

Artigo de Pesquisa

Parametrização de intermitência de fluxo e estilos fluviais em duas bacias hidrográficas no semiárido paraibano

Parameterization of flow intermittency and river styles in two hydrographic basins in the semiarid region of Paraíba

Jeferson Mauricio Rodrigues ¹ e Jonas Otaviano Praça de Souza ²

¹ Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Departamento de Geociências, João Pessoa - PB, Brasil. E-mail.

Jmr@estudantes.ufpb.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0117-1808>

² Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Departamento de Geociências, João Pessoa - PB, Brasil. E-mail.

jonas.souza@academico.ufpb.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1405-0944>

Recebido: 28/01/2025; Aceito: 05/05/2025; Publicado: 26/07/2025

Resumo: Este estudo parametriza o comportamento de rios intermitentes em condições morfoclimáticas semelhantes no semiárido brasileiro, com foco nas bacias dos rios Paraíba e Piranhas, impactados pelo PISF. Metodologicamente, foram integrados o índice de fluxo base (BFI) e a análise de estilos fluviais (River Styles - RS) para caracterizar a perenidade e a intermitência dos rios e compreender a variabilidade geomorfológica dos trechos fluviais. O BFI indicou que ambos os rios apresentam perenidade inferior a 5%, com o Rio Paraíba exibindo uma intermitência superior ao Rio Piranhas, corroborando com as análises de frequência e duração de fluxo. Os estilos fluviais identificados incluem trechos confinados (rochoso e cascalhento) e parcialmente confinados, com variabilidade nos controles geológicos e morfológicos. A matriz de estilos fluviais revelou atributos distintivos, como textura do leito e conectividade, enfatizando a influência das dinâmicas hidrogeomorfológicas sobre os trechos fluviais. Os resultados contribuem para a compreensão dos rios intermitentes em ambientes semiáridos, fornecendo subsídios para análises hidrológicas e gestão de recursos hídricos em regiões similares. Assim, este trabalho é importante para aprofundar estudos em ambientes fluviais semiáridos a partir do fornecimento de uma proposta qualiquantitativa de análise de intermitência e comportamento fluvial.

Palavras-chave: rios não perenes; dinâmica fluvial semiárida; estilos fluviais.

Abstract: This study parameterizes the behavior of intermittent rivers under similar morphoclimatic conditions in the Brazilian semi-arid region, focusing on the Paraíba and Piranhas River basins, impacted by SFIP. Methodologically, the base flow index (BFI) and the analysis of river styles (River Styles - RS) were integrated to characterize the perenniality and intermittency of rivers and to understand the geomorphological variability of river stretches. The BFI indicated that both rivers have perenniality of less than 5%, with the Paraíba River exhibiting a higher intermittency than the Piranhas River, corroborating analyses of frequency and duration of flow. The fluvial styles identified include confined (rocky and gravel) and partially confined stretches, with variability in geological and morphological controls. The fluvial style matrix revealed distinctive attributes, such as bed texture and connectivity, emphasizing the influence of hydrogeomorphological dynamics on fluvial stretches. The results contribute to the understanding of intermittent rivers in semi-arid environments, providing subsidies for hydrological analysis and water resources management in similar regions. Thus, this work is important to deepen studies in semi-arid river environments by providing a qualitative and quantitative proposal for analyzing intermittency and river behavior.

Keywords: non-perennial rivers; semi-arid river dynamics; river styles.

1. Introdução

A permanência de fluxo em rios é influenciada por fatores como a duração, frequência e magnitude das chuvas, mas uma compreensão mais abrangente deve incluir elementos geológicos, que ajudam a explicar as respostas hidrológicas nos padrões de fluxo (COSTIGAN et al., 2016; ZIPPER et al., 2022). Em ambientes secos, predominam regimes hidrológicos não perenes, caracterizados por canais efêmeros e intermitentes, que apresentam descontinuidades temporais e espaciais de fluxo. Esses rios não perenes têm vazões concentradas durante curtos períodos, especialmente em resposta a eventos de chuva (CONESA-GARCÍA et al., 2020; FORTESA et al., 2021; SUTFIN et al., 2014).

