



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Regionalização Conjunta de Vazões das Bacias Hidrográficas dos Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu

Hugo Ferraz Lacerda¹, João Batista Lopes da Silva², Danilo Paulúcio da Silva³

¹Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), hferraz92@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4858-8128>; ²Docente da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), silvajbl@ufsb.edu.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8202-4812>; ³Docente da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), daniilopaulucio@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3237-7537>.

Artigo recebido em 03/06/2024 e aceito em 28/03/2025

RESUMO

As bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu enfrentam crescente demanda hídrica e conflitos pelo uso da água, agravados pela falta de dados hidrológicos consistentes. Este estudo utilizou o método tradicional de regionalização para analisar as bacias de forma conjunta, com base em características fisiográficas (área de drenagem, perímetro, comprimento da calha principal e rede de drenagem) extraídas de Modelos Digitais de Elevação Hidrológicamente Consistentes (MDEHC). Os dados hidrológicos foram processados com ferramentas como SisCAH e SisCoRv, enquanto análises morfométricas e climáticas validaram a homogeneidade das bacias. As equações de regionalização ajustadas descreveram de maneira satisfatória o comportamento das vazões mínimas ($Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95}), médias e máximas ao longo das calhas principais, comprovando a similaridade hidrológica entre as bacias, o que permitiu tratá-las como uma única região homogênea. A regionalização proposta fornece informações valiosas para o planejamento hídrico e pode subsidiar processos de outorga e gestão ambiental, contribuindo para minimizar conflitos pelo uso da água. Palavras-chave: Hidrologia; Gestão ambiental; Planejamento hídrico; Modelos geoespaciais; Sustentabilidade.

Joint Regionalization of Flows of The Peruípe, Itanhém and Jucuruçu River Basins

ABSTRACT

The hydrographic basins of the Peruípe, Itanhém, and Jucuruçu rivers face increasing water demand and conflicts, exacerbated by the lack of consistent hydrological data. This study applied the traditional regionalization method to analyze the basins jointly, using physiographic characteristics (drainage area, perimeter, main channel length, and drainage network) extracted from Hydrologically Consistent Digital Elevation Models (HCDEM). Hydrological data were processed using tools like SisCAH and SisCoRv, while morphometric and climatic analyses validated the basins' homogeneity. The adjusted regionalization equations satisfactorily described the behavior of minimum ($Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95}), mean, and maximum flows along the main channels, confirming the hydrological similarity among the basins, which allowed them to be treated as a single homogeneous region. The proposed regionalization provides valuable insights for water resource planning and can support water use permitting and environmental management, helping to reduce conflicts. Keywords: Hydrology, Environmental management, Water planning, Geospatial models, Sustainability.

Introdução

Os problemas de escassez hídrica no Brasil decorrem, fundamentalmente, da combinação entre o crescimento exagerado das demandas localizadas e a degradação da qualidade das águas. Na busca

da resolução dessa problemática, um grande avanço foi a criação da Lei 9.433/1997 (Brasil, 1997) que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de

Gerenciamento de Recursos Hídricos visando solucionar conflitos resultantes do uso intensivo da água e garantindo que este recurso tão importante permaneça com a disponibilidade necessária, além de preservar as funções dos ecossistemas (Cruz, 2001).

As bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, no sul da Bahia e leste de Minas Gerais, cobrem uma área de 17.938 km² com clima úmido a subúmido (Quinelato et al., 2020). Essas bacias são cruciais para o abastecimento de água na região e fazem parte do bioma Mata Atlântica (Farias et al., 2021). A área sofreu mudanças significativas no uso do solo, com a vegetação nativa sendo substituída por atividades pecuárias e florestais, afetando a disponibilidade hídrica (Farias et al., 2021). A região apresenta condições edafoclimáticas favoráveis à agricultura, com temperatura média de 24,5 °C e chuvas bem distribuídas (Brito Junior & Silva, 2023). Entretanto, há uma tendência preocupante de diminuição do fluxo de água, particularmente dos fluxos mínimos, destacando a necessidade de uma gestão adequada das bacias hidrográficas (Farias et al., 2020).

A região tem sofrido ocupação de forma efetiva desde a chegada dos portugueses, período em que a exploração da Mata Atlântica por meio da extração de madeira era intensa. No início do século XIX, no entanto, ocorreram as primeiras mudanças na região a partir da 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).

Diversas medidas governamentais foram efetivadas entre as décadas de 1960 e 1970, 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. A partir destas iniciativas governamentais 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 se desenvolver, propiciando 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 (Leonel, 2016; Malina, 2013).

A expansão das atividades agroindustriais e florestais propiciou a valorização desta região e sua inserção no cenário econômico nacional e internacional, fomentando a modernização, industrialização e crescimento populacional.

Atualmente, existe um grande número de culturas agrícolas irrigadas na região, a saber: melancia, mamão, cacau, maracujá e café, o que gera uma grande demanda pelos recursos hídricos e, conseqüentemente, criando vários conflitos pelo uso da água no território.

Diante desse cenário, em 2009, foi instituído o comitê das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu na região de planejamento e gestão das águas III (RPGA III), através do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH) pela resolução n. 63/2009 (Bahia, 2009), que tem por finalidade assegurar o acesso da água das bacias a todos indivíduos evitando os conflitos de uso. Apesar da implementação da Lei n. 9.433/1997 significar um importante avanço na gestão dos recursos hídricos do país, ainda existem pontos que devem ser melhorados, principalmente no que diz respeito à análise da disponibilidade hídrica realizada para os processos de outorga, considerada como essencial para evitar conflitos de uso da água. Um dos pontos de fundamental importância para a eficácia desse processo é o conhecimento da produtividade hídrica que busca quantificar o retorno unitário obtido de cada unidade de volume de água utilizado na produção de determinado produto 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.

Os estudos analisam as mudanças no uso da terra e seus impactos no sul da Bahia, Brasil, de 1990 a 2018. Eles revelam uma redução significativa nas áreas de vegetação nativa, principalmente devido à expansão de plantações de eucalipto e pastagens (Farias et al., 2021 ; Farias et al., 2023). O cultivo de eucalipto aumentou em 471%, enquanto as florestas nativas e as áreas de pastagem/agricultura diminuíram em 44% e 15%, respectivamente (Medeiros et al., 2021). Essa transformação do uso da terra levou a alterações no comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, com uma diminuição notável nos fluxos mínimos de água (Farias et al., 2021). A expansão das plantações de eucalipto não resultou em benefícios socioeconômicos para a população local, contribuindo, em vez disso, para o aumento das taxas de criminalidade, concentração de terras, desigualdade social e êxodo rural (Medeiros et al., 2021). Os estudos enfatizam a necessidade de melhores práticas de gestão e políticas públicas para equilibrar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental na região (Farias et al., 2020 ; Farias et al., 2023).

Percebe-se também a ausência de instrumentos de gestão da água na região. Até a presente data as bacias do PIJ nem sequer tem

plano de bacias aprovado, o que torna ainda mais difícil a gestão dos recursos hídricos na região.

A principal forma de se caracterizar o escoamento de um corpo hídrico é por meio da determinação das vazões máximas, mínimas e médias de longa duração. Segundo Pruski, Silva e Koetz (2006), a disponibilidade de água na bacia hidrográfica deve ser avaliada por meio da análise das vazões mínimas de referência nos períodos de estiagem, o que reflete o potencial disponível para o uso da água neste rio para os mais variados fins. As vazões mínimas são caracterizadas pela sua duração e frequência associadas a um certo período de retorno (Sousa *et al.*, 2009).

As vazões de referência utilizadas na gestão dos recursos hídricos no Brasil são a Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$. Essas vazões são cruciais para determinar a disponibilidade e alocação de água (Ribeiro *et al.*, 2023). Q_{90} e Q_{95} representam vazões excedidas em 90% e 95% do tempo, respectivamente, enquanto $Q_{7,10}$ é a vazão mínima de 7 dias com um período de retorno de 10 anos (Cecílio *et al.*, 2018). Estudos têm mostrado que usar Q_{90} e Q_{95} em vez de $Q_{7,10}$ pode aumentar significativamente os volumes de água alocáveis (Ribeiro *et al.*, 2023).

A vazão média também permite caracterizar a viabilidade do rio para os mais variados usos, como por exemplo, para o seu potencial hidroelétrico. A vazão média anual é obtida por meio da média aritmética das vazões diárias registradas durante todo o ano. A vazão média de longos períodos refere-se à média das vazões anuais deste período estudado (Pruski, Silva e Koetz, 2006). Esses fluxos de referência são cruciais para o planejamento, alocação e projeto hidráulico de recursos hídricos.

Uma das ferramentas de gestão criadas pela Lei das Águas é a outorga de uso, instrumento pelo qual o órgão público concede, à pessoa física ou jurídica, autorização para uso de recurso hídrico nas suas mais diversas formas. Para iniciar um processo de outorga é necessário o levantamento de duas grandezas fundamentais: a disponibilidade hídrica (oferta) e a demanda. A demanda pode ser definida mediante o cadastramento das necessidades do usuário. A oferta, entretanto, é estimada por meio da avaliação do regime hidrológico da bacia hidrográfica, desta forma, o conhecimento da disponibilidade hídrica é a informação básica para a tomada de decisão no processo de outorga (Gonçalves *et al.*, 2021).

Todo o conhecimento depende da existência de dados. Não obstante, a hidrologia é, prioritariamente, pautada em dados quantitativos provenientes das estações de monitoramento. Todavia, a quantidade insuficiente destas estações

fluviométricas e pluviométricas tornam as informações hidrológicas escassas. Em países como o Brasil, cujas dimensões são continentais, uma rede hidrométrica dificilmente abrangerá todas as áreas de interesse necessários ao gerenciamento dos recursos hídricos de uma região. Assim, devido aos altos custos de implantação e manutenção da rede hidrométrica torna-se importante a otimização das informações disponíveis.

