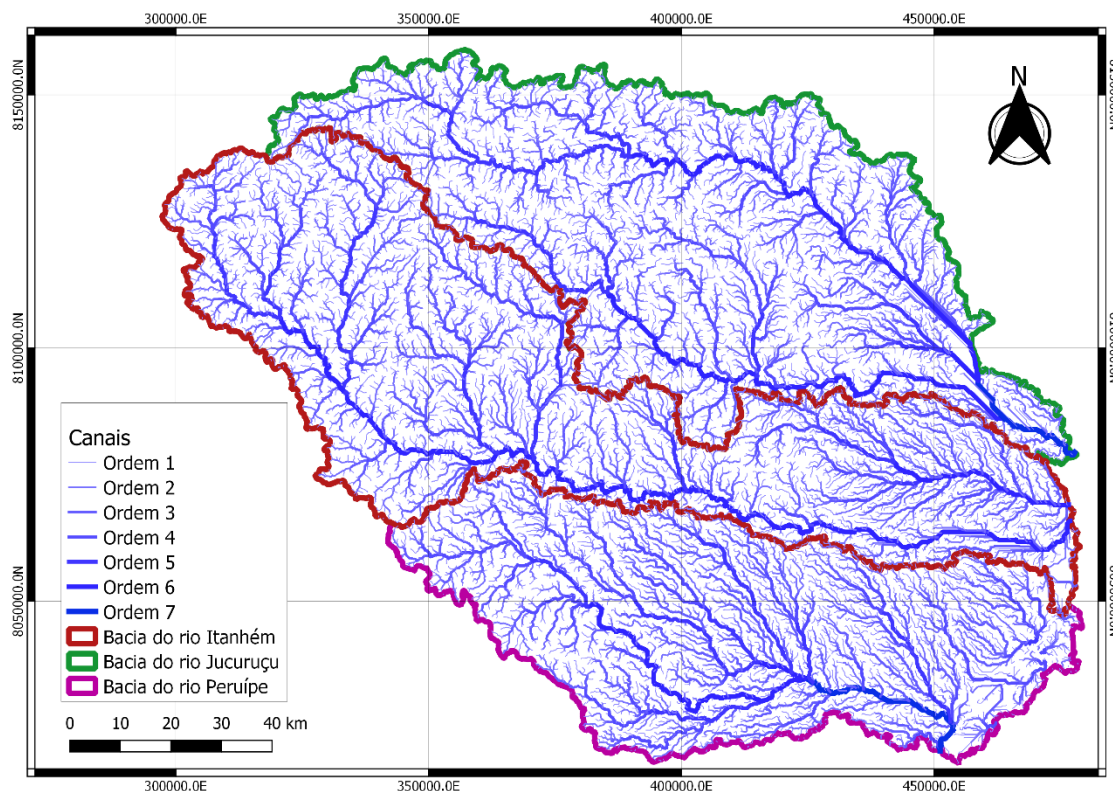


Figura 3.6. Hierarquização dos cursos de água das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Assim como a ordem dos cursos de água, a densidade de drenagem (Dd) é uma variável importante para caracterizar o sistema de drenagem das bacias hidrográficas, podendo variar de acordo com elementos da topografia que são responsáveis por produzir os canais de drenagem. Assim como no Ir, os autores Souza e Rodrigues (2012) classificaram esse índice, variando de 0,5 e 2 km/km² caracterizando bacias com média drenagem e entre 2 e 3,5 km/km² bacias com alta drenagem. Portanto, todas as bacias estudadas possuem drenagem mediana, sendo esse um parâmetro importante na indicação do grau de eficiência de drenagem das bacias (ANTONELI; THOMAZ, 2007).

Considerando que os parâmetros morfométricos são importantes auxiliares na compreensão do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, a quantificação destes torna-se fundamental para a eficaz gestão das bacias hidrográficas. Tais índices

permitem que sejam identificadas fragilidades do solo à erosão, colaborando para que sejam realizados manejos de acordo com as particularidades de cada bacia hidrográfica, a fim evitar assoreamento e comprometimento da disponibilidade hídrica e, além disso, dão subsídio para o que ocorram planejamentos e mais eficientes voltados para a utilização racional dos recursos das bacias (FERREIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2012; RIBEIRO et al., 2014; COSTA et al., 2018).

CONCLUSÃO

As bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu possuem forma estreita e alongada, sendo assim, em condições pluviométricas normais, são bacias menos suscetíveis a enchentes. Tais bacias apresentaram alta declividade, sendo classificadas entre relevo ondulado a forte ondulado, enquanto a bacia do rio Peruípe possui relevo predominantemente plano. Portanto, as bacias do rio Itanhém e do rio Jucuruçu são mais suscetíveis a processos de erosão, fato corroborado pelos altos índices de rugosidade dessas bacias. Tal fato pode resultar em perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes, gerando assoreamento e eutrofização dos corpos de água dessas bacias.

A obtenção das variáveis morfométricas através dos softwares de informações geográficas são eficazes e permite que ocorram comparações entre bacias hidrográficas cujas variáveis são conhecidas. Porém, é recomendado que ocorra o cálculo dessas variáveis a nível de sub-bacias a fim de excluir a influência da heterogeneidade das bacias hidrográficas nesses parâmetros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Repositório ANA**: Gestão territorial para recursos hídricos com software livre de código aberto. Unidade 1. 2012b. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/100/1/Unidade_1.pdf>. Acesso em: 22 mai 2019.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. de; SILVA, M. T. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica riacho namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 31, n. 3, p. 130-148, 2014.

ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Caminhos da Geografia**, v. 8, n. 21, p. 46-58, 2007.

CALDERANO FILHO, B.; POLIVANOV, H.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. S.; CALDERANO, S. B. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de regiões tropicais montanhosas com suporte de SIG. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35, n. 3, 2018.

CASTRO, P.; LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo, SP: Editora Edgard Blucher, 1980. 188 p.

COSTA, G. B. R.; PALÁCIO, H. A. de Q.; BRASIL, J. B.; MOURA, M. M. S.; SOUZA, M. M. M. de. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do riacho do macho em Várzea Alegre, Ceará. **Revista Geonorte**, v. 9, n. 32, p. 80-92, 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FERREIRA, R. G.; MOURA, M. C. O.; CASTRO, F. S. Caracterização morfométrica da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, ES. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 2247-2256, 2012.

GEORGIN, J.; OLIVEIRA, G. A.; ROSA, A. L. D. da. Estudo comparativo de índices morfométricos relacionado com cheias nas bacias hidrográficas do alto Jacuí e Vacacaí - Vacacaí Mirim – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p.1357-1364, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Topodata**: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

KABITE, G; GESSESSE, B. Hydro-geomorphological characterization of Dhidhessa River Basin, Ethiopia. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 6, n. 2, p. 174-183, 2018.

OLSZEWSKI, N.; FERNANDES FILHO, E. I.; COSTA, L. M. da.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, E. de.; COSTA, O. D. V. Morfologia e aspectos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 485-492, 2011.

QGIS Development Team, 2019. **QGIS** - Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>. Acesso em: 20 mai. 2020.

RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N.; FIGUEIREDO, M. Diagnóstico dos processos erosivos na sub-bacia do córrego Guanabara, município de reserva do Cabeçal/Pantanal/. **Revista GeoPantanal**, v. 8, n. 14, p. 152-169, 2014.

SANTIAGO, C. M. C; GOMES, L. C. F; SALES, M. C. L; ABREU PAULA, J. E. Arranjo Espacial da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau-Piauí a partir da Análise Morfométrica e dos Aspectos Ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 2, p. 402 - 421, 2015.

- SANTOS, A. R. dos. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG. 2001. 143p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2001.
- SANTOS, D. A. R.; MORAIS, F. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio lago verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de lagoa da confusão–TO. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 617-629, 2012.
- SANTOS, R. F. (Org). **Vulnerabilidade ambiental**: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Ministério do Meio Ambiente, Brasília: DF. 2007.
- SILVA, G. M. F. de. **Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica do rio Buranhém**. 2019. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal do Sul da Bahia, Porto Seguro, Bahia, 2019.
- SIQUEIRA, V. A.; FLHEISCHMANN, A.; JARDIM, P. F.; FAN, F. M.; COLLISCHONN, W. IPH-Hydro Tools: uma ferramenta open source para determinação de informações topológicas em bacias hidrográficas integrada a um ambiente SIG. **Revista brasileira de recursos hídricos**, v. 21, n. 1, p. 274-287, 2016.
- SOUSA, F. A.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 11, n. 25, p. 142, 2012.
- STRAHLER, A. N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. **Handbook of Applied Hydrology**, edited by V. T. Chow, 4-39/4-76. McGraw-Hill, New York, 196.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transaction of American Geophysical Union**, p. 913-920, 1957.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*, v. 11, n. 20, p. 137-156, 2007.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. de.; RIBEIRO, C. A. A. S; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.
- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, SP: Editora Mc Graw Hill, 1975. 245p.
- WENZEL, D. A.; ULIANA, E. M.; ALMEIDA, F. T. de.; SOUZA, A. P.; MENDES, M. A. dos S. M.; SOUZA, L. G. da S. Características fisiográficas de sub-bacias do Médio e Alto Rio Teles Pires, Mato Grosso. *Revista de Ciências Agroambientais*, v. 15, n. 2, p. 123-131, 2017.
- ZANATA, M.; PISSARA, T. C.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; CAMPOS, S. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1062–1067, 2011.

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PERUÍPE, ITANHÉM E JUCURUÇU, BAHIA

Resumo

O processo de modificação da paisagem através da retirada da vegetação nativa para a implantação de atividade antrópicas acarreta alterações no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar a influência da alteração do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, no período de 1990 a 2018. Para tanto, utilizou-se dados das séries históricas das estações fluviométricas localizadas nas áreas de drenagem das bacias, importadas do portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A partir destas, foram obtidas as variáveis hidrológicas anuais: vazão máxima, vazão média e mínima. Já os dados de uso e ocupação do solo foram cedidos pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia e estes passaram por processamento no software QGIS, onde foram obtidas as áreas de cada classe de uso e ocupação do solo. Posteriormente, fez-se a associação dos dados através de análise quantitativa executada no software SAS *University Edition*, onde foram obtidas as correlações simples entre as variáveis. As formas de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas estudadas passaram por significativa redução das áreas de vegetação nativa em virtude do crescimento das áreas de atividades antrópicas, principalmente as destinadas a pecuária e silvicultura. A análise de correlação demonstrou que a expansão dessas áreas tem influenciado a diminuição das vazões mínimas. Em contrapartida, apesar da diminuição significativa das áreas de vegetação nativa, os remanescentes florestais continuam atuando na redução das vazões máximas e aumento das vazões mínimas.

Palavras-Chave: Comportamento hidrológico. Inércia hídrica. Geoprocessamento.

Abstract

The process of modifying the landscape through the removal of native vegetation for the implementation of anthropic activities causes changes in the hydrological behavior of a hydrographic basin. In view of this, this study aimed to analyze the influence of changes in land use and occupation on the water availability of the hydrographic basins of the Peruípe, Itanhém and Jucuruçu rivers, from 1990 to 2018. For this purpose, data from the historical series were used. the fluviometric stations belonging to the drainage areas of the basins, imported from the HidroWeb portal of the National Water Agency. From these, the hydrological variables were obtained: maximum flow, average and minimum flow. The data on land use and occupation were provided by the Forest Forum of the Extreme South of Bahia and these were processed in the QGIS software, where the areas of each class of land use and occupation were obtained. Subsequently, the association of the data was made through quantitative analysis performed in the software SAS *University Edition*, where simple correlations between variables were obtained. The forms of land use and occupation in the hydrographic basins studied underwent a significant reduction in the areas of native vegetation due to the growth of the areas of anthropic activities, mainly those destined for livestock and forestry. The correlation analysis showed that the expansion of these areas has influenced the decrease in minimum flows. On the other hand, despite the significant decrease in the areas of native vegetation, the forest remnants continue to act in reducing maximum flows and increasing minimum flows.