Nos canais intermitentes, o fluxo é sazonal e depende da recarga do lençol freático durante o período chuvoso, cessando nas épocas secas e resultando em desconectividade hidrológica (CHARLTON, 2008a; COSTIGAN et al., 2016). Já os canais efêmeros apresentam vazões breves, que podem durar de horas a dias, e sua dinâmica é afetada por tempestades que cobrem parcialmente a bacia, causando perdas de escoamento (SUTFIN et al., 2014). Dessa maneira, os rios em áreas secas refletem diretamente a variabilidade do regime de chuvas, onde nos canais intermitentes a hidrologia tem forte relação com as aluviões, enquanto os canais efêmeros se associam a escoamentos imediatos após as chuvas (ANDRADE E FERNANDEZ, 2023; SANDERCOCK; HOOKE; MANT, 2007).

Tendo em vista que o período de escassez de água no canal é frequente e sazonal, pode-se afirmar que tal dinâmica é seu “funcionamento normal”, pois qualquer nível de escoamento de água que conecte os trechos alagados e gere vazão no canal atua como uma cheia que realiza o trabalho mecânico (SOUZA; ALMEIDA, 2015; DORNELLAS et al., 2020). Desse modo, a atuação do transporte de sedimentos em ambientes semiáridos naturais acontece em apenas uma parte do ano, mais especificamente, quando ocorrem as cheias. Sem fluxo, o canal fica sem competência, gerando deposição, até que o próximo evento gerador de vazão possa remobilizar o material de leito (SOUZA; ALMEIDA, 2015; DORNELLAS et al., 2020; KARAMITOPOULOS et al., 2022).

Essa vazão em pulsos diminui o processo de entalhamento do talvegue e consequentemente a evolução do perfil longitudinal para uma forma dita equilibrada (CHEN et al. 2019). Entretanto, tipos de morfologias equilibradas dificilmente são encontradas na natureza de forma linear e o estado estacionário em um ambiente natural geralmente está ausente. De modo contrário, a perspectiva de não-equilíbrio ou desequilíbrio do sistema fluvial de terras secas, ou seja, a predominância da instabilidade morfológica pode ser entendida como a forma de entendimento mais adequada (CHEN et al., 2019; PHILLIPS, 2011).

Dado o exposto, entender o regime e as características fluviais é uma tarefa importante, pois permite entender as influências da área de captação e sua adaptação, seja às mudanças climáticas ou às interferências antrópicas em um canal (DEVIA et al., 2015; ELTNER et al., 2020). Técnicas e ferramentas de monitoramento e mapeamento eficientes e com bom custo-benefício são muito importantes e um pré-requisito em pesquisa atualmente para o desenvolvimento e evolução de projetos de pesquisa (DEWAN et al., 2017; LANGAT et al., 2019; LARNED et al., 2011).

Além da maneira tradicional de medição através de estações fluviométricas ou medidores manuais, o sensoriamento remoto utiliza abordagens baseadas em imagens como alternativas às áreas que não são monitoradas, sendo uma maneira flexível para inferência de escoamento tendo em vista que não necessita de uma quantidade mínima de água no leito para identificar a energia de fluxo por meio da modelagem (ELTNER; SARDEMANN; GRUNDMANN, 2020). Além dos mapeamentos automáticos, existem mapeamentos de gabinete e de campo, como é o caso da metodologia de estilos fluviais que é uma abordagem quali-quantitativa que objetiva

caracterizar trechos homogêneos de rios, a partir de atributos do canal que são sumarizados e analisados, permitindo compreender a dinâmica e morfologias fluviais (BRIERLEY, 2010; BRIERLEY & FRYIRS, 2005).

O objetivo desse estudo é analisar a intermitência de canais fluviais e sua relação com diferentes estilos fluviais nas bacias de alto curso dos rios Paraíba e Piranhas, tendo em vista que são canais naturalmente temporários e que vêm sendo foco de projetos de integração entre bacias hidrográficas no Nordeste brasileiro. Assim, o motivo pelo qual estas bacias foram escolhidas é que elas passaram a receber as águas da transposição do rio São Francisco (DORNELLAS et al., 2020) (desde 2017 no rio Paraíba e desde 2021 no rio Piranhas) e estão sendo diretamente impactadas hidrogeomorfologicamente por essa entrada artificial de água, além de possuírem trechos fluviais semelhantes que se repetem em diferentes regiões do Nordeste brasileiro.

2. Área de Estudo

A área de estudo compreende a região do alto curso do rio Paraíba (Cariri paraibano) e do alto curso do rio Piranhas (Sertão paraibano) (Figura 1).