Métodos de regionalização podem ser empregados para estimar essas vazões de referência em bacias não-medidas, com o método Eletrobras (1985a) mostrando bons resultados para $Q_{7,10}$ e Q_{90} . Técnicas de análise espacial e regionalização podem ajudar a lidar com a escassez de dados de vazão, com modelos de potência demonstrando excelentes resultados para estimativa de Q_{95} (Maciel *et al.*, 2019). A técnica de regionalização surge como uma alternativa para a obtenção de informações hidrológicas em locais sem ou com poucos dados, baseando-se na similaridade espacial de algumas funções, variáveis e parâmetros que permitem a transferência de informações das estações pluviométricas ou fluviométricas (Tucci, 2013). Essa transferência abrange diretamente as séries de vazões. Desse modo, o principal objetivo da regionalização de vazões é suprir a carência de informações hidrológicas em locais com pouca ou nenhuma disponibilidade de dados, sendo portanto, considerada uma ferramenta de grande importância para o gerenciamento de recursos hídricos (Barros *et al.*, 2019; Maciel *et al.*, 2019). Diversos métodos são aplicados, como o Método Tradicional, que identifica equações hidrológicamente eficientes e ajustadas de regressão (Maciel *et al.*, 2019). Este método é particularmente importante para estimar vazões máximas, cruciais para mitigação de inundações (Barbosa *et al.*, 2019).

A regionalização demanda de dados de estações fluviométricas válidas. Todavia, sempre existirão lacunas temporais e espaciais que deverão ser preenchidas com base em metodologias apropriadas. No Brasil, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, existe, em média, uma estação fluviométrica para cada 2013 km² (ANA, 2003). Além disso, esta densidade de estações não é uniforme no Brasil com algumas bacias dispondo de pouquíssimas estações. Neste sentido, foi proposta a regionalização conjunta de vazões, onde, foi considerado que as estações de três bacias vizinhas era parte do mesmo rio. Tal metodologia inédita baseia-se na semelhança das bacias, tendo em vistas que são rios presentes no mesmo bioma, com

regime de chuvas e fatores morfológicos semelhantes.

O método tradicional para regionalização de vazão, conforme descrito pela Eletrobrás (1985), envolve a identificação de regiões hidrologicamente homogêneas e o ajuste de equações de regressão entre diferentes variáveis (Maciel *et al.*, 2019; Gonçalves *et al.*, 2018). Essa abordagem é amplamente utilizada para lidar com a escassez de dados hidrométricos e inconsistências em séries históricas (Maciel *et al.*, 2019). O processo normalmente inclui a análise da permanência do fluxo, como Q_{95} ou Q_{90} , e o emprego de métodos estatísticos para agrupar estações em regiões homogêneas (Maciel *et al.*, 2019; Gonçalves *et al.*, 2018; Mello *et al.*, 2020). Modelos de regressão linear múltipla são comumente usados, incorporando variáveis como área de drenagem e precipitação média anual (Mello *et al.*, 2020). Embora os métodos tradicionais continuem prevalecendo, novas tecnologias, como abordagens geoestatísticas, sensoriamento remoto e técnicas de aprendizado de máquina, estão surgindo, oferecendo potenciais melhorias no desempenho. Esses métodos avançados podem incorporar mais características físicas da bacia, potencialmente produzindo melhores resultados do que a regressão linear múltipla (Duarte *et al.*, 2024).

Pesquisas sobre regionalização de vazão destacam consistentemente a importância da área de drenagem como uma variável-chave para estimar vazões em bacias não-medidas. Estudos em várias bacias hidrográficas brasileiras, incluindo Rio Grande (Garcia *et al.*, 2023), Piquiri (Araujo *et al.*, 2018), Mearim (Mello *et al.*, 2020) e Itapemirim (Cecílio *et al.*, 2018), demonstraram fortes correlações entre área de drenagem e características de vazão. Outras variáveis físicas e climáticas significativas incluem comprimento do rio, densidade de drenagem e precipitação média anual.

Além disso, para Tucci (2005), o modelo deve ser ajustado com o menor número de variáveis possível, uma vez que a adição de qualquer variável acarretará em alteração dos coeficientes de ajuste utilizados. Uma grande quantidade de variáveis faz o modelo complexo, dificultando ou inviabilizando a sua aplicação de forma sistêmica.

Neste sentido, este trabalho buscou suprir a demanda por dados na região através da regionalização hidrológica pelo método tradicional de forma conjunta, ou seja, utilizando dados das estações dos três rios como se fossem uma única bacia, para obter as vazões regionalizadas para os rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.

Material e métodos

Localização e Caracterização da Área Experimental

As bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, objeto de estudo deste trabalho, estão situadas na região do extremo sul da Bahia e no leste de Minas Gerais, abrangendo uma área total de aproximadamente 17.938 km². As áreas de drenagem das bacias são divididas em 5.603 km² para o rio Peruípe, 6.379 km² para o rio Itanhém e 5.956 km² para o rio Jucuruçu (Bahia, 2016).

Essas bacias hidrográficas atravessam 15 municípios no estado da Bahia, que incluem Mucuri, Nova Viçosa, Ibirapuã, Caravelas, Lajedão, Alcobaça, Teixeira de Freitas, Medeiros Neto, Itanhém, Vereda, Itamaraju, Jucuruçu, Prado, Itabela e Guaratinga. No estado de Minas Gerais, as bacias abrangem nove municípios: Palmópolis, Santa Helena de Minas, Bertópolis, Machacalis, Umburatiba, Rio Prado, Felisburgo, Fronteira dos Vales e Rubim (Bahia, 2009).

O clima predominante na área é tropical úmido no litoral e tropical subúmido no interior. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.100 mm, e as temperaturas médias variam entre 23 °C e 27 °C (Bahia, 2016). A vegetação original da região integra o bioma Mata Atlântica, caracterizado pela predominância de florestas ombrófila densa e estacional semidecidual. A Figura 1 ilustra a área de estudo, destacando as bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, além da localização das estações fluviométricas que foram utilizadas para a coleta e análise dos dados hidrológicos.

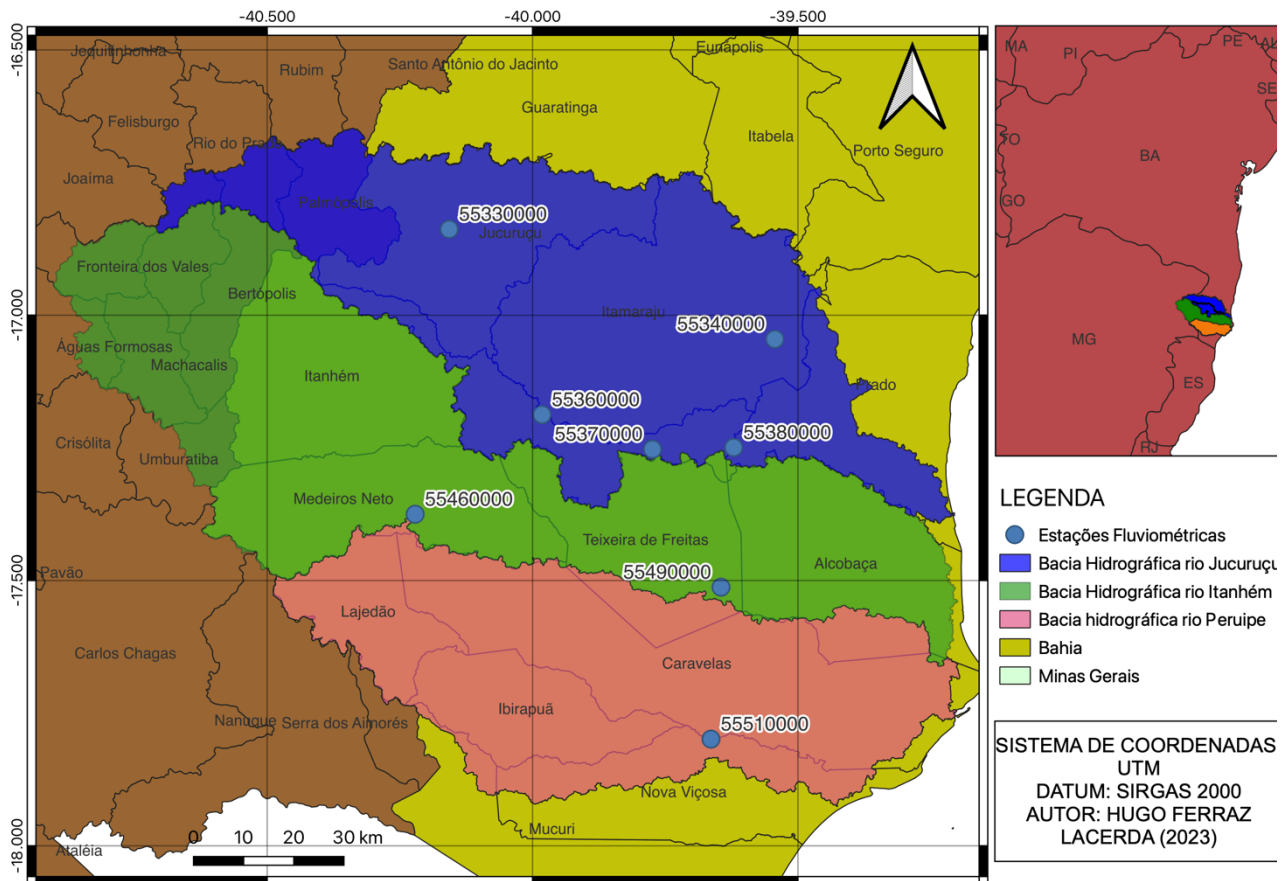


Figura 1. Área das bacias hidrográficas e estações fluviométricas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.

Variáveis Ambientais

A pesquisa foi pautada nas áreas de geoprocessamento e tecnologias da informação, políticas públicas, gestão ambiental, hidrologia, entre outros, envolvendo etapas de coleta de dados (imagens e informações fluviométricas da bacia); criação do banco de dados; criação do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC) e, por fim, a regionalização das vazões média, máxima e mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}).

Para obter as características das bacias, foram utilizadas imagens oriundas de um projeto denominado *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), um projeto colaborativo internacional da Agência Espacial Americana (NASA) e a Agência Espacial Japonesa (NGA) que realizou uma varredura de 80% da superfície terrestre (entre as latitudes 60 °N e 54 °S) de 11 a 22 de fevereiro de 2000 (USGS, 2005). As imagens SRTM, portanto, tratam de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) que representam as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações. Para a delimitação da bacia, foram utilizadas imagens MDE SRTM 1 Arc Second com

resolução espacial de 30 metros encontrados no site da USGS. Porém, para que o MDE represente de forma ideal os processos superficiais do escoamento superficial foi necessária a obtenção do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), que realiza todos os processos de escoamento superficial de forma fidedigna a escala real, através de etapas realizadas no Sistema de Informações Geográficas. Os dados de informações vetoriais da hidrografia, por sua vez, foram importados no sítio eletrônico da ANA (ANA, 2015).