Keywords: Geoprocessing. Hydrological behavior. Water inertia.

INTRODUÇÃO

Os processos de fragmentação florestal, erosão e lixiviação independem da ação humana e ocorrem de forma natural. Porém, a ação antrópica tem potencializado esses processos, fazendo com que aconteçam de forma cada vez mais acelerada, resultando em graves consequências para o meio ambiente (SILVA et al., 2007; REZENDE et al., 2011; UMEDA et al., 2015). A modificação da paisagem, através da retirada de vegetação nativa para a implantação de atividades antrópicas, pode interferir no comportamento hidrológico da bacia hidrográfica, tanto na sua manutenção quanto na sua distribuição no planeta. Visto que as áreas nativas exercem papel essencial na manutenção do ciclo hidrológico, além de aumentar a porosidade e permeabilidade do solo reduzindo o escoamento superficial (BELTRAME, 1994; VIEIRA, 2000).

Levando em consideração a forte influência exercida pela maneira com que os territórios são ocupados, o levantamento do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica e sua relação com os recursos hídricos é fundamental quando se tem a finalidade de avaliar e monitorar o meio físico com o objetivo de garantir sua utilização dentro de sua capacidade, de modo a garantir a conservação dos recursos naturais. De acordo com Vaeza et al. (2010), esse diagnóstico ambiental é a primeira etapa quando se pretende reverter quadros graves de degradação em bacias hidrográficas (SOBRAL et al., 2018).

A fim de verificar essa relação entre o uso e ocupação do solo e a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, Souza et al. (2019) mapearam os usos da bacia do rio Uruçuí-Preto, localizada no estado do Piauí, e verificaram a substituição das áreas de cerrado por áreas agrícolas. Apesar dos autores não terem encontrado correlações estatisticamente significativas, entre as variáveis hidrológicas e as variáveis de uso e ocupação do solo, eles inferem que esse resultado não é o suficiente para afirmar que os usos do solo não afetam diretamente o comportamento hidrológico da bacia.

Em contrapartida, o estudo desenvolvido por Santos et al. (2010) na bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, constatou que o desmatamento de 17,8% da vegetação nativa e a expansão da agricultura em 15,2% foram fatores preponderantes na alteração do comportamento hídrico da bacia estudada. Vanzela et al. (2010) conduziram um estudo na sub-bacia hidrográfica do córrego Três Barras, localizada no estado de São Paulo, onde constataram que as áreas ocupadas por matas favoreceram o aumento da vazão específica, enquanto as áreas antrópicas reduziram essa vazão. Santos (2010), com trabalho de pesquisa similar aos já mencionados, concluiu que o comportamento hidrológico da bacia

do rio do Lontra, localizada no Tocantins, foi expressivamente alterado em função do uso e ocupação do solo da bacia em questão.

Diante do exposto, é perceptível que a análise do comportamento hidrológico resultante de alterações no uso e ocupação dos solos é de grande importância para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, tornando possível inferir sobre a disponibilidade e produtividade hídrica, tornando-se ferramenta essencial no estabelecimento de medidas visando o desenvolvimento sustentável (SOUZA et al., 2019). Portanto, objetivou-se neste trabalho analisar a influência da alteração do uso e ocupação do solo ao longo do tempo na disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, entre os anos de 1990 a 2018.

MATERIAL E MÉTODOS

Delimitação da área das bacias hidrográficas

Para delimitar as áreas das bacias hidrográficas estudadas utilizou-se imagens da base de dados *Shuttle Radar Topography Mission* do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (INPE, 2020), com resolução espacial de 30 metros. Para que o modelo digital de elevação (MDE) representasse de forma ideal os processos superficiais de escoamento superficial realizou-se inicialmente um mosaico da área estudada, contendo as cenas 17S405, 17S42, 16S405 e 16S42, e em seguida uma reinterpolação dos dados de altimetria, para preencher as lacunas de dados presentes no MDE, oriundas de falhas na captação das imagens. Após a reinterpolação, realizou-se a remoção de depressões espúrias e foram gerados os modelos de direção do escoamento e escoamento acumulado. A partir do escoamento acumulado obteve-se a drenagem numérica. Ao fim dessas etapas, obteve-se o modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC), que realiza todos os processos de escoamento superficial de forma fidedigna a escala real. A partir desse, obteve-se a área de drenagem das três bacias – Peruípe, Itanhém e Jucuruçu – através do comando *r.water.outlet*, assim como, também, foram obtidas as áreas de drenagem a montante de cada estação fluviométrica pertencente as bacias hidrográficas em questão, utilizando como entrada as coordenadas de cada estação fluviométrica (figuras 4.1, 4.2 e 4.3).

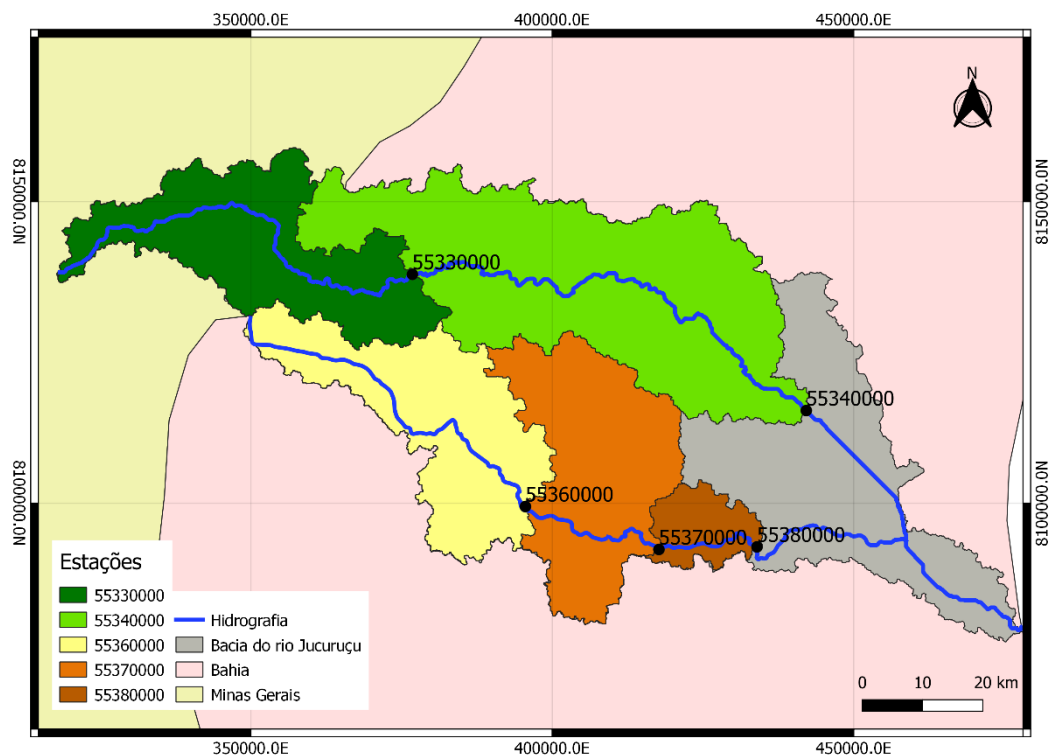


Figura 4.1. Áreas de drenagem a montante das estações fluviométricas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jucuruçu

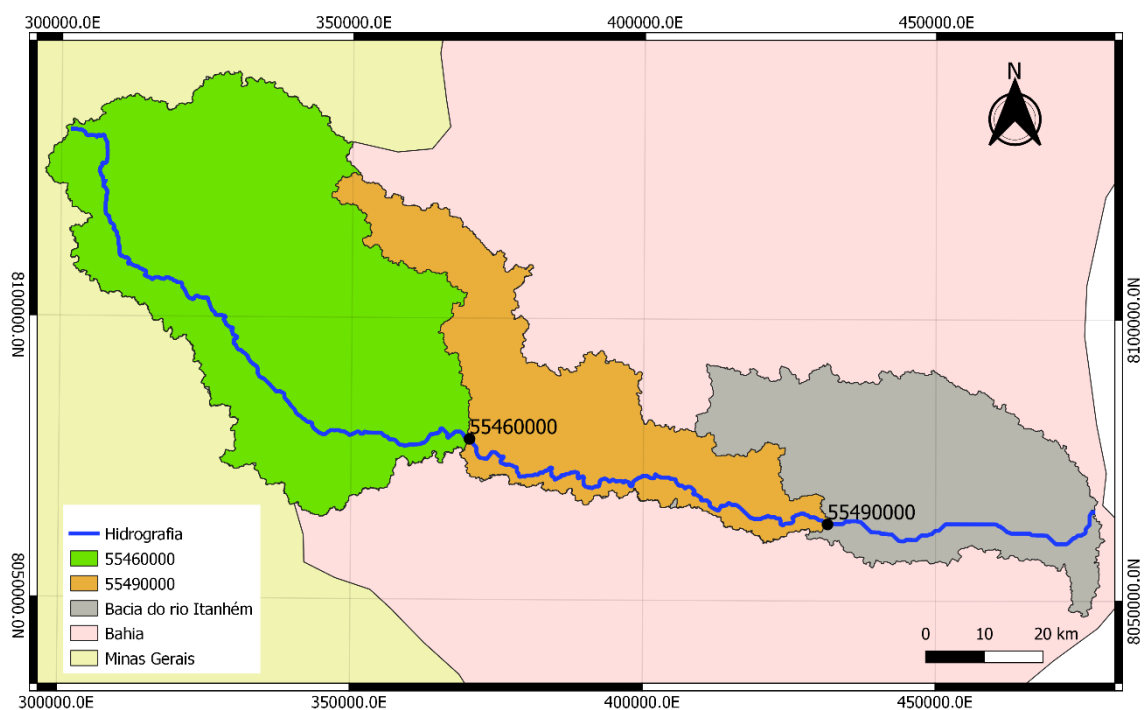


Figura 4.2. Áreas de drenagem a montante das estações fluviométricas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Itanhém

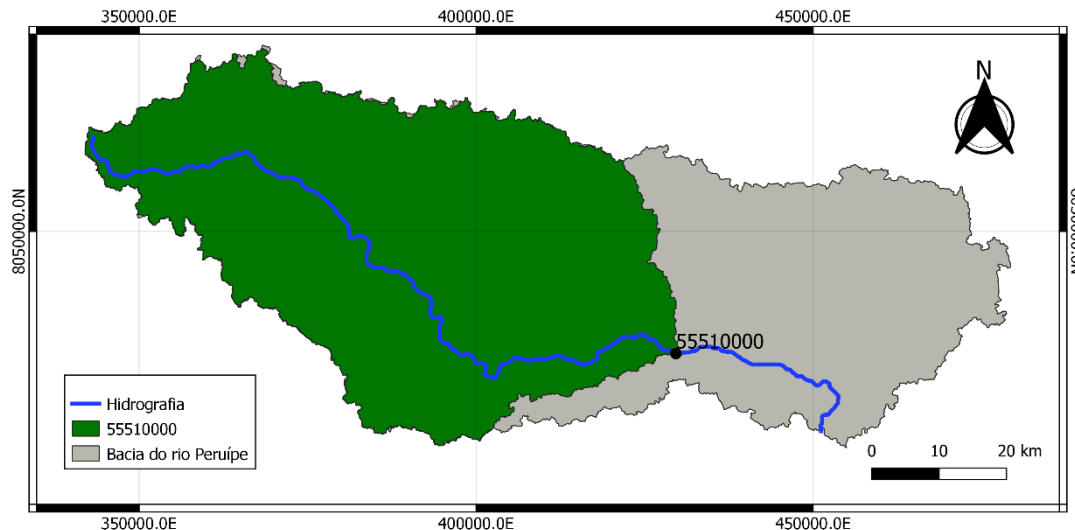


Figura 4.3. Áreas de drenagem a montante da estação fluviométrica pertencente à bacia hidrográfica do rio Peruípe

Levantamento do uso e ocupação do solo ao longo do tempo

Os dados relativos ao tamanho da área, extensão e delimitação das classes foram cedidos pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia em formato *shapefile* somente para o estado da Bahia, pois a atuação do Fórum Florestal é somente no Estado, para os anos: 1990, 1994, 2002, 2006, 2013 e 2018. Estes dados foram obtidos através de imagens do satélite Landsat 5 sensor *Thematic Mapper* para os anos entre 1990 e 2006, imagens do satélite *RapidEye* para o ano de 2013, e para o ano de 2018 imagens do satélite Spot 7. Para classificação das imagens, utilizou-se o método de classificação automática supervisionada com visita a campo, e posteriormente fez-se o cálculo do índice Kappa para validação da mesma.