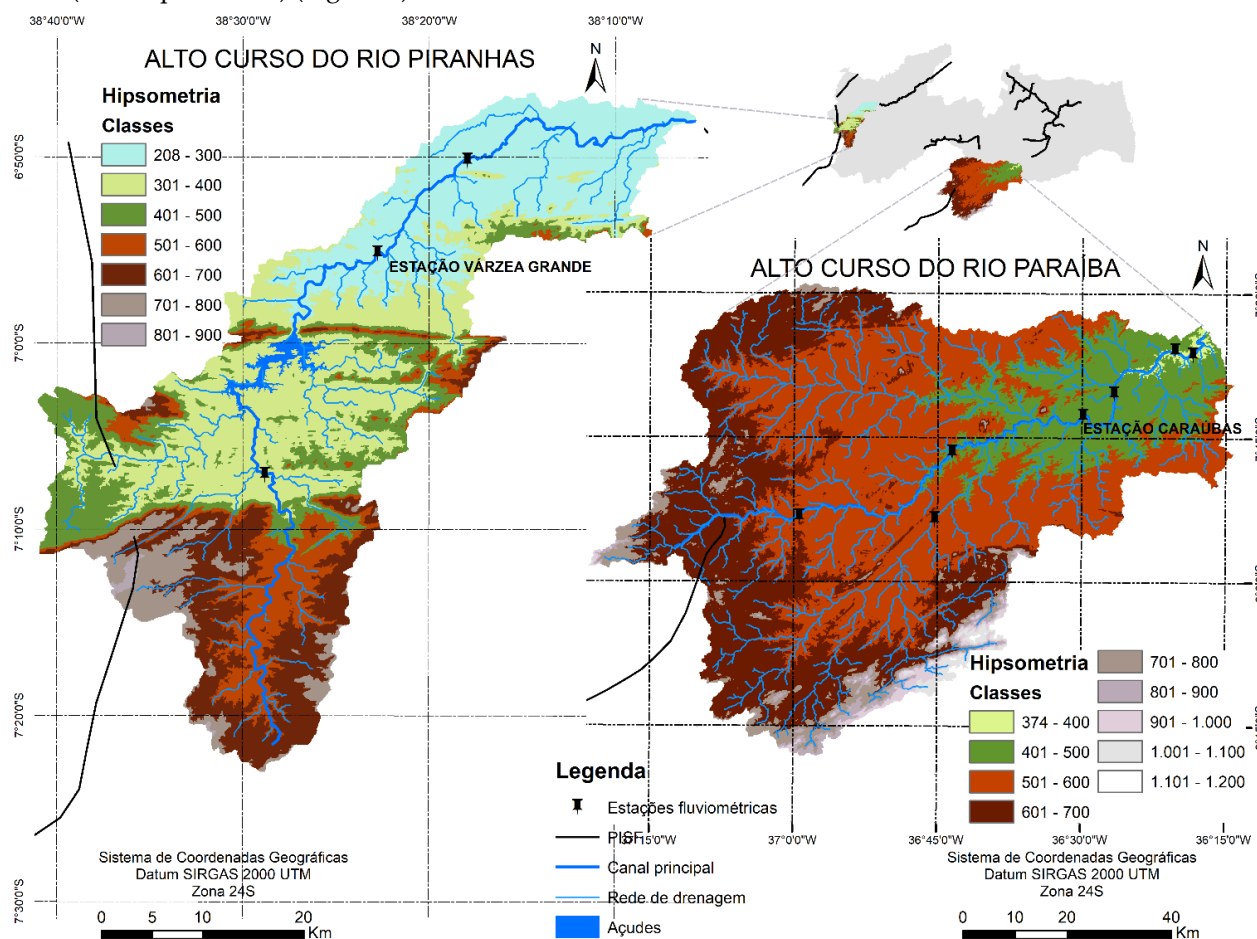


Figura 1. Mapa de localização das áreas de estudo com seus respectivos MDEs, drenagens e localização das estações fluviométricas identificadas. Elaboração: Autoral (2023).

O alto curso do rio Paraíba possui extensão de 167 km e a área da bacia é de 6226 km², com uma variação altimétrica de 798 m de amplitude, tendo uma altitude mínima de 374 m na foz e 1172 m no ponto mais alto nas zonas de cabeceira, inserido em uma área de geologia cristalina do planalto da Borborema. Já o alto curso do rio Piranhas possui extensão de 121 km ocupando uma área de 1548 km², com uma amplitude altimétrica de 670 m,

com uma altitude mínima de 206 m na foz da bacia e uma máxima de 876 próxima às zonas de cabeceira (Quadro 1), na zona da Depressão Sertaneja.