Para a consecução do modelo com as características da bacia foi usado o software gratuito e livre QuantumGIS, atualmente chamado de QGIS (QGIS, 2016), um sistema de informação geográfica licenciado sob a General PublicLicense (GNU). Através do pacote de ferramentas disponíveis no QGIS foi possível obter o MDEHC, bem como os valores de área de drenagem, perímetro, comprimento da calha principal e da rede de drenagem para cada estação fluviométrica analisada.

A caracterização hidrológica das bacias se deu por meio análise de semelhança entre as três bacias. Para isto foram usados parâmetros morfométricos, tais como, o coeficiente de

compacidade, o fator de forma da bacia e a densidade de drenagem. Em relação aos parâmetros morfométricos o coeficiente da compacidade (K_c), diz respeito à relação entre o perímetro (P) e a raiz da área da bacia (A), quanto mais irregular for a bacia, maior o coeficiente de compacidade e menos sujeita a enchentes ela será. O Fator de Forma (K_f) deve ser utilizado na comparação de bacias de áreas semelhantes, é também um indicativo da possibilidade de enchentes: uma bacia de fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma mais elevado. A densidade de drenagem (D_d) diz respeito à relação entre o comprimento total da rede de drenagem (R) e a área da bacia (A) e é dada em km^{-1} sendo classificada em classes de intervalos de drenagem (Fritzsos e Mantovani, 2010).

Além disso, por meio dos dados de Farias (2020), foi feita a análise da precipitação anual de cada bacia hidrográfica. Outra análise de semelhança utilizou dos perfis longitudinais das calhas de drenagem dos rios que apresentam a declividade de cada corpo hídrico. A partir desta caracterização, uma vez encontrados parâmetros que revelam a semelhança entre as bacias, é tomada a decisão de prosseguir com a regionalização única para as três bacias ou de buscar outras formas de dividir a área em regiões homogêneas. Neste sentido a regionalização conjunta se tornou a melhor opção, uma vez comprovada a semelhança entre as bacias. Além disso, para o rio Peruípe seria impossível obter uma equação por contar apenas com uma estação fluviométrica com série válida, para o Itanhém também fica bastante limitada uma regionalização por contar com somente duas estações.

Os dados das séries históricas de vazão das estações fluviométricas disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) por meio da

ferramenta Hidroweb foram processados por meio do software SisCAH (Sousa et al., 2009) a fim de obter as vazões mínimas de referência $Q_7,10$, Q_{90} e Q_{95} , vazões médias e máximas para os tempos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100 e 500 anos. Os dados brutos da ANA passaram por uma etapa de pré-processamento onde foram definidos o início do ano hidrológico característico das bacias hidrográficas e o percentual de falhas aceitável, convencionado em até 1% em um ano. Uma vez configurado o ano hidrológico e descartados os anos com falhas, foram determinadas as vazões.

Por meio da ferramenta de análise estatística do módulo para estimativas de vazões do SisCAH foi possível verificar qual o tipo de distribuição probabilística mais se encaixa a cada tipo de evento analisado. Tendo em vistas a obtenção de resultados mais homogêneos que facilitam na consecução das equações de regionalização optou-se por escolher o tipo de distribuição que mais se repete entre as estações dentro da região homogênea para cada tipo de vazão analisado.

A Figura 2 apresenta a bacia do Jucuruçu bem como a localização das estações fluviométricas da bacia. Como se pode ver, as estações estão concentradas nos dois afluentes do rio, não há estações após a junção dos afluentes, assim, em busca de se obter os melhores ajustes e resultados mais práticos para o usuário final, foi definido que o afluente sul, chamado popularmente de "braço sul" do Jucuruçu seria calculado como um rio a parte, enquanto o afluente norte, pelo fato de ser aquele que apresenta maior extensão, como mostrado na imagem, fosse calculado juntamente com a parte final da calha resultante da junção dos dois tributários do rio como um outro rio. Cabe ressaltar, portanto, que toda a área da bacia do tributário sul do Jucuruçu está compreendida dentro da área da bacia do tributário norte do rio.

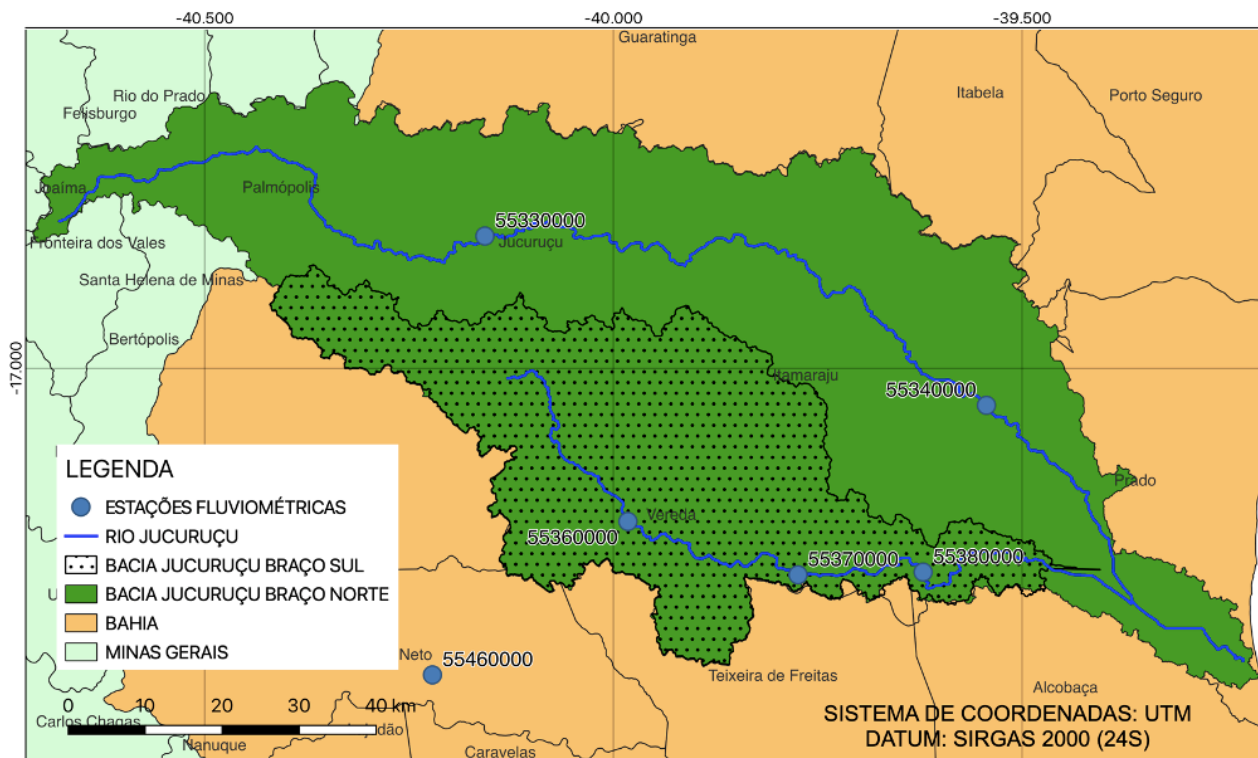


Figura 2. Bacia hidrográfica do Jucuruçu evidenciando os afluentes norte e sul do rio.

Todos os processos de discretização das áreas de drenagem foram realizados para quatro rios, a saber: Jucuruçu norte, Jucuruçu sul, Itanhém e Peruípe. Além disso, visando estimar vazões espacializadas na bacia hidrográfica, foram calculados valores de Área de drenagem, perímetro, comprimento da calha principal e da rede de drenagem em pontos localizados a cada quilômetro ao longo dos quatro rios principais. Essa atividade envolve um grande número de procedimentos, neste sentido, Carvalho (2017) e Marinho (2022) desenvolveram modelos no ambiente do *Model Builder* (ArcGis 10) para o cálculo automatizado dos valores de área de drenagem, perímetro e do comprimento do rio principal e rede de drenagem para cada trecho da hidrografia.

O presente trabalho buscou unir os modelos dos dois autores para criar um único algoritmo de discretização dos rios. A aplicação consiste em criar previamente um arquivo de pontos distribuídos ao longo do trecho para a qual se pretende determinar as áreas de drenagem. O modelo criado inicia um processo iterativo de geração de arquivos do tipo vetor para a área de drenagem, a rede de drenagem e a calha principal do rio a partir de cada ponto. Com estes arquivos gerados iterativamente em mãos, era aplicada a

ferramenta *dissolve* para unir todos os arquivos de área de drenagem em um só, para que, por meio dele fosse possível acessar a tabela de atributos e calcular os valores de área e perímetro. O mesmo foi feito com os arquivos de rede de drenagem para cálculo do comprimento total para cada ponto e para o arquivo com os trechos da calha principal. Dessa forma foi gerada uma tabela, contendo os dados organizados de maneira crescente, que relaciona as variáveis para cada ponto.

A etapa da regionalização que envolve a identificação de regiões hidrologicamente homogêneas possui certo grau de subjetividade (Calegario *et al*, 2020). De fato, a seleção da região homogênea para estimativas de vazões nas bacias se deu partindo do pressuposto de que tal região possui características climáticas semelhantes.

Segundo Carvalho (2017), modelos com menor número de variáveis possibilitam a obtenção de vazões de forma mais rápida, uma vez que dispensa necessidade de aplicar variadas metodologias de geoprocessamento ou de buscar variáveis de difícil obtenção e compreensão técnica. A Tabela 1 apresenta as oito estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu conforme foi mostrado também na Figura 1.

Tabela 1. Estações fluviométricas pertencentes às bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu.

Código	ID	Nome	Lat	Long	Início mês/ano	Fim mês/ano
55330000	JU1	Jucuruçu	-16,8381	-40,1572	jun/1981	dez/2022
55340000	JU2	Itamaraju	-17,0453	-39,5436	jun/1954	dez/2022
55360000	JU3	São José do Prado	-17,1875	-39,9822	ago/1954	dez/2022
55370000	JU4	Cachoeira Grande	-17,2528	-39,7742	dez/1965	dez/2022
55380000	JU5	Fazenda Rio do Sul	-17,2494	-39,6211	set/1968	dez/2022
55460000	IT1	Medeiros Neto	-17,3753	-40,2214	nov/1952	dez/2022
55490000	IT2	Fazenda Cascata	-17,5128	-39,6450	nov/1966	dez/2022
55510000	PE1	Helvécia	-17,7992	-39,6639	jan/1975	dez/2022

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.