A obtenção de imagens de diferentes satélites resultou na alteração das classes analisadas (Tabela 4.1). Portanto, realizou-se a união das classes para que a comparação entre os anos pudesse ser realizada, conforme mostrado na Tabela 4.2.

Portanto foram analisadas 18 classes de ocupação do solo, sendo elas: Afloramento Rochoso, Agricultura, Área Urbana, Áreas Úmidas/Várzea, Comunidade Aluvial Arbórea, Desmatamento Recente, Eucalipto, Floresta Estágio Inicial, Floresta Estágio Médio/Avançado, Instalações Rurais, Corpos Hídricos, Manguezal, Mussununga, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Sistema Viário, Solo Exposto e Restinga.

Estas informações estavam organizadas por municípios e por isso foram extraídas para a área de drenagem da bacia hidrográfica. Inicialmente os dados foram analisados

de forma única, com a finalidade de analisar a dinâmica de uso e ocupação do solo em toda a bacia hidrográfica. Em seguida, foram extraídos para a área de drenagem de cada estação fluviométrica a fim de serem utilizados na análise de correlação. Para isto foi utilizado o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) de cada área de drenagem obtido no tópico ‘Delimitação da área das bacias hidrográficas’ descrito anteriormente. Todas as etapas descritas foram realizadas utilizando o software de informações geográficas QGIS 3.4® (QGIS, 2019).

Tabela 4.1. Classes de uso do solo analisadas nos anos 1990-2006, 2013 e 2018.

1990 - 2006	2013	2018
Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso
Agricultura	Agricultura	Agricultura
Área Úmida/Várzea	Área Úmida/Várzea	Área Urbana
Área Urbana	Área Urbana	Cabruca
Campos de Restinga	Café	Café
Comunidade Aluvial Arbórea	Campos de Restinga	Comunidade Aluvial Arbórea
Eucalipto	Cana de Açúcar	Campos de Restinga
Floresta Estágio Inicial	Citrus	Cana de Açúcar
Floresta Estágio Médio/Avançado	Comunidade Aluvial Arbórea	Citrus
Instalações Rurais	Corpos d'água	Desmatamento Recente
Lagos, lagoas, represas	Eucalipto	Eucalipto
Mussununga	Floresta Estágio Avançado	Floresta Estágio Inicial
Pasto Limpo	Floresta Estágio Inicial	Floresta Estágio Médio
Pasto Sujo	Floresta Estágio Médio	Instalações Rurais
Sistema Viário	Instalações Rurais	Manguezal
	Lagos, Lagoas e Represas	Mussununga
	Manguezal	Oceano
	Mussununga	Pasto Limpo
	Pasto Limpo	Pasto Sujo
	Pasto Sujo	Represa, lagos e rios
	Restinga Arbustiva	Restinga Arbustiva
	Sistema Viário	Sistema Viário
	Solo Exposto	

Tabela 4.2. Classes agrupadas para comparação de imagens de sensores distintos.

Classes finais analisadas	Classes unidas
Agricultura	Agricultura
	Cabruca (cacau)
	Café
	Cana de Açúcar
Floresta Estágio Médio/Avançado	Citrus
	Floresta Estágio Médio
	Floresta Estágio Avançado
	Corpos d'água
Corpos Hídricos	Represa, lagos e rios
	Lagos, lagoas, represas
	Restinga Arbustiva
Restinga	Campos de Restinga

Análise dos dados hidrológicos

A análise hidrológica contou com informações de séries históricas das estações fluviométricas que estão dentro das bacias e que possuíam série de dados atuais (Tabela 4.3). Estes dados foram importados do sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020), assim como os dados históricos referentes ao resumo de descarga das estações fluviométricas.

Tabela 4.3. Estações fluviométricas pertencentes à área de drenagem das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Código	ID	Nome	Lat	Long	Início da série (mês/ano)	Fim da série (mês/ano)
55330000	JU1	Jucuruçu	-16,8381	-40,1572	jun/1981	jun/2019
55340000	JU2	Itamaraju	-17,0453	-39,5436	jun/1954	jun/2019
55360000	JU3	São José do Prado	-17,1875	-39,9822	ago/1954	jun/2019
55370000	JU4	Cachoeira Grande	-17,2528	-39,7742	dez/1965	jan/2018
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	-17,2494	-39,6211	set/1968	jun/2019
55460000	IT1	Medeiros Neto	-17,3753	-40,2214	nov/1952	jun/2019
55490000	IT2	Fazenda Cascata	-17,5128	-39,6450	nov/1966	jun/2019
55510000	PE1	Helvécia	-17,7992	-39,6639	jan/1975	jun/2019

Em que: ID iniciado com JU: estações pertencentes à bacia do rio Jucuruçu; ID iniciado com IT: estações pertencentes à bacia do rio Itanhém; ID iniciado com PE: estações pertencentes à bacia do rio Peruípe.

No resumo de descarga se encontra disponível, dentre outras informações da seção do curso de água monitorado, série histórica de dados de cotas e vazão medidos em campo, com o quais fez-se o ajuste de curvas-chave para cada estação (Tabela 4.4). Por meio das novas curvas-chave ajustadas e respectivas séries históricas diárias de cotas (ANA, 2020) das estações fluviométricas, foram obtidas as séries de vazões corrigidas. Essa etapa foi realizada através de planilhas eletrônicas de dados, onde realizou-se a plotagem de gráficos de dispersão e a inserção de linhas de tendências a fim de ser gerada uma equação de regressão, sendo escolhidas as curvas que melhor se ajustaram. Quando necessário, houve a divisão da série de dados em diferentes períodos para que houvesse um melhor ajuste da equação.

Tabela 4.4. Curvas-chave ajustadas para as estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, com o período a que dizem respeito e o coeficiente de determinação (R^2)

Estação	Curva Chave	Início	Fim	R^2
55330000	$Y=7(10^{-9})x^4 - 6(10^{-6})x^3 + 0,0014x^2 - 0,0116x$	1981	1999	0,9217
	$Y=0,0003x^2 + 0,043x$	2000	2019	0,9552
55340000	$Y=2(10^{-8})x^4 - 9(10^{-6})x^3 + 0,0013x^2 + 0,1267x$	1954	1989	0,9374
	$Y=9(10^{-7})x^3 - 0,0002x^2 + 0,1633x$	1991	2019	0,9322
55360000	$Y=3(10^{-8})x^{3,6924}$	1954	2019	0,8861
55370000	$Y=0,0004x^2 - 0,0704x$	1965	2018	0,9887
55380000	$Y=6(10^{-7})x^3 + 9(10^{-5})x^2 + 0,1295x$	1968	2019	0,9878
55460000	$Y=0,0012x^2 - 0,1197x$	1952	1969	0,9838
	$Y=0,0029x^2 - 0,3971x$	1970	2019	0,9128
55490000	$Y=2(10^{-8})x^4 - 1(10^{-5})x^3 + 0,0022x^2 - 0,0434x$	1966	2019	0,9329
55510000	$Y=2(10^{-6})x^3 - 0,0006x^2 + 0,2393x$	1975	1992	0,8163
	$Y=0,1053x$	1993	2019	0,9690

As séries de vazões reestimadas foram submetidas ao Sistema Computacional para Análises Hidrológicas - SisCAH 1.0 (SOUSA et al., 2009). A princípio identificou-se o início do ano hidrológico, através da análise da ascensão do histograma das vazões médias mensais, sendo definido o mês de outubro como início do período chuvoso em todas as estações. O pré-processamento dos dados consistiu, portanto, na definição do início do ano hidrológico e na seleção do descarte de dados com falha superior a 30% mensais. Em seguida foram obtidas as vazões: média, máxima e mínima para os anos 1990, 1994, 2002, 2006, 2013 e 2018 pois estes possuíam dados de uso e ocupação do solo.

Também realizou-se a análise da estacionariedade das vazões médias, mínimas e máximas anuais em cada estação, com todos os anos da série de dados. Na análise de estacionariedade as séries foram divididas para os períodos de 1977 a 1994 com 1995 a 2019, sendo analisada e comparada os dados mais antigos com a os dados mais recentes. Para isto fez-se o teste estatístico de média de Student (t) para verificação das hipóteses (H_0) ($p < 0,05$).

Análise conjunta dos dados hidrológicos e uso e ocupação do solo

A priori realizaram-se os testes para verificação da normalidade e da homogeneidade de variância por meio dos testes Shapiro-Wilk, por meio do qual se testou a normalidade dos dados e de Cochran e Bartlett. Com o objetivo de determinar se existe ou não relação direta entre as variáveis hidrológicas com as classes de uso e ocupação do solo, foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson, para as variáveis que

possuem distribuição normal, ou de Spearman, para as variáveis que não seguiram distribuição normal. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software *SAS University Edition*®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e ocupação do solo entre os anos de 1990 e 2018

Bacia do rio Peruípe – área de drenagem a montante da estação fluviométrica

As classes de pastagens e de eucalipto ocupam a maior parte da área a montante da estação fluviométrica de Helvécia (PE1), correspondendo a 70,1% da área total de drenagem da estação, equivalente a 2.071,6 km². Em 1990 a classe eucalipto ocupava 3,5% enquanto as classes de pastagens ocupavam 64,7%. Em 2018, houve uma redução de 596,6 km² das áreas de pastagens cedendo espaço para um aumento de 655,4 km² das áreas com cultivo de eucalipto (Tabela 4.5).

Tabela 4.5. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, da sub-bacia a montante da estação fluviométrica Helvécia (55510000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55510000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	20,9	0,7	20,9	0,7	20,5	0,7	28,5	1,0	141,9	4,9	-	-
AU	5,9	0,2	7,3	0,2	10,1	0,3	13,0	0,4	3,1	0,1	16,8	0,6
AF	9,8	0,3	9,8	0,3	10,0	0,3	5,7	0,2	4,4	0,2	4,1	0,1
AG	281,7	9,5	364,3	12,3	563,9	19,1	335,2	11,3	354,4	12,2	334,7	11,3
RE	-	-	-	-	-	-	1,8	0,1	-	-	0,1	0,0
CA	490,2	16,6	451,2	15,3	490,6	16,6	531,7	18,0	405,8	14,0	117,4	4,0
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,2	1,0
EU	102,3	3,5	112,0	3,8	270,8	9,2	879,6	29,8	737,9	25,5	757,7	25,6
FI	72,0	2,4	42,7	1,4	7,4	0,2	2,4	0,1	12,4	0,4	67,2	2,3
FM	52,4	1,8	38,5	1,3	46,7	1,6	17,8	0,6	49,8	1,7	283,1	9,6
IR	-	-	-	-	0,3	0,0	0,1	0,0	7,0	0,2	1,0	0,0
CH	-	-	-	-	-	-	-	-	2,6	0,1	10,9	0,4
MU	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,0	11,2	0,4
PL	353,3	12,0	404,0	13,7	398,4	13,5	773,7	26,2	895,6	30,9	1086,9	36,8
PS	1557,2	52,7	1495,1	50,6	1127,0	38,2	356,8	12,1	280,6	9,7	227,0	7,7
SV	8,2	0,3	8,2	0,3	8,2	0,3	7,1	0,2	1,3	0,0	4,7	0,2
SE	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0	0,9	0,0	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; RE – Restinga; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; MU – Mussununga; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

É importante destacar a dinâmica ocorrida entre as classes de pastagens, uma vez que houve um comportamento inverso entre a classe Pasto Limpo e a classe Pasto Sujo. Enquanto a primeira apresentou um aumento de 733,6 km², ou 207,64%, a segunda

apresentou uma redução de 1.330,2 km², o equivalente a redução de 85,42%. Levando em consideração que as áreas de Pasto Sujo são áreas ocupadas predominantemente por pastagens, mas que possuem estruturas herbáceo-arbustivas frequentes, podendo corresponder aos primeiros processos de regeneração natural da vegetação (RIBEIRO et al., 2012), é possível presumir que, tem ocorrido a “limpeza” dessas áreas para a implantação das atividades pecuárias mais intensas. Ou seja, embora as áreas destinadas a pecuária tenham reduzido em função da expansão do eucalipto, houve um aumento significativo de Pasto Limpo que, embora seja bem manejada e possua um efetivo controle de plantas invasores, pode contribuir para danos ambientais.