Quadro 1. Características principais das bacias do alto curso do rio Paraíba (ACRPA) e do alto curso do rio Piranhas (ACRPI). Elaboração: Autoral (2023).

	ACRPI	ACRPA
Climáticas		
Zona climática	Tropical semiárido	Tropical semiárido
Precipitação média (mm)	500 mm a 900 mm	250 mm a 900 mm
Bacia hidrográfica		
Área de drenagem (km²)	1548 km²	6226 km²
Extensão (km)	121 km	167 km
Litologia	Ígneas e metamórficas	Ígneas e metamórficas
Amplitude altimétrica	670 m	798 m

Os climas das bacias são tipicamente semiáridos, com chuvas concentradas em uma parte do ano e outra parte do ano seco. De acordo com Rodrigues (2020), a bacia do alto curso do rio Piranhas possui chuvas concentradas entre janeiro e abril (04 meses), sendo dezembro o mês correspondente à pré-estação chuvosa, e com uma média anual de 900 mm. Já a bacia do rio Paraíba apresenta chuvas concentradas entre 3 e 4 meses com uma variação média de 250 mm a 900 mm anuais (DORNELLAS et al., 2020). O que faz com que essas regiões sejam semiáridas é a diferença entre precipitação e evapotranspiração, onde essa última apresenta mais de 2000 mm anuais (LIMA et al., 2021). Assim, embora possua grande volume de chuva, se comparado com outras regiões semiáridas do mundo, o semiárido brasileiro possui uma razão negativa entre chuva e evapotranspiração.

A geologia da bacia do rio Paraíba é composta principalmente por rochas que compõem o escudo do Planalto da Borborema, localizado na Província Borborema que é um conjunto de estruturas pré-cambrianas deformadas pela orogênese brasiliana em uma área de aproximadamente 450.000 km², cuja rede de drenagem possui controles estruturais (CORDEIRO et al., 2024). Já as rochas que compõem o substrato da bacia do alto curso do rio Piranhas variam do Fanerozóico ao Arqueano, com predomínio de rochas do Proterozóico. As zonas mais rebaixadas da bacia do rio Piranhas é onde ocorre o predomínio das rochas sedimentares mais recentes enquanto as superfícies mais elevadas e de transição são as mais antigas cristalinas. Além disso, o direcionamento da rede drenagem é condicionado pelas grandes estruturas de deformação dúctil e rúptil de direção preferencial NE-SW e E-W, sendo provocadas pelo condicionamento litoestrutural do relevo desenvolvidas desde o final do Ciclo Brasileiro (CORDEIRO et al., 2024).

Observa-se no Quadro 2 que nem todas as estações fluviométricas possuem largo período de dados, com exceção da estação Caraúbas no rio Paraíba e da estação Várzea Grande no rio Piranhas (Figura 1), com dados iniciados em 1970 e 1962, respectivamente. As outras estações iniciaram o monitoramento de 2015 em diante.

Assim, as estações Várzea Grande e Caraúbas serão a base dos procedimentos metodológicos em algumas etapas (Quadro 2).

Quadro 2. Estações fluviométricas das bacias estudadas e suas temporalidades de dados. Fonte: ANA (2023).

Estação	Código	Rio	Município	Tempo de dados de vazão	Perfil transversal	Área de drenagem (km ²)
RIO PARAÍBA						
Caraúbas	38830000	Rio Paraíba	Caraúbas	1970 - 2022	1990 - 2019	5,030
Sítio Conceição	38812000	Rio Paraíba	Sumé	2017 - 2021	1999 - 2019	1240
Açude Poções	38801000	Rio Paraíba	Monteiro	Apenas cota	No data	651
Pisf Sítio Porteiros	38831000	Rio Paraíba	São Domingos do Cariri	Apenas descarga	No data	No data
Açude Epitácio Pessoa Montante	38855050	Rio Paraíba	Cabaceiras	Apenas descarga e cota	No data	No data
RIO PIRANHAS						
São José De Piranhas	37200000	Rio Piranhas	São José de Piranhas	Apenas cota	No data	400
São João Do Rio Do Peixe	37220001	Rio Piranhas	São João do rio do Peixe	Apenas cota	No data	No data
Fazenda Pau D'arco	37230100	Rio Piranhas	Sousa	2022 - 2023	2022	1440
São Domingos De Pombal	37300000	Rio Piranhas	Pombal	2022 - 2023	2022	5400
Várzea Grande	37220000	Rio Piranhas	São João do rio do Peixe	1962 - 2022	1985 - 2022	1110
Camalaú – Montante	38800500	Rio Umbuzeiro - afluente do Paraíba	Camalaú	2015 - 2022	2011 - 2022	1500