Para a regionalização das vazões média, máxima e mínimas de referências foi utilizada a metodologia proposta por Eletrobrás (1985), que utiliza equações de regressão aplicadas a regiões hidrologicamente homogêneas. Foram consideradas como variáveis físicas no estudo de regionalização: a área de contribuição (A); o perímetro da bacia de contribuição (P); o comprimento do rio principal (C) e comprimento da rede de drenagem (R) obtidas através do MDEHC. Como variáveis hidrológicas foram consideradas somente as vazões para cada caso (vazões mínimas de referência $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} , vazões médias e máximas para os tempos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100 e 500 anos) por meio do SisCAH.

O caráter inovador do presente trabalho reside também no fato da técnica de regionalização ter sido aplicada na busca de encontrar equações únicas para descrever o comportamento de vazões em três bacias hidrográficas vizinhas, adotando como região homogênea as três bacias. A semelhança destas regiões foi analisada por meio do estudo dos dados pluviométricos realizado por Farias (2020); pela análise dos perfis longitudinais desenvolvidos pela Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, Saneamento e Habitação (SERHSH) no Plano diretor de recursos hídricos (PDRH) das Bacias hidrográficas do extremo sul (Bahia, 1997) além das características morfométricas, climáticas e de cobertura vegetal da região.

Em última análise, a determinação das regiões homogêneas foi feita de forma prática, mediante a análise do comportamento das equações do software SisCoRv. Dessa forma, foram inseridas no SisCoRv as características físicas correspondentes às diferentes estações fluviométricas pertencentes a uma mesma região homogênea bem como as vazões oriundas do SisCAH. Neste cálculo, foi aplicado o método tradicional de regionalização para obtenção das equações de regressão regionais para os modelos:

Linear, Potencial, Exponencial, Logarítmico e Recíproco (Naghetini e Pinto, 2007). Para fins de verificação do ajuste de determinado modelo aos dados, foram adotados o coeficiente de determinação ajustado (R^2a) (Equação 1) e o Erro-padrão da estimativa (EP) (Equação 2).

$$R^2a = 1 - \frac{n-1}{[n-(k+1)]} (1 - R^2) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$EP = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que n corresponde ao tamanho da amostra; k é o número de variáveis independentes; σ corresponde ao desvio padrão da amostra e R^2 o coeficiente de determinação da amostra. Os melhores modelos resultantes da aplicação da regressão múltipla foram selecionados.

De posse dos dados de área de drenagem, de perímetro das áreas de contribuição e comprimento da calha principal e da rede de drenagem para cada 1 km de seção e das equações de regionalização ajustadas foi possível estimar vazões médias, mínimas e máximas para toda extensão do rio principal das diferentes bacias consideradas neste trabalho.

Como ferramenta de análise dos resultados, foram construídas tabelas, por meio de planilhas digitais, para aplicação de todas as equações referentes a cada ponto definido em cada 1 km. Desse modo, foram construídos gráficos de vazão versus comprimento da calha principal para demonstrar o comportamento das vazões calculadas ao longo de todo o rio. Assim, foi possível analisar se as equações de regionalização descrevem satisfatoriamente o comportamento das vazões ao longo do rio.

Visando auxiliar a gestão dos recursos hídricos, os dados encontrados serão disponibilizados em sistema computacional desenvolvido em conjunto entre a Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em

linguagem Java, disponível para usuários do sistema Android. A aplicação foi desenvolvida na IDE do *Android Studio* que é o ambiente de desenvolvimento integrado a plataforma Android, no qual foi utilizado um grupo de recursos de desenvolvimento e códigos com gravação prévia do Google Maps e as bibliotecas *Android Volley* e *Collor-Picker*. Esses recursos são responsáveis respectivamente pela manipulação dos mapas, pelas conexões com a internet e por opções de personalização de interface. O sistema Android foi definido inicialmente por representar o maior número de usuários.

Basicamente, os dados de entrada para a disponibilização no aplicativo são planilhas contendo, para cada ponto de 1 km da calha principal, área, perímetro, comprimento do rio principal, comprimento da rede de drenagem e as vazões mínimas, médias e máximas. Ao inserir uma coordenada, esta ferramenta considera o ponto da seção de 1 km da calha principal mais próximo e considera então os dados fisiográficos deste ponto da seção do rio para calcular a vazão, assim, usuários com pouco ou nenhum conhecimento sobre as técnicas de regionalização podem facilmente ter acesso aos dados espacializados por todo o território do estudo.

Resultados e discussão

Para fins de verificação da semelhança entre as bacias, Farias (2020) realizou a análise dos dados pluviométricos de 22 das 57 estações pluviométricas da região. A precipitação anual média das estações analisadas é de 1.032,66 mm. A análise de cada estação demonstrou a influência marítima e continental no regime pluviométrico das bacias hidrográficas estudadas, uma vez que as estações localizadas mais distantes da costa 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 (Farias, 2020). Marciano, Barbosa e Silva (2018) relatam a dificuldade de 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. Neste sentido, a Tabela 2 apresenta parâmetros morfométricos e os valores de precipitação anual total de cada bacia hidrográfica.

É possível perceber a semelhança entre os valores de precipitação nas bacias, o que ressalta a característica homogênea dos rios. Todavia, a bacia hidrográfica do rio Peruípe apresentou um valor ligeiramente superior pelos polígonos de Thiessen. Esse fato pode ser melhor compreendido através da

análise da distribuição espacial de suas estações, pois 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 (Farias, 2020). Tendo em vistas que as estações da bacia do Peruípe estão localizadas mais próximas à costa, é natural que apresentem média de precipitação maior.

Tabela 2. Parâmetros morfométricos e precipitação anual de cada bacia hidrográfica.

Bacia	Área (km ²)	Kc	Kf	Dd	Precipitação Total Anual (mm ± dv)
Jucuruçu	5.954,81	2,40	0,21	1,08	1.022,36 ± 318,07
Itanhém	6.360,07	2,61	0,17	1,11	1.055,26 ± 130,88
Peruípe	4.667,27	2,10	0,25	1,16	1.070,66 ± 349,80

Em que: Kc: Coeficiente de compacidade; Kf: Fator de Forma; Dd: Densidade de drenagem.

Analizando os resultados dos parâmetros morfométricos, as bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu possuem forma estreita e alongada, de acordo com os valores do Kc e Kf elas possuem baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação (Farias, 2020). Em relação à Densidade de Drenagem as três bacias são caracterizadas na mesma faixa, como bacias com drenagem regular, a saber: $0,5 \leq Dd \leq 1,5 \text{ km}^{-1}$ (Villela & Mattos, 1975). Neste sentido, de maneira geral, os parâmetros morfométricos descrevem bacias com comportamento semelhante.

Outra análise possível para verificar a semelhança entre as características das bacias é a dos perfis longitudinais das calhas principais dos rios (Figura 3). De acordo com Farias (2020), as bacias apresentaram alta declividade, sendo classificadas entre relevo ondulado a forte ondulado, enquanto a bacia do rio Peruípe possui relevo predominantemente plano.

Apesar do rio Jucuruçu apresentar uma maior altitude a montante, o traçado do perfil dos rios apresenta características semelhantes. Acompanhando a partir da foz, as três calhas têm uma região plana com comprimento medindo cerca de 100 km e, em seguida elevam a cota até 200 m de altitude. Os rios Itanhém e Jucuruçu apresentam comprimento semelhante e maior que o rio Peruípe.

Por meio das imagens SRTM foram construídos os Modelos Digitais de Elevação Hidrológicamente Consistentes (MDEHC) que representassem cada estação fluviométrica estudada. A partir destes dados foi possível fazer a

delimitação das áreas de drenagem e perímetros das bacias de contribuição e do comprimento da calha principal do rio para cada estação. A Figura 4 apresenta o mapa das áreas de contribuição de cada estação.

A análise apresentada na Figura 3 revela que o rio Jucuruçu concentra o maior número de estações fluviométricas em comparação com os demais rios da região estudada. Foram analisadas

duas áreas de drenagem no afluente norte do rio Jucuruçu (JU1 e JU2) e três áreas no afluente sul (JU3, JU4 e JU5). Para o rio Itanhém, foram delimitadas duas áreas de drenagem principais (IT1 e IT2), enquanto o rio Peruípe dispõe de apenas uma área de estudo (PE1). Os dados fisiográficos associados a cada estação fluviométrica encontram-se detalhados na Tabela 3.