Apesar de ter ocorrido a substituição de uma monocultura por outra, os autores Moledo et al. (2016) e Tadeu (2014) afirmam que tal dinâmica pode ser benéfica para a área em questão, uma vez que, a instalação de florestas, mesmo que sejam para fins extrativistas, geram melhores condições para o desenvolvimento da fauna local, reduz processos erosivos e reduz a lixiviação de nutrientes. Porém, apesar dos efeitos benéficos citados, a implantação de extensas áreas de monocultura causa impactos ambientais negativos, como a compactação do solo, redução da taxa de infiltração e tempo de residência da água na bacia hidrográfica (ALMEIDA, 2012; CERQUEIRA NETO, 2013).

Em relação às áreas de vegetação nativa, consideradas neste estudo as classes Comunidade Aluvial Arbórea, Floresta Estágio Inicial, Floresta Estágio Médio/Avançado, Restinga e Mussununga, ao longo dos anos analisados, sofreram redução de 4,5%, equivalente a 135,6 km². De acordo os autores Beppler e Justino (2017), a redução das áreas de vegetação nativa podem provocar graves consequências para bacia hidrográfica tanto a curto prazo quanto a longo prazo, principalmente em relação a qualidade e quantidade da água disponível. Além disso, interfere negativamente na conservação dos solos e das nascentes.

Bacia do rio Itanhém – sub-bacias a montante das estações fluviométricas

Durante o período estudado (1990-2018), as classes Comunidade Aluvial Arbórea, Floresta Estágio Inicial e Floresta Estágio Médio/Avançado sofreram juntas uma diminuição de 319,5 km² na área de drenagem estação fluviométrica Medeiros Neto (55460000), e 777,5 km² na área da estação fluviométrica Fazenda Cascata (55490000), equivalente a uma taxa de redução de 58,2% e 63,2%, respectivamente. Dentre estas classes, a classe Comunidade Aluvial Arbórea apresentou a maior redução em ambas as estações, saindo de 417,8 km² em 1990 para 126,7 km², na estação Medeiros Neto (IT1),

e na estação Fazenda Cascata (IT2), ocupava 693,8 km² em 1990 e passou a ocupar 210,5 km² em 2018, equivalente a uma taxa de redução de 69,6% para as duas estações (Tabelas 4.6 e 4.7).

Tabela 4.6. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, na sub-bacia a montante da estação fluviométrica Medeiros Neto (55460000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55460000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	0,9	0,1	0,9	0,1	0,7	0,0	0,8	0,0	5,3	0,3	-	-
AU	2,8	0,2	2,8	0,2	3,1	0,2	4,2	0,2	4,4	0,3	5,5	0,3
AF	6,6	0,4	6,6	0,4	11,3	0,7	3,5	0,2	19,6	1,1	6,9	0,4
AG	4,0	0,2	23,4	1,4	96,5	5,6	1,1	0,1	32,3	1,9	6,3	0,4
CA	417,8	24,4	416,8	24,3	330,9	19,2	455,1	26,6	133,6	7,8	126,7	7,4
EU	-	-	-	-	-	-	57,4	3,4	47,0	2,7	39,5	2,3
FI	43,7	2,5	51,7	3,0	60,7	3,5	17,2	1,0	5,9	0,3	47,7	2,8
FM	87,5	5,1	92,8	5,4	119,4	6,9	63,3	3,7	57,2	3,3	55,1	3,2
IR	-	-	-	-	-	-	-	-	3,6	0,2	0,2	0,0
CH	3,1	0,2	3,1	0,2	3,1	0,2	4,0	0,2	-	-	3,9	0,2
PL	363,2	21,2	167,2	9,8	814,7	47,4	315,1	18,4	492,6	28,8	1197,8	69,7
PS	783,9	45,7	948,2	55,3	272,9	15,9	786,6	46,0	905,8	53,0	225,8	13,1
SV	1,2	0,1	1,2	0,1	0,9	0,1	0,3	0,0	1,7	0,1	2,8	0,2
SE	-	-	-	-	5,3	0,3	0,4	0,0	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Tabela 4.7. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, na sub-bacia a montante da estação fluviométrica Fazenda Cascata (55490000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55490000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	1,9	0,1	1,9	0,1	1,7	0,1	2,1	0,1	17,2	0,5	-	-
AU	8,8	0,3	9,0	0,3	10,0	0,3	12,5	0,4	17,3	0,5	16,8	0,5
AF	25,5	0,8	25,5	0,8	28,0	0,9	17,1	0,5	22,2	0,7	15,2	0,5
AG	15,7	0,5	71,9	2,2	244,9	7,6	23,0	0,7	49,6	1,6	37,8	1,2
CA	693,8	21,7	706,0	22,0	627,0	19,5	852,6	26,6	319,1	10,0	210,5	6,6
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	0,0
EU	1,4	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	152,7	4,8	126,6	4,0	94,4	2,9
FI	204,5	6,4	140,4	4,4	141,1	4,4	44,7	1,4	10,8	0,3	87,8	2,7
FM	331,1	10,3	325,1	10,2	361,1	11,3	117,2	3,7	120,9	3,8	153,6	4,8
IR	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	5,8	0,2	1,4	0,0
CH	10,0	0,3	10,0	0,3	10,0	0,3	11,7	0,4	6,0	0,2	11,3	0,4
PL	471,9	14,7	267,3	8,3	1119,2	34,9	434,2	13,5	984,7	31,0	2153,0	67,3
PS	1434,6	44,8	1642,1	51,3	656,0	20,4	1524,2	47,5	1493,6	47,0	415,1	13,0
SV	2,8	0,1	2,7	0,1	3,7	0,1	0,5	0,0	4,2	0,1	-	-
SE	-	-	-	-	5,3	0,2	15,3	0,5	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

No entanto, é importante destacar que a ocorrência da mudança na metodologia de classificação, pela alteração dos sensores utilizados na captação das imagens, pode influenciar diretamente na análise dessas classes, uma vez que para os anos de 2013 e 2018 foram utilizadas imagens com melhor resolução espacial. Portanto, pode ter ocorrido uma melhor interpretação das classes consideradas como vegetação nativa (em especial a comunidade aluvial arbórea), e não necessariamente uma alteração no uso do solo.

As pastagens, desde o ano inicial do estudo, 1990, já ocupavam a maior parte da área de drenagem das estações fluviométricas pertencentes à bacia do rio Itanhém, correspondendo a 66,9% de ocupação da área total da estação Medeiros Neto (IT1), equivalente a 1.147,1 km², e 59,5% de ocupação da área total da estação Fazenda Cascata (IT2), equivalente a 1.906 km². Em 2018, com uma taxa de crescimento de 24% (Medeiros Neto – IT1) e 34% (Fazenda Cascata – IT2), as pastagens passaram a ocupar 1.423,6 km² e 2.568,1 km², respectivamente, correspondentes a 82,8% da área total da estação Medeiros Neto (IT1), e 80,3% da área total da estação Fazenda Cascata (IT2).

Assim como ocorreu na bacia a montante da estação fluviométrica Helvécia (PE1), pertencente a bacia do rio Peruípe, houve um comportamento inverso entre a classe pasto limpo e a classe pasto sujo nas áreas de drenagem das estações fluviométricas pertencentes a bacia do rio Itanhém. Enquanto o pasto limpo apresentou um aumento de 834,6 km², equivalente a uma taxa de crescimento de 229,8% na estação Medeiros Neto (IT1) e 1.681,1 km² (crescimento de 356,2%) na estação Fazenda Cascata (IT2), a classe pasto sujo apresentou uma redução de 558,1 km², o equivalente a uma taxa de redução de 71 % (Medeiros Neto – IT1), e 1.019,5 km², equivalente a uma taxa de redução de 71,2% (Fazenda Cascata – IT2).

Tal fato sugere que nas áreas de drenagem das estações pertencentes a bacia do rio Itanhém também tem ocorrido a “limpeza” das áreas para a implantação das atividades pecuárias mais intensas, sendo essa uma das principais forças por trás do desmatamento de áreas de vegetação nativa (FAO, 2013). Tal fato pode influenciar na qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis para uso, bem como na conservação de nascentes.

Bacia do rio Jucuruçu – sub-bacias a montante das estações fluviométricas

Nas tabelas 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 e 4.12, estão apresentados os resultados de uso e ocupação do solo para as áreas de drenagem das estações fluviométricas pertencentes a

bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (JU1), Itamaraju (JU2), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4) e Fazenda Rio do Sul (JU5), referentes ao período de 1990 a 2018.

Tabela 4.8. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Jucuruçu (55330000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55330000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	-	-	-	-	-	-	1,5	0,7	0,0	0,0	-	-
AU	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,4	0,2
AF	7,5	3,3	7,5	3,3	7,5	3,3	2,8	1,2	8,0	3,5	4,5	2,0
AG	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,3	-	-
CA	28,5	12,4	28,4	12,4	17,3	7,6	30,6	13,3	13,2	5,8	2,1	0,9
FI	21,8	9,5	27,3	11,9	27,3	11,9	23,1	10,1	1,7	0,8	7,2	3,1
FM	50,1	21,9	59,8	26,1	97,8	42,6	32,8	14,3	13,5	5,9	15,4	6,7
PL	0,8	0,4	1,7	0,7	1,7	0,7	1,1	0,5	5,5	2,4	185,4	80,5
PS	120,2	52,4	104,4	45,5	77,5	33,8	137,0	59,7	186,3	81,3	14,3	6,2
SV	-	-	-	-	-	-	0,3	0,1	0,1	0,1	0,9	0,4

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário.