3. Materiais e Métodos

Os materiais e métodos devem ser descritos com detalhes suficientes para permitir que outros pesquisadores reproduzam e se baseiem nos resultados publicados. Observe que a publicação de seu artigo implica que você deve disponibilizar aos leitores todos os materiais, dados, código de computador e protocolos associados à publicação. Favor divulgar, na fase de submissão, quaisquer restrições sobre a disponibilidade de materiais ou informações. Novos métodos e protocolos devem ser descritos em detalhes, enquanto métodos bem estabelecidos podem ser brevemente descritos e adequadamente citados.

Os artigos de pesquisa que relatam grandes conjuntos de dados que são armazenados em um banco de dados disponível ao público devem especificar onde os dados foram armazenados.

Este trabalho utiliza como base a caracterização da perenidade de fluxo e em seguida, a análise de trechos de rios não perenes no intuito de compreender como e onde ocorrem mudanças no ambiente fluvial, conforme visto na Figura 2.

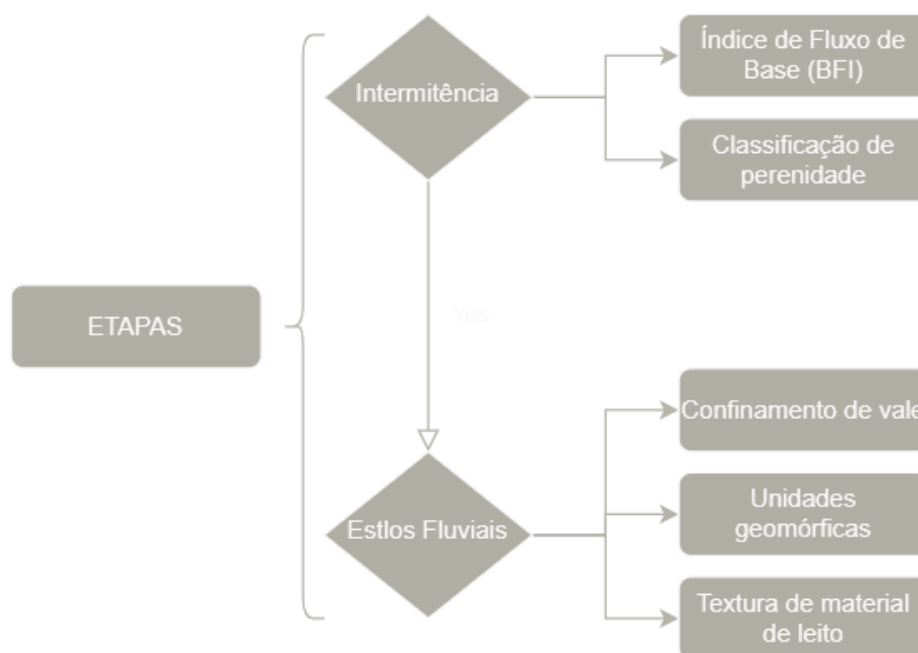


Figura 2. Fluxograma das etapas seguidas na pesquisa. Elaboração: autoral (2024).

Para isso, a questão chave é como integrar as metodologias para uma análise mais robusta.

- **Penenidade de fluxo:** Mesmo em rios intermitentes, a análise da perenidade de fluxo pode fornecer insights sobre a contribuição do fluxo de base durante períodos de seca e ajudar a definir a intermitência. Como os rios intermitentes no semiárido apresentam fluxo sazonal, a perenidade de fluxo e o BFI (*Base Flow Index*) podem ajudar a identificar períodos em que o fluxo subterrâneo sustenta o rio, diferenciando-o de rios efêmeros (que têm fluxo apenas após eventos de precipitação).

- **Estilos Fluviais (*River Styles - RS*):** Uma vez classificada a perenidade e a intermitência dos rios, o RS pode ser usado para analisar as características geomorfológicas e funcionais de diferentes trechos dos rios, mesmo os não perenes. O RS foca em como os trechos de rios respondem a mudanças no fluxo, sedimentos e estrutura do terreno. Ele permite entender a variabilidade espacial dos rios, com base em fatores como morfologia, conectividade e processos de erosão e deposição, sendo essas últimas etapas elaboradas após a análise de perenidade e caracterização dos Estilos Fluviais.