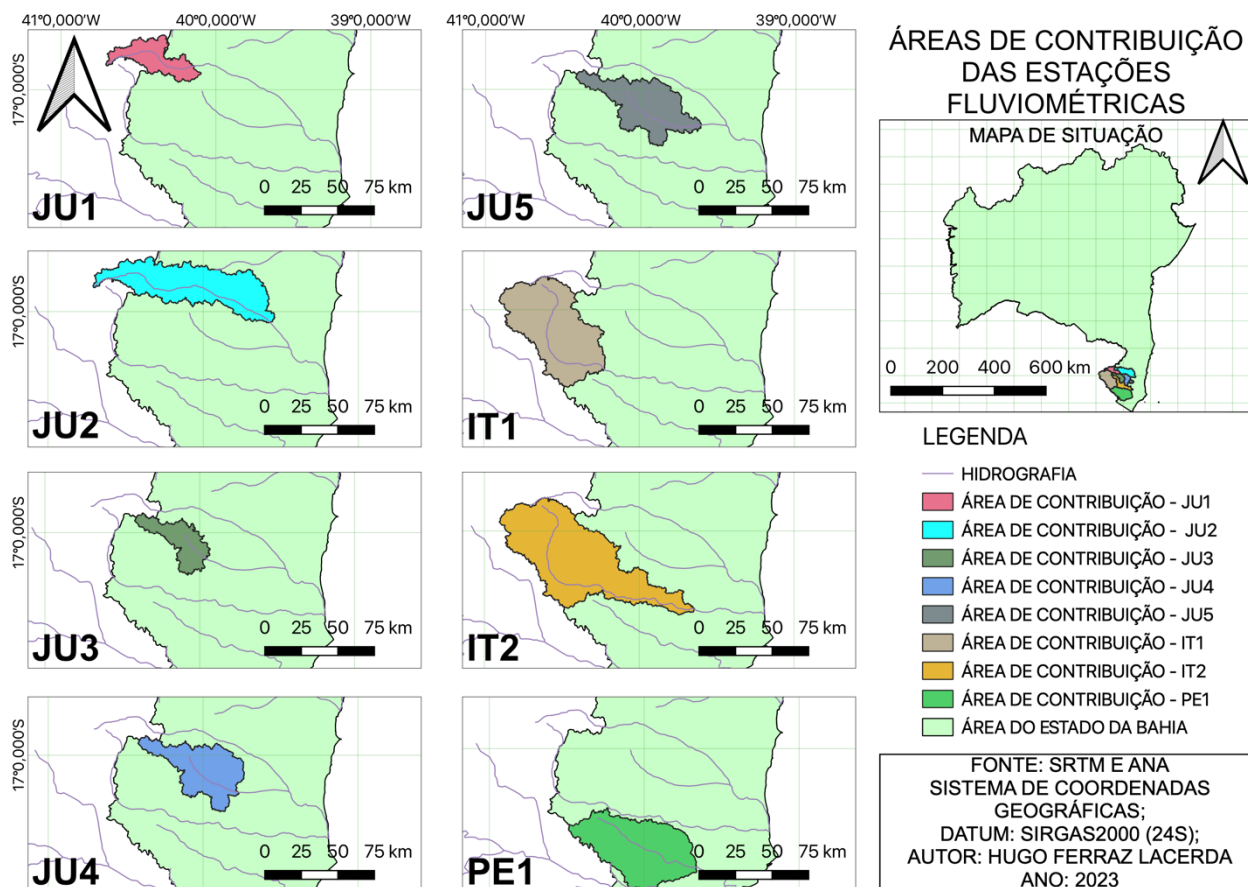


Figura 3. Áreas de contribuição das estações fluviométricas.

Tabela 3. Dados fisiográficos das estações fluviométricas

Estação	ID	Bacia	A (km ²)	P (km)	C (km)	R (km)
55330000	JU1	Jucuruçu	921,62	260,75	82,68	245,11
55340000	JU2	Jucuruçu	2755,16	467,01	184,27	782,81
55360000	JU3	Jucuruçu	878,53	243,86	35,08	229,92
55370000	JU4	Jucuruçu	1800,75	320,51	67,02	499,06
55380000	JU5	Jucuruçu	1987,63	363,06	88,96	556,35
55460000	IT1	Itanhém	3234,82	376,05	124,54	912,90
55490000	IT2	Itanhém	4713,55	571,01	216,24	1350,80
55510000	PE1	Peruípe	2942,76	344,52	97,75	1039,77

Em que: A: Área de contribuição (km²); P: Perímetro da área de contribuição (km); C: Comprimento da calha principal do rio (km); R: Comprimento da rede de drenagem (km).

Para a vazão mínima de referência $Q_{7,10}$ a distribuição que obteve melhor resultado foi a LogPearson III, já para as vazões máximas foi possível perceber uma alteração do modelo em função do tempo de retorno adotado. A distribuição que representou melhor o comportamento das estações foi a Lognormal III, exceto para o tempo de retorno de 500 anos, onde a distribuição mais comum passou a ser a do tipo Gumbel. Isto se deve ao fato de que a distribuição de Gumbel é utilizada exclusivamente para estimativa de vazões máximas, dessa forma, quanto maior era o tempo de retorno mais estações passavam a se adequar melhor a esta distribuição.

A regionalização apresentada na Tabela 4 foi realizada no SisCoRv e é o resultado do teste da hipótese inicial que considera as três bacias do estudo como uma única região homogênea. Para testar esta hipótese foi considerado que um modelo apropriado deve apresentar $R^2a \geq 0,90$ e $EP \leq 1,5$ (Carvalho, 2017). Foi possível perceber que esta hipótese mostrou-se verdadeira tendo em vista que, com exceção da vazão média, que apresentou $R^2a = 0,88$, todas as outras vazões se encaixaram nestes parâmetros.

Tabela 4. Equações de Regionalização de vazões.

Vazão	Modelo	Equação	R^2 ajustado	Erro Padrão
Q_{90}	Exponencial	$Q_{90} = 0,18 * e^{-0,00067A+0,018P-0,0199C+0,00097R}$	0,90	0,16
Q_{95}	Exponencial	$Q_{95} = 0,082 * e^{-0,001A+0,0215P-0,022C+0,0016R}$	0,97	0,10
$Q_{7,10}$	Exponencial	$Q_{7,10} = 0,029 * e^{-0,0018A+0,0244P-0,022C+0,0034R}$	0,98	0,08
Q_{med}	Potencial	$Q_{med} = 4,587 * 10^{-6} * A^{0,58} * P^{3,05} * C^{-1,14} * R^{-0,29}$	0,88	0,18
Q_{max} Tr=5	Potencial	$Q_{max5} = 3,22 * 10^{-6} * A^{3,94} * P^{2,05} * C^{-0,71} * R^{-3,33}$	0,94	0,13
Q_{max} Tr=10	Potencial	$Q_{max10} = 3,36 * 10^{-6} * A^{3,81} * P^{2,136} * C^{-0,71} * R^{-3,22}$	0,95	0,14
Q_{max} Tr=20	Potencial	$Q_{max20} = 3,43 * 10^{-6} * A^{3,71} * P^{2,19} * C^{-0,72} * R^{-3,14}$	0,93	0,14
Q_{max} Tr=50	Potencial	$Q_{max50} = 3,48 * 10^{-6} * A^{3,62} * P^{2,256} * C^{-0,72} * R^{-3,07}$	0,93	0,15
Q_{max} Tr=100	Potencial	$Q_{max100} = 3,5 * 10^{-6} * A^{3,57} * P^{2,29} * C^{-0,73} * R^{-3,025}$	0,92	0,16
Q_{max} Tr=500	Potencial	$Q_{max500} = 6,75 * 10^{-6} * A^{3,39} * P^{2,326} * C^{-0,70} * R^{-2,90}$	0,94	0,14

Em que: A: Área de contribuição; P: Perímetro da área de contribuição; C: Comprimento da calha principal do rio; R: Comprimento da rede de drenagem.

Durante os testes para a consecução destas equações, foram utilizadas diferentes variáveis, percebendo por fim, que as equações apresentavam melhor resultado mediante o uso das quatro variáveis, a saber: área, perímetro, comprimento da calha principal e da rede de drenagem. Além disso, foi testada a possibilidade da utilização de menos variáveis, todavia, sem sucesso. As equações passaram a apresentar ajuste para as três bacias como única região homogênea somente com a utilização das quatro variáveis juntas.

Para as vazões médias e máximas, em todos os tempos de retorno, as estações JU2 e IT2 foram as que apresentaram maiores variações percentuais de vazão entre o valor medido e o valor calculado através da equação. Estas estações apresentam os maiores valores de vazão, neste sentido, é possível perceber que as equações encontradas para vazões médias e máximas tem melhor comportamento com vazões menores. Para as vazões de referência $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} , as variações entre os valores foi baixa, evidenciando a qualidade dos ajustes das equações. No geral, a maior variação percentual entre o valor do SisCAH e o

valor calculado foi de 20% para uma estação isoladamente, justamente na estação IT2 em uma das vazões médias, onde a equação de regionalização não obteve o $R^2a \geq 0,90$.

De posse das Equações de Regionalização e das características fisiográficas de cada trecho das bacias foi possível obter os dados de vazão da calha principal para qualquer ponto das bacias. Diante disso, foram construídas tabelas para aplicação de todas as equações referentes a cada ponto definido em cada 1 km e, consequentemente construídos gráficos de vazão versus comprimento da calha principal para demonstrar o comportamento das vazões calculadas ao longo de todo o rio.

Ao aplicar as equações de regionalização definidas apenas mediante critérios de ajustes estatísticos ($R^2a \geq 0,90$ e Erro Padrão $\leq 1,5$), a análise dos gráficos demonstrou um comportamento diferente do esperado. Muitas vazões se comportaram de forma decrescente em toda a extensão da calha principal do rio, o que seria impossível de ocorrer. Neste sentido, fica clara a necessidade desta etapa de aplicação das

equações, tendo em vista que a análise apenas dos parâmetros de ajuste estatístico, muitas vezes não é suficiente para definir se uma equação descreve satisfatoriamente o comportamento da vazão de cada rio.

Após a substituição das equações e obtenção de novos gráficos, foi possível analisar se as equações de regionalização descrevem

satisfatoriamente o comportamento das vazões ao longo dos rios. Para facilitar a compreensão sobre o comportamento dos quatro rios, a Figura 4 apresenta as vazões máximas para todos os tempos de retorno analisados na pesquisa em função do comprimento da calha principal do rio.