Tabela 4. 9. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Itamaraju (55340000), durante o período de 1990 a 2018

Classe	55340000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	-	-	-	-	-	-	8,5	0,4	5,0	0,2	-	-
AU	1,8	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,9	0,1	3,1	0,2	3,2	0,2
AF	99,1	4,8	99,2	4,8	98,5	4,8	81,3	4,0	104,3	5,1	47,1	2,3
AG	18,4	0,9	32,6	1,6	43,2	2,1	56,6	2,8	34,2	1,7	20,5	1,0
CA	152,7	7,5	147,2	7,2	154,2	7,5	275,6	13,5	174,2	8,5	61,1	3,0
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,0
EU	-	-	-	-	0,3	0,0	-	-	8,3	0,4	8,8	0,4
FI	147,8	7,2	91,1	4,5	186,5	9,1	182,9	8,9	6,3	0,3	57,9	2,8
FM	1038,0	50,7	968,0	47,3	1076,7	52,6	795,6	38,9	471,2	23,0	509,4	24,9
IR	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	0,1	0,0	0,0
CH	5,2	0,3	5,2	0,3	5,2	0,3	8,0	0,4	2,7	0,1	4,7	0,2
PL	3,9	0,2	7,8	0,4	12,7	0,6	8,9	0,4	224,5	11,0	1124,8	54,9
PS	578,5	28,3	692,5	33,8	466,5	22,8	625,6	30,6	1009,9	49,3	210,3	10,3
SV	0,9	0,0	0,9	0,0	0,9	0,0	1,0	0,0	2,2	0,1	-	-
SE	-	-	-	-	0,4	0,0	0,1	0,0	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Tabela 4.10. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica São José do Prado (55360000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55360000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	-	-	-	-	-	-	4,0	0,4	15,2	1,7	-	-
AU	0,3	0,0	0,4	0,0	0,5	0,1	0,8	0,1	1,2	0,1	1,2	0,1
AF	22,7	2,5	22,8	2,5	28,2	3,1	13,9	1,5	16,1	1,8	10,9	1,2
AG	-	-	1,3	0,1	1,3	0,1	-	-	2,5	0,3	0,7	0,1
CA	154,2	17,1	149,0	16,5	96,0	10,6	175,9	19,5	92,7	10,3	57,0	6,3
EU	0,3	0,0	1,0	0,1	4,0	0,4	2,5	0,3	4,4	0,5	3,8	0,4
FI	36,8	4,1	12,4	1,4	49,2	5,4	98,6	10,9	10,9	1,2	27,6	3,1
FM	280,2	31,1	235,7	26,2	286,7	31,8	165,1	18,3	73,0	8,1	114,9	12,8
IR	-	-	-	-	-	-	0,2	0,0	0,5	0,1	-	-
CH	0,1	0,0	0,1	0,0	1,6	0,2	0,8	0,1	1,5	0,2	3,0	0,3
PL	11,2	1,2	10,8	1,2	16,9	1,9	42,7	4,7	233,3	26,0	634,5	70,4
PS	395,6	43,9	467,7	51,9	416,9	46,2	396,0	43,9	447,2	49,8	47,6	5,3
SV	-	-	-	-	0,4	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	-	-
SE	-	-	-	-	0,5	0,1	0,7	0,1	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Tabela 4.11. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Cachoeira Grande (55370000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55370000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	-	-	-	-	-	-	4,6	0,3	30,7	1,7	-	-
AU	0,3	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	0,8	0,0	1,7	0,1	1,6	0,1
AF	49,9	2,8	50,8	2,8	56,3	3,1	34,2	1,9	31,5	1,8	22,0	1,2
AG	3,6	0,2	13,8	0,8	27,2	1,5	-	-	8,2	0,5	1,5	0,1
CA	332,3	18,4	334,8	18,6	206,5	11,4	412,6	22,9	204,0	11,4	103,4	5,7
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0
EU	0,9	0,1	1,6	0,1	18,1	1,0	15,3	0,9	13,4	0,7	10,9	0,6
FI	62,7	3,5	22,8	1,3	64,5	3,6	108,3	6,0	12,6	0,7	60,5	3,4
FM	473,3	26,3	411,7	22,8	522,3	29,0	322,7	17,9	182,6	10,2	259,6	14,4
IR	-	-	-	-	-	-	0,2	0,0	1,4	0,1	0,0	0,0
CH	2,1	0,1	2,1	0,1	3,5	0,2	4,0	0,2	1,5	0,1	5,0	0,3
PL	30,5	1,7	30,1	1,7	74,2	4,1	158,7	8,8	647,0	36,1	1204,4	66,8
PS	846,2	47,0	933,7	51,8	828,7	45,9	738,6	41,0	657,3	36,7	132,4	7,3
SV	-	-	-	-	0,4	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
SE	-	-	-	-	1,6	0,1	0,7	0,0	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Tabela 4.12. Classes de uso e ocupação do solo, em km² e %, sub-bacia a montante da estação fluviométrica Fazenda Rio do Sul (55380000), durante o período de 1990 a 2018

Classes	55380000											
	1990		1994		2002		2006		2013		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
AV	-	-	-	-	-	-	5,3	0,3	30,7	1,5	-	-
AU	0,3	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	0,8	0,0	1,7	0,1	1,6	0,1
AF	49,9	2,5	50,8	2,6	56,3	2,8	34,2	1,7	31,5	1,6	22,0	1,1
AG	4,4	0,2	26,1	1,3	28,6	1,4	2,4	0,1	18,5	0,9	3,9	0,2
CA	403,3	20,2	405,2	20,3	261,8	13,1	479,3	24,1	227,4	11,5	109,1	5,5
DR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,0
EU	5,8	0,3	6,4	0,3	35,7	1,8	46,9	2,4	36,5	1,8	30,2	1,5
FI	62,8	3,2	23,1	1,2	64,6	3,2	110,1	5,5	20,3	1,0	75,3	3,8
FM	503,9	25,3	439,7	22,1	544,0	27,3	332,8	16,7	215,1	10,8	295,3	14,8
IR	-	-	-	-	-	-	0,2	0,0	1,5	0,1	0,0	0,0
CH	3,4	0,2	3,4	0,2	4,8	0,2	6,8	0,3	2,9	0,1	6,0	0,3
PL	51,0	2,6	52,6	2,6	130,4	6,5	199,2	10,0	682,6	34,4	1.292,9	64,9
PS	908,0	45,6	985,2	49,4	866,2	43,4	773,1	38,8	714,1	36,0	155,6	7,8
SV	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	-	-
SE	-	-	-	-	1,6	0,1	0,7	0,0	-	-	-	-

Em que: AV – Áreas Úmidas/Várzea; AU – Área Urbana; AF – Afloramento rochoso; AG – Agricultura; CA – Comunidade Aluvial Arbórea; DR – Desmatamento Recente; EU – Eucalipto; FI – Floresta Estágio Inicial; FM – Floresta Estágio Médio/Avançado; IR – Instalações Rurais; CH – Corpos Hídricos; PL – Pasto Limpo; PS – Pasto Sujo; SV – Sistema Viário; SE – Solo Exposto.

Durante o período de estudo, ocorreu nas áreas de drenagem das estações fluviométricas pertencentes a bacia do rio Jucuruçu uma expansão das pastagens. Em contrapartida, as áreas de vegetação nativa apresentaram redução de suas áreas em todas as estações analisadas. Conforme mostrado na tabela 4.13, percebe-se que os totais reduzidos das áreas de vegetação nativa são similares aos totais aumentados das áreas de pastagens, sendo essa, atualmente, a cultura antrópica de maior expressividade nas áreas de drenagem estudadas.

Tabela 4.13. Balanço das áreas ocupadas por pastagens e vegetação nativa nas estações fluviométricas pertencentes à bacia do rio Jucuruçu

Estações	Pastagens				Vegetação Nativa			
	1990	2018	Cresc. (km ²)	% Cresc.	1990	2018	Red. (km ²)	% Red.
55330000	121,0	199,7	78,8	65,1	100,4	24,7	-75,7	-75,4
55340000	582,4	1.335,1	752,7	129,2	1338,5	628,4	-710,1	-53,1
55360000	406,8	682,1	275,3	67,7	471,2	199,5	-271,7	-57,7
55370000	876,7	1336,8	460,1	52,5	868,3	423,5	-444,8	-51,2
55380000	959,0	1448,5	489,5	51,0	970	479,7	-490,3	-50,5

Em que: Pastagens – Pasto Limpo e Pasto Sujo; Vegetação Nativa – Comunidade Aluvial Arbórea, Floresta Estágio Inicial e Floresta Estágio Médio/Avançado; Cresc. – Crescimento; %Cresc. – Taxa de crescimento; Red. – Redução; %Red. – taxa de redução.

Portanto, de maneira geral, é perceptível que a paisagem das estações analisadas passou por modificações significativas, de modo que a redução das áreas de vegetação

nativa está diretamente relacionada ao aumento das áreas antrópicas, destinadas principalmente a pecuária. Cenário similar também foi observado no estudo realizado por Santos et al. (2010), onde foi apurada uma redução de 17,80% das áreas de vegetação nativa da bacia hidrográfica do ribeirão João Leite, dando lugar a expansão agropecuária. Tal fato foi constatado também por Coelho et al. (2014), onde ao estudar a dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do riacho São Paulo, localizada no semiárido brasileiro, foi elucidado que junto com o rápido crescimento das áreas de pastagem/agricultura, a vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem cada vez mais devastada.

A redução das áreas de vegetação nativa e o uso inadequado do solo, não altera apenas a paisagem, mas implica em perdas significativas de solo, nutrientes e biodiversidade, prejudicando o equilíbrio hídrico das bacias. Além disso, torna a bacia hidrográfica mais suscetível a enchentes, devido a impermeabilização do solo que ocorre quando há o manejo inadequado das terras (VAEZA et al., 2010).

Análise das variáveis hidrológicas

Os valores médios das vazões máxima, mínima e média, encontrados para as estações fluviométricas analisadas estão descritos nas tabelas 4.14, 4.15, 4.16.

Tabela 4.14. Vazões máximas (Qmax), mínimas (Qmin) e médias (Qmed), em m³/s, das estações fluviométricas da bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (JU1); Itamaraju (JU2), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4) e Fazenda Rio do Sul (JU5).

	Estação	1990	1994	2002	2006	2013	2018
Qmax	55330000 (JU1)	18,08	18,09	33,69	53,07	17,46	64,07
	55340000 (JU2)	80,18	79,79	90,92	99,99	161,54	153,99
	55360000 (JU3)	55,22	75,06	55,85	94,88	63,88	100,63
	55370000 (JU4)	70,86	82,65	65,13	167,99	81,91	184,04
	55380000 (JU5)	91,07	94,67	80,84	174,63	81,25	164,27
Qmin	55330000 (JU1)	2,08	2,02	2,53	2,52	1,09	1,35
	55340000 (JU2)	11,71	10,87	8,55	9,76	11,93	10,34
	55360000 (JU3)	4,28	4,76	5,53	6,82	3,11	3,11
	55370000 (JU4)	4,68	5,74	6,8	9,87	2,26	3,35
	55380000 (JU5)	8,61	11,58	10,58	14,12	3,50	5,52
Qmed	55330000 (JU1)	7,30	6,67	7,12	7,12	3,08	5,43
	55340000 (JU2)	24,57	21,58	24,43	23,12	26,31	23,57
	55360000 (JU3)	10,07	10,36	12,70	16,97	8,79	10,07
	55370000 (JU4)	13,62	15,88	18,35	26,10	11,96	15,94
	55380000 (JU5)	22,38	24,45	24,41	30,90	15,07	19,54

Tabela 4.15. Vazões máximas (Q_{max}), mínimas (Q_{min}) e médias (Q_{med}), em m^3/s , das estações fluviométricas da bacia do rio Itanhém: Medeiros Neto (IT1) e Fazenda Cascata (IT2)

	Estação	1990	1994	2002	2006	2013	2018
Q_{max}	55460000 (IT1)	113,73	64,91	136,54	577,67	211,39	255,36
	55490000 (IT2)	176,37	89,85	263,78	890,57	204,61	586,71
Q_{min}	55460000 (IT1)	8,34	8,63	10,15	13,19	2,89	5,45
	55490000 (IT2)	11,65	13,56	4,74	10,20	0,22	10,31
Q_{med}	55460000 (IT1)	15,78	18,51	22,05	36,28	17,00	23,94
	55490000 (IT2)	24,67	26,22	29,22	49,34	12,22	41,87

Tabela 4.16. Vazões máximas (Q_{max}), mínimas (Q_{min}) e médias (Q_{med}), em m^3/s da estação fluviométrica Helvécia (PE1), na bacia do rio Peruípe

	1990	1994	2002	2006	2013	2018
Q_{max}	62,39	34,85	43,59	43,07	40,65	37,70
Q_{min}	14,34	12,20	13,40	11,54	4,03	3,52
Q_{med}	21,90	17,47	23,86	19,37	9,21	10,95

Na bacia do rio Jucuruçu, a estação Cachoeira Grande (JU4) apresentou uma maior amplitude entre as vazões mínimas e máximas, variando de $3,35 m^3/s$ a $184,04 m^3/s$ no mesmo ano, sendo essa a maior vazão máxima ocorrida em toda a série histórica. No ano de 2013, as estações Jucuruçu (JU1), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4) e Fazenda Rio do Sul (JU5) apresentaram os menores valores de vazões mínimas para a série histórica analisada de cada estação. Já a estação Itamaraju (JU2) apresentou o menor valor da série histórica de vazão no ano de 2002. Na bacia do rio Itanhém, a estação Fazenda Cascata (IT2) apresentou uma maior amplitude entre as vazões mínimas e máximas, variando de $10,20 m^3/s$ a $890,57 m^3/s$ no ano de 2006, sendo essa a maior vazão máxima ocorrida em toda a série histórica. No ano de 2013, essa mesma estação apresentou o menor valor de vazão mínima para toda a série histórica analisada. Já na bacia do rio Peruípe, a maior amplitude entre as vazões mínimas e máximas, ocorreu no ano de 1990, variando de $14,34 m^3/s$ a $62,39 m^3/s$, sendo essa a maior vazão máxima ocorrida em toda a série histórica. A menor vazão mínima ocorreu no ano de 2018 e a maior vazão média no ano de 2002, correspondendo a $3,52 m^3/s$ e $23,86 m^3/s$, respectivamente.