Dessa forma, o BFI pode ser usado para quantificar a intermitência e caracterizar a dinâmica hídrica ao longo do ano, enquanto o RS pode interpretar os efeitos dessa dinâmica sobre a morfologia dos trechos fluviais. A conectividade funcional aponta as porcentagens e pontos específicos de mudança nos trechos fluviais.

- *Perenidade/intermitência de fluxo*

Para analisar a perenidade de fluxo, foi necessário obter a base de dados de vazão para os rios analisados e definir algumas métricas conforme o Quadro 3. Este quadro sintetiza as principais métricas utilizadas na avaliação da perenidade de fluxo, contribuindo para uma classificação robusta dos regimes fluviais estudados.

Quadro 3. Métricas utilizadas na análise da perenidade de fluxo. Fonte: autores (2025).

Métrica	Definição e Cálculo	Referência
Índice de Fluxo de Base (BFI)	Relação entre a média de fluxo baixo (Q_{low}) e a média anual de fluxo (Q). Quanto maior o valor, maior a estabilidade do fluxo.	Sawicz et al., 2014; Zhao et al., 2023
Duração de Fluxo Zero	Número total de dias sem vazão em um ano, indicando a persistência da intermitência.	Oueslati et al., 2015
Frequência de Fluxo Zero	Número de eventos consecutivos sem fluxo, permitindo avaliar padrões interanuais de intermitência.	Oueslati et al., 2015
Classificação de Intermitência	Análise de dispersão da Frequência Média (mFREQ) versus Duração Média (mDUR), categorizando os rios em três subclasses de intermitência.	Snelder et al., 2013
Análise de Componentes Principais (ACP)	Redução de dimensionalidade através de combinações lineares de variáveis, otimizando a variância e permitindo interpretações mais claras das variáveis hidrológicas.	Johnson, 2002

Nesse sentido, as estações Várzea Grande e Caraúbas serão a base dos procedimentos metodológicos em algumas etapas.

A definição do regime fluvial no alto curso dos rios Paraíba e Piranhas exigiu uma análise de pelo menos 15 anos de dados (EIDMANN & GALLEN, 2023). Sendo assim, nesta primeira etapa o período de análise dos dados de vazão foi entre janeiro de 1970 e dezembro de 2021 (rio Piranhas) e 2021 (rio Paraíba), totalizando mais de 50 anos de análise dos dados de vazão para ambas as estações. Para isso, utilizou-se a abordagem proposta por Sawicz et al., 2014 e Zhao et al., 2023, que inclui o cálculo do Índice de Fluxo de Base (BFI) NA Eq. 1, determinado pela relação

$$BFI = \frac{\overline{Q_{low}}}{Q} 100$$

(1)

Aqui, $\overline{Q_{low}}$ representa a média de fluxo baixo durante o período considerado, e Q é a média anual de fluxo. Para definir a média de fluxo baixo, é necessário definir o método do limiar, onde a vazão mínima é definida para separar o fluxo de base da vazão total, e essa vazão mínima corresponde às vazões que apresentam mais de 25% de permanência no período analisado. Dado o exposto, resultados próximos de 100% indicam um fluxo estável e duradouro ao longo do ano, enquanto valores próximos de 0% sugerem um fluxo esporádico ou transitório.

Também foi utilizada nessa pesquisa a proposta de análise de Oueslati et al., (2015). A análise da intermitência de fluxo considera métricas como duração e frequência de dias com fluxo zero, sendo crucial destacar que o número de dias sem fluxo é determinante para classificar rios não perenes (Oueslati et al., 2015). A duração dos eventos de fluxo zero é quantificada anualmente pelo total de dias sem vazão, oferecendo insights sobre a persistência do fluxo dentro de um ano. Já a frequência refere-se ao número de dias consecutivos sem fluxo, permitindo uma análise das variações interanuais na intermitência do curso d'água. A classificação de intermitência, baseada em um gráfico de dispersão de Frequência média (mFREQ) versus Duração média (mDUR) (Snelder et al., 2013), identificou três subclasses distintas. A subclasse 1 caracteriza-se por períodos de fluxo zero com baixa frequência e curta duração, enquanto a subclasse 2 apresenta eventos de longa duração com baixa frequência. Por fim, a subclasse 3 destaca-se por períodos de alta frequência e longa duração de fluxo zero.