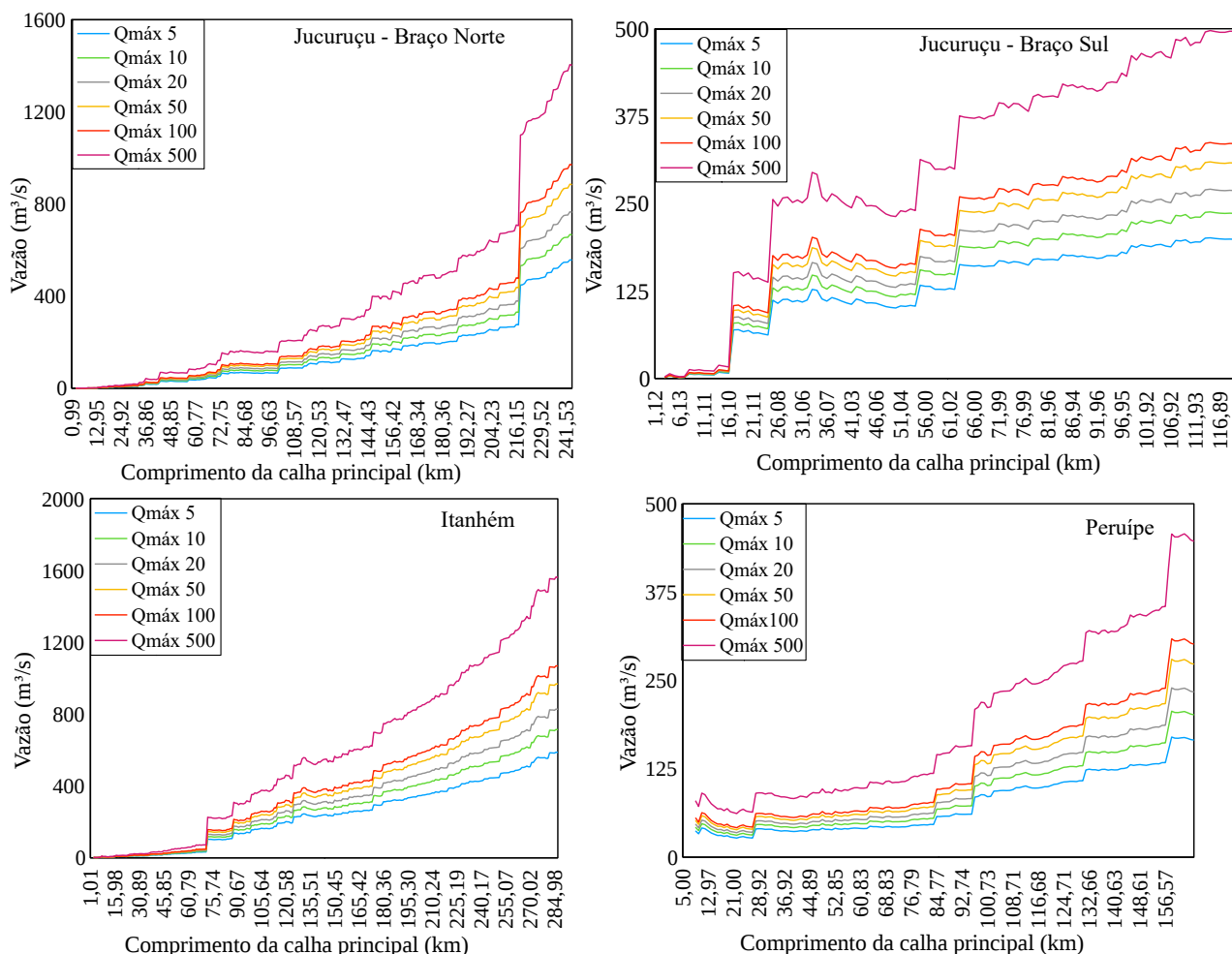


Figura 4. Comportamento das vazões máximas nos diferentes tempos de retorno em função do comprimento da calha principal do rio.

É possível verificar na Figura 5 o comportamento crescente da função potencial que descreve as vazões ao longo dos rios. Para o afluente norte do rio Jucuruçu, chama atenção o salto de todas as vazões máximas no ponto da junção com o tributário sul do Jucuruçu que ocorre em torno do ponto 216,15 km, comportamento esperado, tendo em vista o acréscimo do tributário de grande vazão. O afluente sul deste rio apresenta um curto intervalo entre os quilômetros 31,06 e 51,04 onde ocorre um comportamento decrescente das vazões, as causas para tal ocorrência podem ser diversas, entre elas a mais provável é a presença de captações de grande volume no trecho.

A Figura 5 apresenta o comportamento da vazão Q_{90} , principal vazão referência para a concessão de outorgas no estado da Bahia. Mais uma vez as vazões apresentaram o comportamento crescente esperado. Cabe ressaltar que para a Q_{90} , a função escolhida foi do tipo exponencial. Com exceção do tributário sul do Jucuruçu, todos os rios apresentaram comportamento bastante característico das funções exponenciais. O braço sul do Jucuruçu apresentou um declínio das vazões no mesmo intervalo onde ocorreu o decaimento das vazões máximas, o que reforça a hipótese da causa ser proveniente de um problema pontual do trecho em questão.

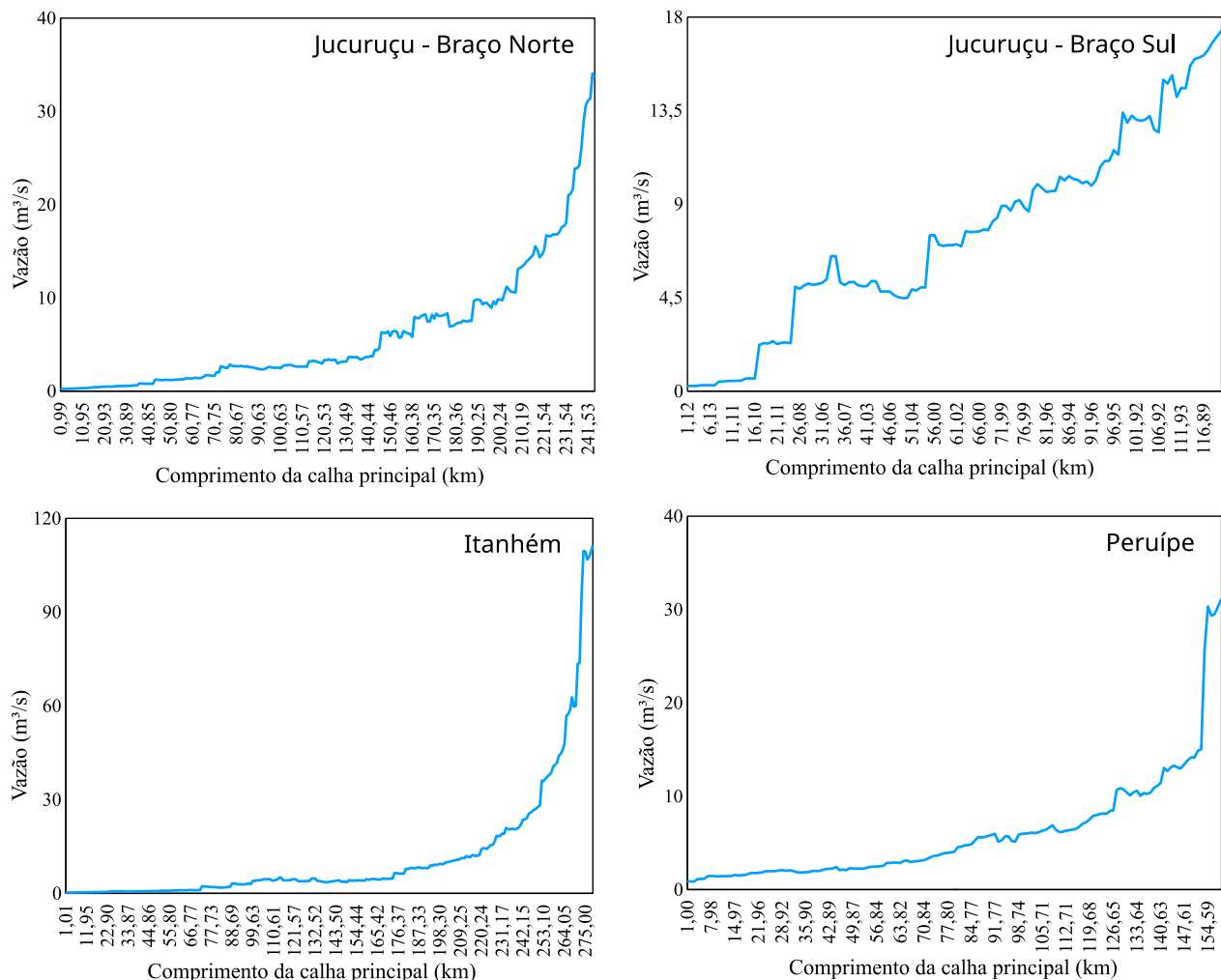


Figura 5. Comportamento das vazões Q_{90} em função do comprimento da calha principal do rio.

A Figura 6, por sua vez, apresenta o comportamento da vazão Q_{95} , principal vazão referência para a concessão de outorgas federais pela ANA (Agência Nacional de Águas). Sabendo que os rios Jucuruçu e Itanhém tem suas nascentes do estado de Minas Gerais, o órgão federal é o responsável pela concessão das outorgas nestes rios, entretanto, devido a um acordo entre a ANA e o INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia), as outorgas na porção baiana são administradas pelo órgão estadual. De modo geral, as vazões apresentam comportamento crescente esperado.

Assim como a Q_{90} , a Q_{95} é uma função exponencial, apresentando comportamento bastante característico deste tipo de função. No gráfico que descreve o tributário norte do Jucuruçu nota-se um decaimento da vazão no ponto de junção com o afluente sul. É provável que isto se deve ao índice negativo para a variável da área na equação escolhida para representar a Q_{95} , uma vez que neste ponto, a área tem um crescimento muito grande. Além disso, o afluente sul do Jucuruçu apresentou decréscimo das vazões no mesmo intervalo dos anteriores.