As hipóteses de igualdade de média foram rejeitadas para as estações fluviométricas: Fazenda Cascata (IT2) e Helvécia (PE1) para vazões médias; Jucuruçu

(JU1) e Helvécia (PE1) para as vazões máximas; e Fazenda Cascata (IT2) para as vazões mínimas (tabelas 4.17, 4.18, e 4.19).

Tabela 4.17. Estacionariedade das vazões médias das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019

Código	ID	Estação	Bacia	Qmed média A	Qmed média B
55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	7,29	5,25
55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	26,11	23,55
55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	14,58	11,22
55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	20,85	16,33
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	28,50	20,74
55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	24,54	19,49
55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	52,28*	27,81*
55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	26,39*	12,82*

Em que: A – variável para simbolizar o período mais antigo da série de dados; B – variável para simbolizar o período mais recente da série de dados; * - médias estatisticamente diferentes ao nível de $P < 0,05$ pelo teste de Student (t); ** - Intervalo de análise entre 1981 a 1994 com 1995 a 2019.

Tabela 4.18. Estacionariedade das vazões máximas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019

Código	ID	Estação	Bacia	Qmax média A	Qmax média B
55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	18,38*	35,19*
55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	96,57	109,84
55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	91,78	76,19
55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	123,50	128,20
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	129,20	126,36
55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	195,29	191,66
55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	342,94	386,45
55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	68,40*	31,57*

Em que: A – variável para simbolizar o período mais antigo da série de dados; B – variável para simbolizar o período mais recente da série de dados; * - médias estatisticamente diferentes ao nível de $P < 0,05$ pelo teste de Student (t); ** - Intervalo de análise entre 1981 a 1994 com 1995 a 2019.

Tabela 4.19. Estacionariedade das vazões mínimas das estações fluviométricas das bacias dos rios Peruípe, Itanhém, e Jucuruçu, para os períodos de 1997 a 1994 com 1995 a 2019

Código	ID	Estação	Bacia	Qmin média A	Qmin média B
55330000**	JU1	Jucuruçu	Jucuruçu	2,46	1,67
55340000	JU2	Itamaraju	Jucuruçu	9,79	9,60
55360000	JU3	São José do Prado	Jucuruçu	5,78	4,58
55370000	JU4	Cachoeira Grande	Jucuruçu	6,86	4,90
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	Jucuruçu	12,16	7,60
55460000	IT1	Medeiros Neto	Itanhém	9,90	7,33
55490000	IT2	Fazenda Cascata	Itanhém	18,08*	5,64*
55510000	PE1	Helvécia	Peruípe	12,71	7,20

Em que: A – variável para simbolizar o período mais antigo da série de dados; B – variável para simbolizar o período mais recente da série de dados; * - médias estatisticamente diferentes ao nível de $P < 0,05$ pelo teste de Student (t); ** - Intervalo de análise entre 1981 a 1994 com 1995 a 2019.

A rejeição da hipótese de nulidade pode significar uma tendência da redução desses parâmetros ao longo do tempo, uma vez que, no primeiro período de estudo foram observados valores médios superiores aos observados no período seguinte. A redução dos totais precipitados poderia refletir diretamente nas vazões mínimas, considerando que, as estações fluviométricas analisadas apresentaram valores inferiores no segundo período analisado, indicando uma tendência de diminuição dessas vazões ao longo do tempo, apesar de não terem apresentado diferença estatística significativa, exceto na estação Fazenda Cascata (IT2).

A vazão mínima permite caracterizar a disponibilidade hídrica natural de um curso de água e pode ser considerada um dos limitantes para concessão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos (ULIANA et al., 2016). A sua diminuição pode resultar em déficit hídrico nessas bacias e potencializar conflitos pelo uso da água, ponderando que esse é o nível de vazão que assegura a qualidade e quantidade de água necessária para manter minimamente os componentes, funções e processos dos ecossistemas aquáticos.

A diminuição das áreas de vegetação nativa em virtude do crescimento de áreas de monocultura causa influência na quantidade e na qualidade de água disponível em uma bacia (REBOUÇAS et al., 1999; LATUF, 2008; TUCCI, 2012). Áreas dominadas pela pecuária, como foi observado em todas as sub-bacias a montante das estações fluviométricas analisadas, apresentam solos compactados que geram uma menor taxa de infiltração e tempo de residência da água (ALMEIDA, 2012) gerando uma menor disponibilidade hídrica.

Análise conjunta dos dados

A análise de correlações entre as classes de uso e ocupação do solo com as vazões máxima, mínima e média (tabelas 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 e 4.24), de acordo com as correlações de Spearman e Pearson (após teste de normalidade dos dados), resultou em algumas correlações significativas a 5% de probabilidade. Ou seja, rejeitou-se a hipótese nula (H0) de não haver correlação, conforme o teste t-Student.

Tabela 4.20. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões máximas (Qmax) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas da bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (55330000); Itamaraju (55340000), São José do Prado (55360000)

Classes	Coeficientes de correlação (Qmax)				
	55330000	55340000	55360000	55370000	55380000
Área Degradada	-	-	0,65 p	0,65 p	0,39 p
Área Úmida/Várzea	-0,07 p	-0,11 p	0,14 p	0,14 p	0,07 p
Área Urbana	0,58 p	0,82 p	0,61 r	0,64 p	0,23 r
Afloramento Rochoso	-0,88* p	-0,10 p	-0,81 r	-0,71 p	-0,62 r
Agricultura	-0,65 p	-0,80 p	-0,28 r	-0,09 p	-0,72 r
Com. Aluvial Arbórea	-0,22 r	-0,50 p	-0,36 r	-0,26 p	0,13 r
Desmatamento Recente	-	0,71 p	-	-	0,39 p
Eucalipto	0,65 p	0,67 p	0,14 p	0,14 p	0,47 r
Floresta Estágio Inicial	0,09 r	-0,90* p	-0,03 p	-0,03 p	0,80 r
Floresta Estágio Médio/Avançado	-0,21 r	-0,80 p	-0,54 r	-0,60 p	-0,38 r
Instalações Rurais	-	0,78 p	-0,12 r	0,14 p	0,27 p
Lagos, lagoas e represas	-	-0,72 p	0,63 r	0,41 p	0,89* r
Pasto Limpo	0,23 p	0,60 p	0,80 r	0,54 p	0,26 p
Pasto Sujo	-0,76 r	0,00 p	-0,20 p	-0,20 p	-0,51 r
Sistema Viário	0,58 p	-0,30 p	-0,30 r	-0,15 p	-0,02 r
Solo Exposto	-	-0,89* p	-0,02 r	0,10 p	-0,17 p

Em que: p – coeficiente de correlação de Spearman; r – coeficiente de correlação de Pearson; * - correlação significativa a $P < 0,05$.

Tabela 4.21. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões mínimas (Qmin) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas da bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (55330000); Itamaraju (55340000), São José do Prado (55360000), Cacho

Classes	Coeficientes de correlação (Qmin)				
	55330000	55340000	55360000	55370000	55380000
Área Degradada	-	-	-0,65 p	-0,65 p	-0,39 p
Área Úmida/Várzea	-0,37 p	0,45 p	0,07 p	0,07 p	-0,17 p
Área Urbana	-0,88* p	-0,67 p	-0,54 r	-0,41 p	-0,49 p
Afloramento Rochoso	0,21 p	0,10 p	0,41 r	0,43 p	0,54 p
Agricultura	-0,39 p	0,70 p	-0,36 r	-0,26 p	-0,09 p
Com. Aluvial Arbórea	0,66 p	0,60 p	0,78 r	0,77 p	0,89* p
Desmatamento Recente	-	-0,71 p	-	-	-0,39 p
Eucalipto	-0,65 p	-0,97* p	-0,20 p	-0,20 p	0,14 p
Floresta Estágio Inicial	0,60 p	0,60 p	0,71 p	0,71 p	0,49 p
Floresta Estágio Médio/Avançado	0,71 p	0,50 p	0,51 r	0,54 p	0,49 p
Instalações Rurais	-	-0,78 p	0,01 r	0,07 p	-0,33 p
Lagos, lagoas e represas	-	0,87 p	-0,60 r	-0,35 p	0,49 p
Pasto Limpo	-0,81* p	-0,90* p	-0,82* r	-0,49 p	-0,43 p
Pasto Sujo	0,09 p	0,30 p	0,31 p	0,31 p	0,54 p
Sistema Viário	-0,88* p	0,30 p	0,62 r	0,64 p	0,49 p
Solo Exposto	-	0,45 p	0,81* p	0,85* p	0,54 p

Em que: p – coeficiente de correlação de Spearman; r – coeficiente de correlação de Pearson; * - correlação significativa a $P < 0,05$.

Tabela 4.22. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões médias (Qmed) e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas da bacia do rio Jucuruçu: Jucuruçu (55330000); Itamaraju (55340000), São José do Prado (55360000), Cachoe

Classes	Coeficientes de correlação (Qmed)				
	55330000	55340000	55360000	55370000	55380000
Área Degradada			0,13 p	0,13 p	-0,39 p
Área Úmida/Várzea	-0,54 p	0,11 p	-0,17 p	-0,17 p	-0,17 p
Área Urbana	-0,76 p	-0,82 p	-0,05 r	0,00 p	-0,63 r
Afloramento Rochoso	-0,03 p	0,10 p	-0,20 r	-0,14 p	0,31 r
Agricultura	-0,65 p	0,80 p	-0,69 r	-0,69 r	-0,19 r
Com. Aluvial Arbórea	0,60 p	0,50 p	0,43 r	0,37 p	0,72 r
Desmatamento Recente		-0,71 p			-0,39 p
Eucalipto	-0,39 p	-0,67 p	-0,09 p	-0,09 p	0,13 r
Floresta Estágio Inicial	0,66 p	0,90* p	0,94* p	0,94* p	0,70 r
Floresta Estágio Médio/Avançado	0,77 p	0,80 p	0,14 r	0,14 r	0,44 r
Instalações Rurais		-0,78 p	-0,08 r	-0,17 p	-0,33 p
Lagos, lagoas e represas		0,72 p	-0,01 r	0,29 p	0,62 r
Pasto Limpo	-0,75 p	-0,60 p	-0,16 r	-0,16 r	-0,43 p
Pasto Sujo	-0,20 p	0,00 p	-0,49 p	-0,49 p	0,34 r
Sistema Viário	-0,76 p	0,30 p	0,51 r	0,51 r	0,44 r
Solo Exposto		0,89* p	0,88* r	0,88* r	0,54 r

Em que: p – coeficiente de correlação de Spearman; r – coeficiente de correlação de Pearson; * - correlação significativa a $P < 0,05$.