Para complementar a análise, foi feita uma análise a partir da hidrógrafa, onde foram relacionados dados de chuva e vazão entre as estações fluviométricas Várzea Grande (Rio Piranhas) e Caraúbas (Rio Paraíba) com suas estações pluviométricas mais próximas e com melhores temporalidades de dados, Bonito de Santa Fé e Monteiro, respectivamente. Entretanto, é importante destacar que o período de análise foi entre 2008 e 2020, por conta da disponibilidade de dados de chuva para o período analisado, permitindo compreender nesse período o tempo de resposta da vazão aos eventos de chuva.

- *Análise de componentes principais*

Uma das utilidades da análise de componentes principais é a redução de dimensionalidade e, como os padrões e tendências do conjunto de variáveis são mantidos nos componentes, ela pode proporcionar novas interpretações (JOHNSON, 2002). Algebricamente, as componentes principais são combinações lineares de p variáveis aleatórias $X_1, X_2, \dots, X_p$, e as combinações representam, geometricamente, um novo sistema de coordenadas obtido pela rotação do sistema original considerando $X_1, X_2, \dots, X_p$ como eixos de coordenadas. Dessa forma, as novas coordenadas representam as direções em que a variância é maximizada (Eq. 2).

Assim, temos as seguintes combinações lineares:

$$\begin{aligned} Y_1 &= a_{11}X_1 + \dots + a_{1p}X_p \\ &\vdots \\ Y_p &= a_{p1}X_1 + \dots + a_{pp}X_p \end{aligned} \quad (2)$$

em que o vetor aleatório $X' = \{X_1, X_2, \dots, X_p\}$ tem matriz de covariância Σ (ou matriz de correlação ρ) com autovalores $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ (Eq. 3). Logo, calculando a variância e covariância, obtemos

$$\begin{aligned} Var(Y_i) &= a_i' \Sigma a_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, p \\ Cov(Y_i, Y_k) &= a_i' \Sigma a_k \quad i, k = 1, 2, 3, \dots, p \end{aligned} \quad (3)$$

As componentes principais são as combinações lineares $Y_1, \dots, Y_p$ não correlacionadas e em que a variância é a maior possível. Portanto, tempos que a primeira componente principal é aquela combinação linear $a_1'X$ que maximiza $Var(a_1'X)$ sujeito a $a_1'a_1 = 1$ (Eq. 4). Agora, no i -ésimo passo, tem-se que

$$\begin{aligned} i - \text{ésima componente principal} &= \text{combinação linear } a_i'X \text{ que maximiza} \\ &Var(a_i') \text{ sujeito a } a_i'a_i = 1 \text{ e} \\ &Cov(a_i'X, a_k'X) = 0 \quad \forall k < i \end{aligned} \quad (4)$$

- *Estilos Fluviais*

Para definir os estilos fluviais na escala de canal é necessário avaliar três variáveis do rio, que são: configuração de vale, unidades geomórficas e textura de material de leito (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis avaliadas para determinar a configuração do vale. Fonte: Adaptado de Brierley e Fryirs (2005).

Configuração de vale confinado	Configuração de vale parcialmente confinado	Configuração de vale não - confinado	
(>90% de margem confinada)	(entre 10 e 90% de confinamento de margem)	(<10 % de confinamento de margem)	
Presença/ausência de várzeas	Grau de confinamento lateral e configuração do vale (reto - irregular – sinuoso)	Ausência ou canais descontínuos	Presença de canais contínuos
Unidades geomórficas	Forma em planta do canal	Unidades geomórficas	Forma em planta
Textura de material de leito	Unidades geomórficas	Textura de material de superfície	Unidades geomórficas
	Textura de material de leito		Textura de material do leito

A configuração de vale é o ponto de entrada para definir o estilo de rio, e é definida pelo grau de confinamento do canal, expressa pela presença/ausência de várzeas ao longo dos cursos fluviais. Assim, os canais podem ser confinados, parcialmente confinados e não confinados. Geralmente os canais confinados apresentam menos de 10 % de planícies de inundação em ambas as margens do canal. Os parcialmente confinados apresentam entre 10 % e 90 % de planície de inundação em ambas as margens do canal, e dessa forma as planícies podem ser alternadas ou descontínuas ao longo do curso fluvial. Os não confinados apresentam menos de 10 % de confinamento de margem, com planícies de inundação contínuas ao longo das margens e podem ter canais contínuos e canais descontínuos (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Nessa perspectiva, para gerar informações sobre a largura do vale e representar topograficamente as unidades geomórficas de acordo com suas variações de altura no ambiente fluvial, foi utilizado um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