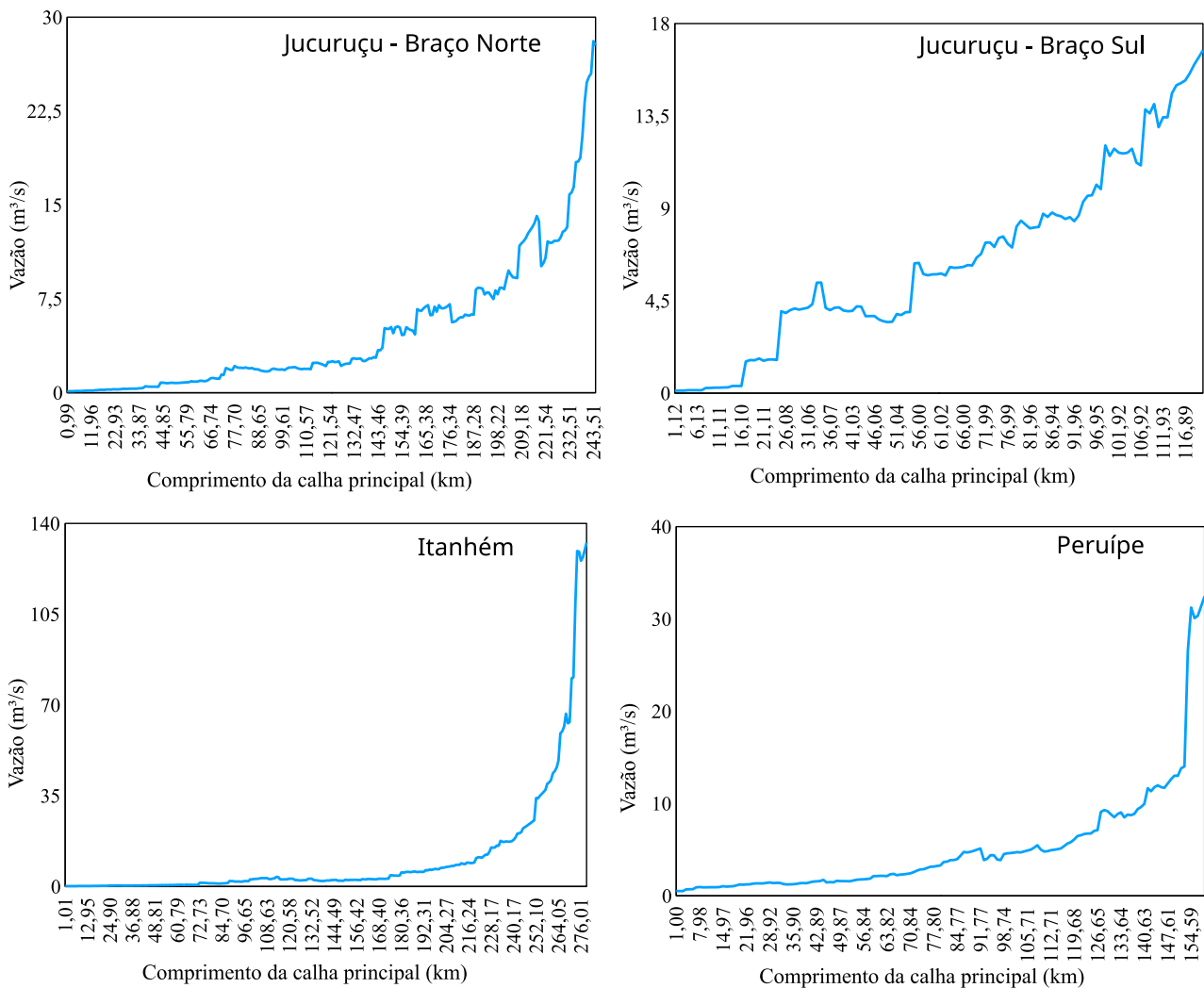


Figura 6. Comportamento das vazões Q_{95} em função do comprimento da calha principal do rio.

A $Q_{7,10}$ pode ser entendida como o "valor anual da média de 7 vazões diárias consecutivas que pode se repetir, em média, uma só vez a cada dez anos, ou seja, período de retorno de 10 anos" (Sperling, 2007). A vazão $Q_{7,10}$ é usada como parâmetro para a análise de outorgas no estado de Minas Gerais, neste sentido, as porções mineiras dos rios Jucuruçu e Itanhém poderão demandar deste parâmetro caso haja acordo entre os órgãos federal e estadual.

A análise dos gráficos (Figura 7) revela um comportamento crescente e exponencial, bastante evidenciado nos rios Itanhém e Peruípe. No

tributário sul do Jucuruçu houve a mesma zona de decréscimo das demais vazões de referência. Contudo, o tributário norte do Jucuruçu revela uma inconsistência considerável das vazões no ponto de junção com o tributário do sul. Nota-se uma queda acentuada, os valores do decréscimo de vazão são praticamente os mesmos (em torno de $5 \text{ m}^3/\text{s}$) do ocorrido na vazão Q_{95} . Cabe ressaltar que a $Q_{7,10}$ é mais indicada quando os usos exigem maiores garantias, uma vez que é considerado o parâmetro mais conservador, assim sendo, este parâmetro trabalha com vazões muito pequenas, o que dificulta um ajuste muito acurado das equações.

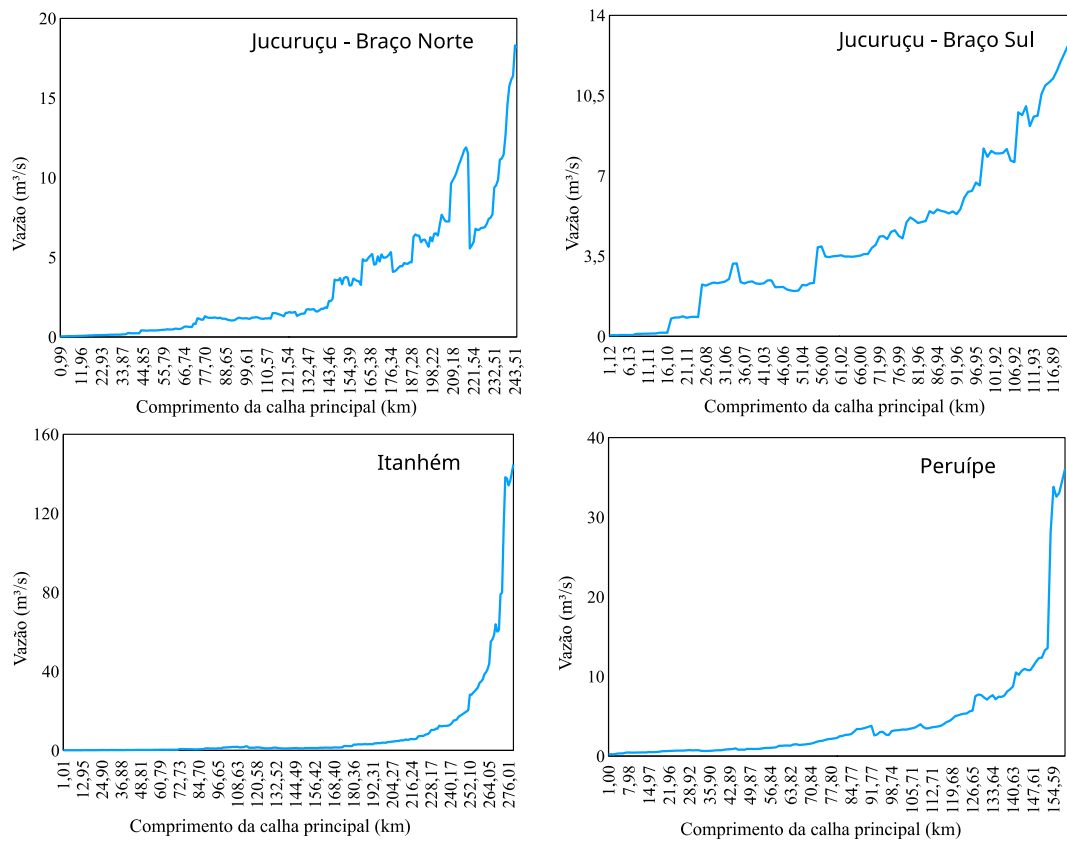


Figura 7. Comportamento das vazões $Q_{7,10}$ em função do comprimento da calha principal do rio.

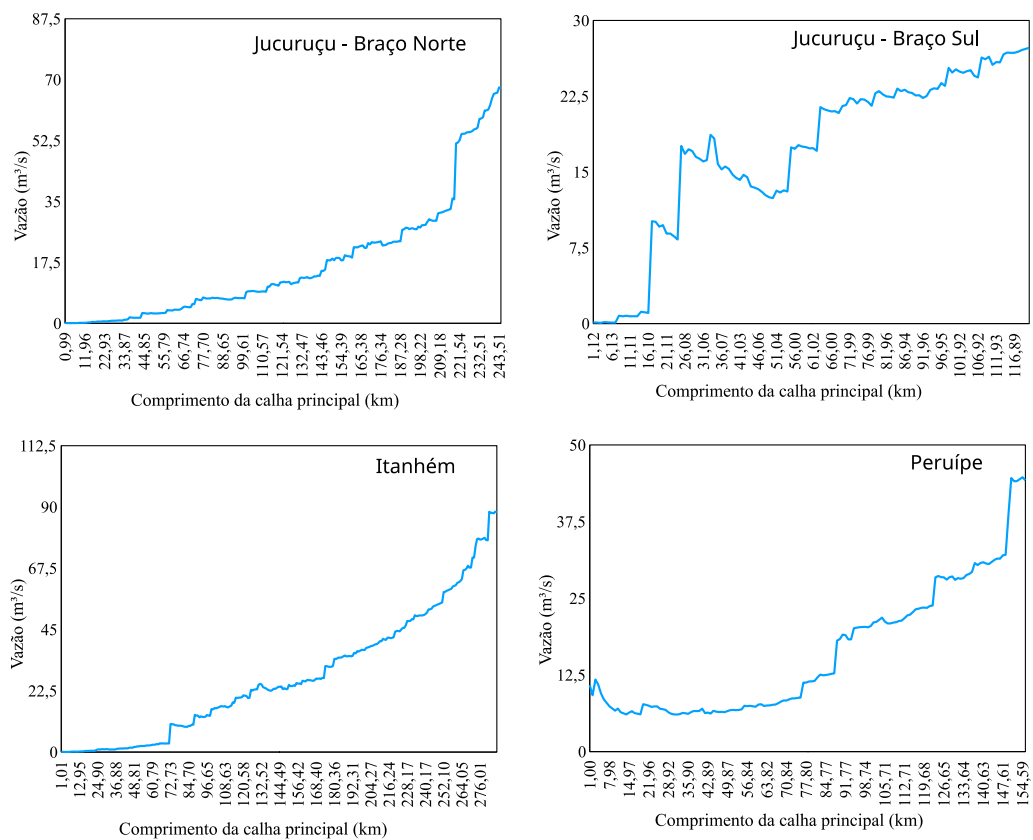


Figura 8. Comportamento das vazões médias em função do comprimento da calha principal do rio.

Na Figura 8, é possível verificar o comportamento das vazões médias que se relacionam ao potencial de regularização da vazão do rio. De modo geral, as vazões apresentam comportamento crescente esperado. Destaca-se um comportamento decrescente mais acentuado entre os quilômetros 31,06 e 51,04 para o tributário sul do Jucuruçu, além de um pequeno decaimento, do início até o quilômetro 14,97, nas vazões no rio Peruípe.