Tabela 4.23. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões máximas (Qmax), mínimas (Qmin) e médias (Qmed), e as classes de uso e ocupação do solo das estações fluviométricas da bacia do rio Itanhém: Medeiros Neto (55460000) e Fazenda Casc

Classes	Coeficientes de correlação					
	Vazão Máxima		Vazão Mínima		Vazão Média	
	55460000	55490000	55460000	55490000	55460000	55490000
Área Degradada	0,13 p	-0,39 p	-0,65 p	-0,39 p	0,13 p	-0,39 p
Área Úmida/Várzea	0,02 p	0,32 p	-0,41 r	-0,06 p	-0,29 p	-0,06 p
Área Urbana	0,35 p	-0,11 r	-0,67 r	-0,86* r	0,24 p	-0,47 r
Afloramento Rochoso	0,06 p	-0,32 r	-0,52 p	0,33 r	-0,26 p	-0,09 r
Agricultura	-0,26 p	-0,54 p	-0,14 p	-0,14 p	-0,09 p	0,09 p
Com. Aluvial Arbórea	-0,03 p	0,63 r	0,77 p	0,81* r	0,14 p	0,86* r
Desmatamento Recente		-0,39 p		-0,39 p		-0,39 p
Eucalipto	0,76 p	0,51 r	-0,30 r	-0,51 r	0,57 p	0,16 r
Floresta Estágio Inicial	-0,66 p	-0,25 r	0,20 p	0,65 r	0,26 p	0,03 r
Floresta Estágio Médio/Avançado	-0,44 p	-0,36 r	0,57 r	0,54 r	-0,19 p	0,01 r
Instalações Rurais	0,44 p	-0,09 p	-0,78 p	-0,82* p	-0,27 p	-0,58 p
Lagos, lagoas e represas	0,33 p	0,39 r	0,33 p	0,47 r	0,70 p	0,62 r
Mineração	-0,13 p	-0,39 p	-0,66 r	-0,39 p	-0,07 p	-0,39 p
Mussununga	0,13 p	-0,39 p	-0,65 p	-0,39 p	0,13 p	-0,39 p
Pasto Limpo	-0,18 p	-0,40 r	-0,59 r	-0,75 r	-0,10 p	-0,54 r
Pasto Sujo	0,14 p	0,32 r	0,23 r	0,53 r	-0,05 p	0,29 r
Sistema Viário	-0,09 p	-0,37 r	-1,00* p	-0,11 r	-0,60 p	-0,36 r
Solo Exposto	0,30 p	0,68 p	0,78 p	0,03 p	0,78 p	0,85* p

Em que: p – coeficiente de correlação de Spearman; r – coeficiente de correlação de Pearson; * - correlação significativa a $P < 0,05$.

Tabela 4.24. Coeficientes de correlação de Pearson (r) e Spearman (p) entre as vazões máximas (Qmax), vazões mínimas (Qmin) e as vazões médias (Qmed) e as classes de uso e ocupação do solo da estação fluviométrica Helvécia (55510000) da bacia do rio Peruípe.

Classes	Qmax	Qmin	Qmed
Área Degradada	-0,35 p	-0,71 p	-0,71 p
Área Úmida/Várzea	0,10 p	0,00 p	0,10 p
Área Urbana	0,10 p	-0,30 p	-0,10 p
Afloramento Rochoso	0,40 p	1,00* p	0,90* p
Agricultura	0,30 p	0,90* p	0,70 p
Restinga	0,11 p	-0,45 p	-0,11 p
Com. Aluvial Arbórea	0,60 p	0,70 p	0,90* p
Desmatamento Recente	-0,35 p	-0,71 p	-0,71 p
Floresta Estágio Médio/Avançado	0,36 r	-0,58 r	-0,44 r
Instalações Rurais	-0,34 r	-0,80 r	-0,57 r
Corpos Hídricos	-0,20 p	-0,60 p	-0,70 p
Mussununga	0,20 p	-0,60 p	-0,50 p
Sistema Viário	-0,34 p	-0,89* p	-0,89* p
Solo Exposto	-0,34 p	-0,89* p	-0,89* p
Eucalipto	-0,04 r	-0,91* r	-0,77 r
Floresta Estágio Inicial	-0,31 r	0,73 r	0,55 r
Pasto Limpo	-0,10 p	0,80 p	0,60 p
Pasto Sujo	0,22 p	-0,34 p	-0,11 p

Em que: p – coeficiente de correlação de Spearman; r – coeficiente de correlação de Pearson; * - correlação significativa a $P < 0,05$.

A vazão máxima apresentou correlação positiva com a classe: corpos hídricos (Fazenda Rio do Sul – JU5), o que significa dizer que à medida que essa classe se expande, as vazões máximas tendem a aumentar. O oposto ocorreu com as classes afloramento rochoso (Jucuruçu – JU1), floresta estágio inicial (Itamaraju – JU2) e solo exposto (Itamaraju – JU2), que se correlacionaram negativamente com essa vazão.

A contribuição das áreas florestais para a diminuição da vazão máxima (JU2 – ver tabela 4.20) é previsível, uma vez que a cobertura vegetal, impede a formação do selamento superficial, pois diminui a força de impacto das gotas de chuva quando estas atingem o solo (SILVA et al., 2005). Embora a camada do selamento superficial seja de pequena espessura, ela colabora na aceleração de processos erosivos, aumentando significativamente o carreamento de solo, de insumos agrícolas e de matéria orgânica para o leito dos cursos de água no período chuvoso. Além disso, coopera para a perda de fertilidade dos solos agricultáveis, assoreamento de barragens e aumento das frequências de vazões de enchentes, ou máximas, evidenciando a importância da atuação das áreas florestais (RICHART et al., 2005; LATUF, 2007; VANZELA et al., 2010; ANDRIETTI et al., 2016).

Levando em consideração a contribuição da cobertura vegetal para a diminuição das vazões máximas, a correlação negativa entre as vazões máximas com as classes solo exposto e afloramento rochoso, nas estações Jucuruçu (JU1) e Itamaraju (JU2), não eram

esperadas, uma vez que essas classes, principalmente solo exposto, possuem solos impermeabilizados causados pela ausência de vegetação ou de cultura, e dessa forma contribuem para o aumento do escoamento superficial e conseqüente aumento das vazões máximas. Diante disso, a correlação positiva entre essas classes e as vazões médias e mínimas, nas estações Itamaraju (JU2), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4), Fazenda Cascata (IT2) e Helvécia (PE1), também não eram esperadas, pois a compactação do solo contribui para diminuição das vazões mínimas de uma bacia hidrográfica. No entanto, é importante destacar que essas classes apresentaram áreas muito pequenas nas estações em questão, correspondentes a menos de 5% da área total, portanto, tais correlações podem não ser conclusivas.

A diminuição das vazões mínimas em virtude da expansão de áreas mais suscetíveis a impermeabilização ocorreu nas estações: Itamaraju, Jucuruçu, São José do Prado, pertencentes a bacia do rio Jucuruçu; Fazenda Cascata, pertencente a bacia do rio Itanhém; e Helvécia, pertencente a bacia do rio Peruípe, onde as classes Pasto Limpo (JU1, JU2, JU3), Sistema Viário (JU1, IT1, PE1), Área Urbana (JU1, IT2), Instalações Rurais (IT2) e Eucalipto (JU2, PE1), se correlacionaram negativamente com as vazões mínimas.

A classe Pasto Limpo apresentou altas taxas de crescimento nas estações pertencentes às bacias do rio Jucuruçu, inclusive naquelas que se correlacionaram negativamente com as vazões mínimas, correspondentes a 78,8% na estação Jucuruçu (JU1), 752,7% na estação Itamaraju (JU2) e 275,3% na estação São José do Prado (JU3), passando a ocupar a maior parte das áreas de drenagem dessas estações. Apesar das áreas de pastagens possuírem cobertura vegetal, as áreas de pasto limpo são destinadas exclusivamente a atividades pecuárias intensas, e estas podem apresentar características de compactação do solo (ALMEIDA, 2012), que podem ocorrer devido à ausência de um manejo do solo adequado, pelo pisoteio de animais e pelo trânsito de máquinas agrícolas. Dessa forma, a expansão dessas áreas, podem estar contribuindo para a diminuição da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Jucuruçu. Assim como na bacia do rio Jucuruçu, as estações pertencentes a bacia do rio Itanhém são predominantemente ocupadas por áreas de Pasto Limpo, e o fato de não ter ocorrido correlações significativas entre essa classe e as vazões mínimas não é um indicativo de que as extensas áreas destinadas a pecuária não estejam afetando a disponibilidade hídrica dessa bacia.

Assim como as áreas de pastagens, as áreas de eucalipto, apesar de possuírem cobertura florestal, são árvores de rápido crescimento, curto tempo de rotação e altas taxas

de evapotranspiração, e dessa forma, demandam uma quantidade maior de água. Portanto, apesar da cobertura vegetal auxiliar no processo de infiltração da água no solo, a expansão das áreas de florestas plantadas para fins extrativistas contribui para a diminuição da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica (CALDER, 2007; LIMA et al., 2012; BARRETO, 2019). Essa classe apresentou alta taxa de crescimento na bacia do rio Peruípe, correspondente a 640,6% entre 1990 e 2018, e, apesar de contribuir na redução de processos erosivos e redução de lixiviação de nutrientes (TADEU, 2014), a expansão desordenada dessa classe pode comprometer a disponibilidade hídrica bacia do rio Peruípe, uma vez que apresentou uma forte correlação negativa com as vazões mínimas. A estação Itamaraju (JU2) também apresentou correlação negativa forte com as vazões mínimas. Ao contrário do que ocorre na área de drenagem da estação Helvécia (PE1), as áreas de Eucalipto são pouco expressivas, correspondendo a menos 0,5% da área de drenagem da estação. Portanto, tal correlação pode não ser conclusiva ou se dar por fatores não analisados neste trabalho.

Em contrapartida com as classes já mencionadas, as classes comunidade aluvial arbórea e floresta estágio inicial, atuam diretamente como auxiliadoras no processo de infiltração da água para recarga do lençol freático de modo a aumentar a vazão mínima do curso hídrico, conforme foi percebido nas estações Itamaraju (JU2), São José do Prado (JU3), Cachoeira Grande (JU4), Fazenda Rio do Sul (JU5), pertencentes a bacia do rio Jucuruçu, e Fazenda Cascata (IT2), pertencente a bacia do rio Itanhém, que apresentaram correlação positiva dessas classes com as vazões mínimas e médias. Essa é uma relação já prevista por Tucci (2012) e, além dos benefícios hidrológicos que as vegetações nativas favorecem, elas têm alto potencial para fixação de carbono e para proteção do solo e da biodiversidade (ROSA, 2016). Porém, apesar de terem ocorrido correlações positivas com as classes de vegetação nativa entre as vazões mínimas e médias, tem ocorrido a substituição dessas áreas por áreas de atividades antrópicas nas bacias hidrográficas estudadas, principalmente para o desenvolvimento da pecuária e da silvicultura.

Na bacia hidrográfica do rio Peruípe, a classe agricultura apresentou correlação positiva com a vazão mínima, indicando que o aumento dessa classe pode influenciar no aumento da disponibilidade hídrica dessa bacia hidrográfica. Resultado similar foi encontrado por Silva e Rosa (2017) ao construir cenários para a bacia hidrográfica do alto curso do rio Misericórdia, localizada no Estado de Minas Gerais, onde a expansão da cobertura da terra pelo cultivo agrícola resultou em um aumento da vazão mínima. Tal

fato pode ser explicado devido a presença da cobertura vegetal que facilita a infiltração da água no solo.

Nas estações que apresentaram coeficiente de correlação positivo significativo com as vazões mínimas e médias, as áreas de vegetação nativa sofreram taxas de redução de 63% (IT2), 710% (JU2), 271,7% (JU3), 448,8% (JU4) e 490,3% (JU5). Diminuições tão expressivas influenciam diretamente na disponibilidade hídrica das bacias, uma vez que tem ocorrido essa substituição e favorecido a diminuição das vazões mínimas e médias e aumento das vazões máximas. Além disso, tem-se diminuído também a inércia hídrica das bacias, que é o tempo em que a água fica armazenada na bacia hidrográfica. Apesar de não ter ocorrido coeficiente de correlação significativo com a estação pertencente a bacia do rio Peruípe, essa também sofreu redução de suas áreas de vegetação nativa e pode ter sua disponibilidade hídrica diminuída em virtude disso.

A não ocorrência de mais correlações significativas, principalmente em relação às vazões máximas, não deve ser considerada um indicativo de ausência de relação entre as classes de uso do solo e o comportamento hidrológico da bacia estudada. Tal ausência de correlação significativa também foi observado por Souza et al. (2019) na bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, no Piauí, fato relacionado pelos autores a extensa área da bacia que ameniza os efeitos do uso e ocupação do solo nas variáveis hidrológicas. Apesar das bacias estudadas serem consideradas de médio porte, a razão entre o volume de água e de energia que nelas circulam podem ser considerados grandes, e dessa forma minimizar tais efeitos (ALMEIDA, 2007).

CONCLUSÃO

As formas de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu passaram por intensas modificações no decorrer do período estudado, principalmente pela significativa redução das áreas de vegetação nativa em virtude do crescimento das áreas de atividades antrópicas, principalmente as destinadas a pecuária e silvicultura.

Percebe-se que à medida que as áreas de vegetação nativa foram sendo substituídas pelas áreas antropizadas, ocorreu diminuição das vazões mínimas, contribuindo para um possível déficit hídrico na bacia, uma vez que a diminuição dessas vazões pode comprometer a qualidade e quantidade de água disponível para uso. A análise de estacionariedade das séries históricas corrobora tal fato pois, as estações fluviométricas analisadas apresentaram valores inferiores no segundo período analisado, indicando uma

tendência de diminuição dessas vazões ao longo do tempo, mesmo não tendo apresentado diferença estatística significativa

A análise de correlação demonstrou que a expansão de áreas impermeabilizadas e de atividades antrópicas mal manejadas, tem influenciado a diminuição das vazões mínimas. Em contrapartida, apesar da diminuição significativa das áreas de vegetação nativa, os remanescentes florestais continuam atuando na redução das vazões máximas e aumento das vazões mínimas. Diante disso, entende-se que a conservação e recuperação da vegetação nativa das bacias estudadas poderia contribuir para o aumento da disponibilidade hídrica dessas bacias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Hidroweb** – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. 2020. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.
- ALMEIDA, A. Q. de. **Dinâmica hídrica em microbacias cultivadas com eucalipto e pastagem no leste de Minas Gerais**. 2012. 77 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- ALMEIDA, A. Q. **Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2007.
- ALMEIDA, T. M.; MOREAU, A. M. S. S.; MOREAU, M. S.; PIRES, M. M.; FONTES, E. O.; GÓES, L. M. Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 02, p. 5-18, 2008.
- ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F.T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R.M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.
- BARRETO, C. A. **Eucalipto, água e sociedade: a construção de representações no Vale do Paraíba, SP**. 2019. 142 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2019.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.
- BEPPLER, M.; JUSTINO, G. Avaliação espaço-temporal da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Miriri (PB). In: SOUZA, R. F. de; Falcão, E. C. (Ed.). **Geoprocessamento Aplicado - Contexto Multidisciplinar**. João Pessoa: IFPB, p. 57-74, 2017.

- CALDER, I. R. Forests and water - ensuring forest benefits outweigh water costs. **Forest Ecology and Management**, v. 251, p. 110-120, 2007.
- CERQUEIRA NETO S. P. G.; SILVA L. T. O que é Extremo Sul da Bahia no século XXI em tempos de globalização. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFES**, v. 18, p. 27-37, 2014.
- CERQUEIRA NETO, S. P. G. Construção Geográfica do Extremo Sul da Bahia. **Revista de Geografia**, v. 30, p. 246-264, 2013.
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n. 01, p. 64-72, 2014.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATES, FAO. **Livestock and Environment**, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/Environment.html>>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Topodata**: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 15 jul. 2020.
- LATUF, M. O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros**. 2008. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008.
- LIMA, W. de P.; FERRAZ, S. F. de B.; FERRAZ, K. M. P. M. Interações bióticas e abióticas na paisagem: uma perspectiva eco-hidrológica. In: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. (Ed.) **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, p.215-44, 2013.
- MARTINS, M. L. Ferrovias e desenvolvimento regional em Minas Gerais: o caso da Bahia-Minas. **Seculum – Revista de História**, v. 32, p. 69-90, 2015.
- MOLEDO, J. C.; SAAD, A. R.; DALMAS, F. B.; ARRUDA, R. DE O. M.; CASADO, F. Impactos ambientais relativo à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. **Geociências**, v. 35, n. 04, p. 512-530, 2016.
- QGIS Development Team, 2019. **QGIS** - Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. 717 p.
- REZENDE, R. A.; PRADO FILHO, J. F. do; SOBREIRA, F. G. Análise temporal da flora nativa no entorno de unidades de conservação - APA Cachoeira das Andorinhas e FLOE Uaimii, Ouro Preto, MG. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 435-433, 2011.

- RIBEIRO, M. C.; HOLVORCEM, C. G. D.; MARQUES, A.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P.; TAMBOSI, L. R. Monitoramento independente da cobertura florestal das bacias setentrionais do extremo sul da Bahia. **Relatório técnico**, Porto Seguro – BA, 2012.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; FUENTES, R. L.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.
- ROSA, M. R. Comparação e análise de diferentes metodologias de mapeamento da cobertura florestal da Mata Atlântica. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, v.95, p.25-34, 2016.
- SANTOS, E. A. dos. **Influência do uso do solo no regime hidrológico da bacia do rio do Lontra**. 2010. 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2010.
- SANTOS, E. H. M. dos; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 826-834, 2010.
- SARMENTO-SOARES, L. M.; MAZZONI, R.; MARTINS-PINHEIRO, R. F. A fauna de peixes na bacia do Rio Peruípe, extremo Sul da Bahia. **Biota Neotropica**, v. 07, p. 291-308, 2007.
- SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Sistema de Informações Municipais**. Salvador: SEI, 2020.
- SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um argissolo vermelho/amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 02, p. 409-419, 2005.
- SILVA, L.C.N.; FERNANDES, A.L.V.; OLIVEIRA, W. Análise de uso de ocupação do solo na microbacia Dom Tomaz no município de Três Lagoas-MS. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1, 2007, Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2007. p. 325-330.
- SILVA, M. K. A. da.; ROSA, R. Estudo da vazão e construção de cenários a partir das mudanças de uso da terra e cobertura vegetal nativa da bacia hidrográfica do alto curso do rio Misericórdia – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17, CONGRESSO NACIONAL DE FÍSICA, 1, 2017, Campinas. **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Unicamp, 2017. p. 5816-5824.
- SOBRAL, M. do C.; ASSIS, J. M. O. de; OLIVEIRA, C. R. de; SILVA, G. M. N. da; MORAIS, M.; CARVALHO, R. M. C. C. Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no submédio da bacia hidrográfica do rio São Francisco – Brasil. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 12, n. 3, p. 95-106. 2018.
- SOUSA H. T.; PRUSKI F. F.; BOF L. H. N.; CECON P. R.; SOUSA J. R. C. **SisCAH** – Sistema Computacional para Análise Hidrológica. Versão 1.0. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos, 2009.

SOUZA, K. B.; SILVA, J. B. L.; RATKE, R. F.; LISBOA, G. S.; ALMEIDA, K. N. S. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 567-573, 2019.

TADEU, N. D. **Avaliação dos impactos hídricos da monocultura de eucalipto cultivado no trecho paulista da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (BRASIL)**. 2014. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

ULIANA, E. M.; SOUZA, L. C. S.; SILVA, D. D.; SOUZA, A. P.; ALMEIDA, F. T.; ARAUJO, A. B. Regionalização de vazões para o médio e alto Rio Teles Pires –MT. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 04, p. 333-338, 2016.

UMEDA, C. Y. L.; SANTOS, T. H. L. dos; LASTORIA, G.; OLIVEIRA, A. P. G.; COUTINHO, H. L. da C.; PARANHOS FILHO, A. C. Uso de sensoriamento remoto na identificação de corredores ecológicos: estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito, MS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 551-557, 2015.

VAEZA, R. F.; OLIVEIRA FILHO, P. C. de; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floresta e Ambiente**, v. 17, p. 23-29, 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, n. 01, p. 55-64, 2010.

VIEIRA, C.P. Alterações na cobertura vegetal: interferência nos recursos hídricos. **Silvicultura**, v. 20, n. 82, p. 26-27, 2000.

CONCLUSÃO GERAL

As estações fluviométricas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, têm apresentado tendência de diminuição de suas vazões ao longo do tempo, principalmente as vazões mínimas. O processo de substituição de áreas de vegetação nativa por atividades antrópicas, em especial a pecuária, nas bacias dos rios Itanhém e Jucuruçu, e a silvicultura, na bacia do rio Peruípe, estão contribuindo de forma direta na diminuição dessas vazões, comprometendo a qualidade e quantidade de água disponível para uso.

A análise de correlação entre os dados de uso e ocupação do solo e os dados hidrológicos confirma que a expansão de áreas impermeabilizadas e de cultivos antrópicos mal manejados, estão provocando a diminuição das vazões mínimas de forma significativa. Em contrapartida, apesar de ter ocorrido a diminuição expressiva das áreas de vegetação nativa, os remanescentes florestais continuam atuando na redução das vazões máximas e aumento das vazões médias. Diante disso, é possível presumir que a conservação e recuperação da vegetação nativa das bacias estudadas poderia contribuir para o aumento da disponibilidade hídrica dessas bacias.

Levando em consideração o fato de que a pecuária e a silvicultura são atividades que possuem grande relevância econômica para região estudada, é preciso ter alternativas ao tratar o tema, de modo que sejam realizadas iniciativas que possam equilibrar a relação entre bens financeiros e bens ambientais. Em relação às extensas áreas destinadas a pecuária, o poder público em parceria com o setor privado, instituições de ensino superior, pode incentivar a adoção das práticas agroflorestais em suas diferentes modalidades, uma vez que tais práticas possuem potencialidades tanto ecológicas quanto econômicas, sendo dessa forma uma prática sustentável em âmbito social, econômico e ambiental. É possível, ainda, que sejam adotadas diferentes técnicas de manejo de pastagem, como o pastejo rotacionado, que permite o aumento da produção sem ocupar novas áreas ou ainda, manter o índice de produção em uma área menor do que a já utilizada.

Considerando as importantes características do solo dessa região para a produção exitosa do eucalipto, o poder público tem papel fundamental, pois pode intervir com políticas públicas que exijam das empresas responsáveis pelos cultivos comerciais, um plano de manejo florestal adequado para a região, favorecendo a corresponsabilidade socioambiental na medida adequada tanto para as empresas quanto para produtores rurais

fomentados, uma vez que são obtidos por ambos, os benefícios pelo uso da biodiversidade.

Portanto, reconhecendo-se a importância econômica e social dos cultivos antrópicos nas bacias estudadas, torna-se necessário o equilíbrio dos objetivos econômicos com os prejuízos ambientais que tais culturas causam, de forma a garantir uma segurança na disponibilidade hídrica dessas bacias. Tais atividades carecem de suporte técnico aos seus produtores, para que possam otimizar o uso da terra, mantendo a maior área de reserva possível, e assim reduzir os danos causados por essas atividades aos ecossistemas. Através do manejo adequado dessas atividades, é possível o aumento no índice de produção sem a necessidade de abertura de novas áreas, deste modo, protege-se a vegetação nativa, conserva-se os solos e os recursos hídricos, além de promover o sequestro de carbono, o aumento da biodiversidade e o desenvolvimento socioeconômico da região.