Algumas pequenas inconsistências foram observadas nas extremidades da calha dos rios, este problema pode ser explicado uma vez que as estações que serviam como base de dados para a definição das equações estão todas em pontos com valores intermediários de área, perímetro, calha principal e rede de drenagem. Portanto, as equações podem não funcionar muito bem para valores muito pequenos, ou extremamente elevados. Com relação ao tributário sul do rio Jucuruçu, onde houve uma zona inconsistente constante para todas as vazões, sugere-se a verificação das outorgas e das captações nesse trecho do rio. De modo geral, pequenos decréscimos de vazões são observados ao longo da calha dos quatro corpos hídricos. Isto se deve também ao fato de alguns dos índices das equações apresentarem valores negativos, neste sentido, a depender do arranjo das variáveis poderia ocorrer um pequeno decréscimo pontual. Tal problema pode ser facilmente resolvido na implementação do software, onde, o programa antes de mostrar o resultado da vazão pode procurar algum resultado maior a montante, e caso exista, apresentá-lo para este ponto em lugar do valor calculado.

Conclusões

O estudo atingiu o objetivo de desenvolver equações de regionalização das vazões para as bacias dos rios Itanhém, Peruípe e Jucuruçu, utilizando variáveis fisiográficas como área de drenagem, perímetro, e comprimentos da calha principal e da rede de drenagem. Os resultados demonstraram que é possível descrever o comportamento hidrológico de bacias vizinhas por meio de equações compartilhadas, validadas por testes estatísticos e pela análise gráfica do comportamento crescente das vazões ao longo da calha.

No entanto, identificaram-se dificuldades na representação das vazões de referência $Q_{7,10}$ e Q_{95} , especialmente no ponto de junção dos afluentes do rio Jucuruçu, o que destaca limitações da abordagem para essas condições específicas. Apesar disso, os resultados gerais indicam que as equações podem ser aplicadas com sucesso nas bacias estudadas, desde que sejam realizados

ajustes apropriados na implementação. Além disso, o estudo destacou a importância da plotagem de gráficos como etapa indispensável para a validação dos resultados. Mesmo com ajustes satisfatórios nos testes estatísticos, a análise gráfica revelou comportamentos inconsistentes, como valores decrescentes das vazões, evidenciando que os gráficos são fundamentais para corrigir e validar as equações obtidas.

O estudo também evidenciou que a metodologia utilizada é viável para regionalizar vazões em bacias semelhantes, demonstrando potencial para aplicação em outros contextos, com adaptações pontuais conforme necessário. Em relação às pesquisas futuras, sugere-se expandir o estudo para outras bacias hidrográficas baianas, buscando desenvolver equações de regionalização adaptadas a diferentes contextos hidrológicos. Além disso, propõe-se a definição de parâmetros exatos de similaridade entre bacias hidrográficas, com o objetivo de viabilizar a regionalização conjunta de vazões para bacias que compartilhem características semelhantes, mesmo que não sejam vizinhas geograficamente.

Referências

- Almeida, T. M., Moreau, A. M. S. S., Moreau, M. S., Pires, M. M., Fontes, E. O., & Góes, L. M. (2008). Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. *Sociedade e Natureza*.
- ANA (2003). *Aspectos Gerais Da Região: Diagnóstico Da Bacia*.
- ANA (2015). *Widroweb – Sistema de Informações Hidrológicas*.
- Bahia (2016). *Plano Territorial de Desenvolvimento Sustentável E Solidário Do Extremo Sul- Bahia*. Secretaria de Planejamento- SEPLAN.
- Bahia. (2009) *Resolução CONERH N 63, de 26 de Novembro de 2009*. Conselho Estadual de Recursos Hídricos.
- Brasil (1997). *Lei N. 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos*.
- Calegario, A. T., Pruski, F. F., Ribeiro, R. B., Ramos, M. C. A., & Rego, F. S. (2020). *Physical analysis of regionalized flow as an aid in the identification of hydrologically homogeneous regions*. *Engenharia Agrícola*, 40(3), 334–343. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v40n3p334-343/2020>
- Carvalho, S. R. de (2017). *Regionalização de Vazões Para a Parte Baiana da Bacia*

- Hidrográfica do Rio Pardo*. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- Cecílio, R. A., Zanetti, S. S., Cruz, A., & Cecília Neves Catrinck. (2018). Avaliação de métodos para regionalização das vazões mínimas e médias na bacia do rio Itapemirim. *Scientia Agraria*, 19(2), 122–122.
<https://doi.org/10.5380/rsa.v19i2.5272>
- Duarte, S. N., Wolff, W., Nascimento, J. G., Lopes, T. R., Charles, Marques, A., Pacheco, A. B., & Ricardo, H. C. (2024). Streamflow regionalization in Brazil: Traditional methods and state of the art. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental*, 28(9).
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n9e276836>
- Eletrobrás (1985). *Metodologia Para Regionalização de Vazões*. Centrais Elétricas Brasileiras. S.A.
- Farias, E. D. S., Silva, G. M. F., Da Silva, J. B. L., Da Silva, D. P., & Pires, L. C. (2020). Caracterização hidrológica das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu. *Scientia Plena*, 16(8).
<https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.081701>
- Farias, E. D. S (2020). *Mudanças No Uso Do Solo E Comportamento Hidrológico Das Bacias Hidrográficas Dos Rios Peruípe, Itanhém E Jucuruçu, Bahia*. Universidade Federal do Sul da Bahia.
- Farias, E. da S., Quinelato, R. V., Brito, J. M. S., Andrade, D. S., & Silva, J. B. L. (2020). Evolução temporal no uso e ocupação do solo no município de Itanhém, Bahia. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 9161–9130.
<https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-287>
- Farias, E. D. S., Da Silva, J. B. L., Pires, L. C., Brito, J. M. S. de, & Quinelato, R. V. (2021). Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(2), 1175.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1175-1193>
- Farias, E. da S., Santos, J. M. de B., Quinelato, R. V., Pires, L. C., & Silva, J. B. L. da. (2023). Análise da evolução temporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Rio Itanhém, Bahia. *ACTA GEOGRÁFICA*, 16(42), 1–14.
<https://doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v16i42.6578>
- Fritzsos, E., & Mantovani, L. E. (2010). Os substratos geológicos e os coeficientes morfométricos em bacias hidrográficas do carste dolomítico no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geografia Física*.
- Garcia, F. R., De Sena, S. R., Medeiros, Y. D. P., & Fontes, A. de S. (2023). Regionalização de Vazões de Permanência a partir de Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande – Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(5), 2420–2434.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.5.p2420-2434>
- Gonçalves, A., Catia Eliza Zuffo, Rocha, G., & Santos. (2021). Outorgas de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Jaru em Rondônia: Amazônia meridional. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12(2), 279–291.
<https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.002.0026>
- Gonçalves, E. D., Pessoa, F. C. L., Neves, R. R., Rodrigues, R. S. S., & De Sousa, A. C. S. R. (2018). Identificação de regiões homogêneas e análise de regressão múltipla para regionalização de vazão na bacia hidrográfica do rio tapajós. *Revista Brasileira de Cartografia*, 69(9).
<https://doi.org/10.14393/rbcv69n9-4408>
- Maciel, A., Vieira, E. M., Monte Mor, R. C., & Vasques, A. C. (2019). Regionalização e espacialização de vazões de permanência: estudo aplicado na bacia rio Piracicaba-MG. *Revista Brasileira de Climatologia*, 24.
<https://doi.org/10.5380/abclima.v24i0.58420>
- Malina, L. L. (2013). Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água. *Physics and Chemistry of the Earth*.
- Marciano, A. G., Barbosa, A. A., & Silva, P. M. (2018). Cálculo de precipitação média utilizando método de Thiessen e as linhas de cumeada. *Revista Ambiente e Água*, 13(1).
- Marinho, D. P. S (2022). *Sistema para disponibilização de dados de vazões em cursos d'água do estado da Bahia*. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- Medeiros, J. L., Moreau, A. M. S. dos S., & Moreau, M. S. (2021). A cultura do eucalipto na região do extremo sul do estado da Bahia. *Boletim Campineiro de*

- Geografia*, 11(1), 117–135.
<https://doi.org/10.54446/bcg.v11i1.507>
- Mello, F. W. P. J., Pessoa, F. C. L., & Santana, L. R. (2020). Regionalização de vazões mínimas da bacia hidrográfica do Rio Mearim no estado do Maranhão. *Research, Society and Development*, 9(6), e114962651. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.2651>
- Naghattini, M., & Pinto, E. J. A. (2007). *Hidrologia Estatística* (Cprm, Org.)
- Pruski, F. F., Silva, D. D. da, & Koetz, M. (2006). *Estudo da vazão em cursos d'água*. Viçosa (A. dos E. A. de M. G. D. de E. A. — U. F. de Viçosa, Org.)
- Qgis. (2016). QGIS Geographic Information System. Em *Open Source Geospatial Foundation Project*.
- Quinelato, R. V., Farias, E. da S., Brito, J. M. S. de, Virgens, W. A., & Pires, L. C. (2020). Análise espaço temporal da qualidade da água dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Scientia Plena*, 16(7). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.071701>
- Ribeiro, T. B., Lisboa, L., Carvalho, C., Moreira, M. C., & Uliana, E. M. (2023). Estimativa e regionalização de fluxos mínimos de referência na bacia do Rio Branco, Roraima, Brasil, como apoio à gestão de recursos hídricos. *Ciência E Natura*, 45, e20–e20. <https://doi.org/10.5902/2179460x65901>
- Santos, & Silva. (2023). Balanço hídrico nas bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu e nos municípios do extremo sul da Bahia. *Anais Do Congresso de Iniciação à Pesquisa, Criação E Inovação*. <https://doi.org/10.61202/2595-9328.7cipcisb004>
- Leonel, M. S. (2016). *Extremo Sul da Bahia: Caracterização socioeconômica e os impactos da expansão do setor de base florestal*. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Sousa, H. T., Pruski, F. F., Bof, L. H. N., Cecon, P. R., & Souza, J. C. (2009). *SisCAH - Sistema computacional para Análise Hidrológica*. 1. ed (A. N. das Águas, Org.).
- Sperling, M. Von (2007). *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. (U. F. de Minas Gerais, Org.).
- Tucci, C. E. M. (2005). *Modelos Hidrológicos* (U. A. B. de Recursos Hídricos, Org.).
- Tucci, C. E. M. (2013). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4.ed (E. da UFRGS, Org.).
- Usgs. (2005). Seamless data distribution system, Earth Resources Observation and Science. Em *United States Geological Survey*.
- Villela, S. M., & Mattos, A. (1975). *Hidrologia Aplicada* (M. Hill, Org.).