As unidades geomórficas são ferramenta chave para interpretar a característica e comportamento do canal. É o principal parâmetro interpretativo na estrutura de estilos de rio. Os critérios utilizados são: número de canais, sinuosidade, barras e ilhas (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Observando que este procedimento será feito tanto em gabinete como em campo, é importante salientar que para identificar o número de canais, sinuosidade, barras e ilhas serão utilizadas imagens de satélite do Google Earth mais recentes que permitam visualizar a planta do canal. No momento do campo será utilizado um drone que permitirá a identificação detalhada das unidades geomórficas e permitirá gerar o mapa de estilos fluviais detalhado na escala de alcance.

A textura de material de leito é outro procedimento de análise dos estilos, e é determinada através da base do tamanho do grão de material sedimentar presente no leito dos trechos fluviais. Para tal, foi utilizada a escala de Wentworth (1992) para a definição da granulometria. Inicialmente foi necessário em campo fazer a coleta de sedimentos no leito dos diferentes estilos fluviais e posteriormente, em laboratório, foi aplicada a metodologia de granulometria por peneiramento para determinar frações de sedimentos grosseiros e pipetagem para sedimentos finos (GALE e HOARE, 1991, apud SILVA e SOUZA, 2017). Para isso foram pesadas 100 g de cada amostra (totalizando em 11 amostras) e colocadas cada uma em 1 becker de vidro de 500 ml com água e 20 g de dispersante (hexametáfosfato de sódio). As amostras foram agitadas durante 20 minutos contínuos para descompactar as frações dos grãos e, posteriormente permaneceram em repouso por 24 horas para decantação. Posteriormente, as amostras foram lavadas e colocadas na estufa por um período de 10 horas sob uma temperatura de 70° C. Por fim, foram submetidas ao agitador eletromagnético de peneiras redondas rotap para determinação da granulometria. Desta maneira, são utilizadas 5 classes: Leito rochoso; Rocha (>256 mm); Cascalho (2 –256 mm); Areia (0,0625 –2

mm); Silte e Argila (<0,0625 mm). Assim, após definir e caracterizar os estilos fluviais será possível gerar um mapa de estilos para a bacia do Alto Curso dos rios Paraíba e Piranhas, tendo em vista suas variáveis que geram as variações de trechos fluviais.

4. Resultados

4.1. Perenidade de fluxo e componentes principais

Para definir o *Base Flow Index* (BFI), foi necessário definir as vazões acima de 25% de permanência na série histórica (EIDMANN & GALLEN, 2023). Dessa maneira, são consideradas as vazões acima de 3,37 m³/s no rio Paraíba e 2,28m³/s no rio Piranhas. Dessa forma, foi possível definir as variáveis utilizadas para a equação, conforme visto na Tabela 2.

Tabela 2. Variáveis analisadas para definir o BFI. ACRPI –Alto Curso do Rio Piranhas; ACPRA - Alto Curso do Rio Paraíba
Elaboração: Autoral (2023).

	ACRPI	ACRPA
Média dos fluxos baixos	0.56	0.244
Média dos fluxos anuais	1,75	5,33
BFI (%)	31,87	4,57

O BFI indicou que a perenidade de fluxo dos rios Piranhas e Paraíba são mais próximas de 0% do que de 100%, indicando que são rios intermitentes por passarem a maior parte do ano com fluxo zero, principalmente o rio Paraíba, que apresentou uma perenidade de 4,57% de fluxo anual, sendo considerado um rio fortemente intermitente. O número de dias com vazão igual ou inferior ao fluxo mínimo foi de 12.998 para o rio Piranhas e de 14.952 para o rio Paraíba entre janeiro de 1970 e dezembro de 2021. Portanto, a diferença de dias de vazão mínima entre os dois rios representa uma variação de aproximadamente 15% a mais de dias no Rio Paraíba em relação ao Rio Piranhas. O que implica dizer que há uma diferença de 1954 dias de vazão mínima entre as estações analisadas. A análise da subclasse de intermitência de fluxo revela que a maioria dos anos examinados pertencem à subclasse 3 na estação Caraúbas, localizada no rio Paraíba, caracterizando-se por uma frequência elevada e longa duração de intermitência (Figura 3).

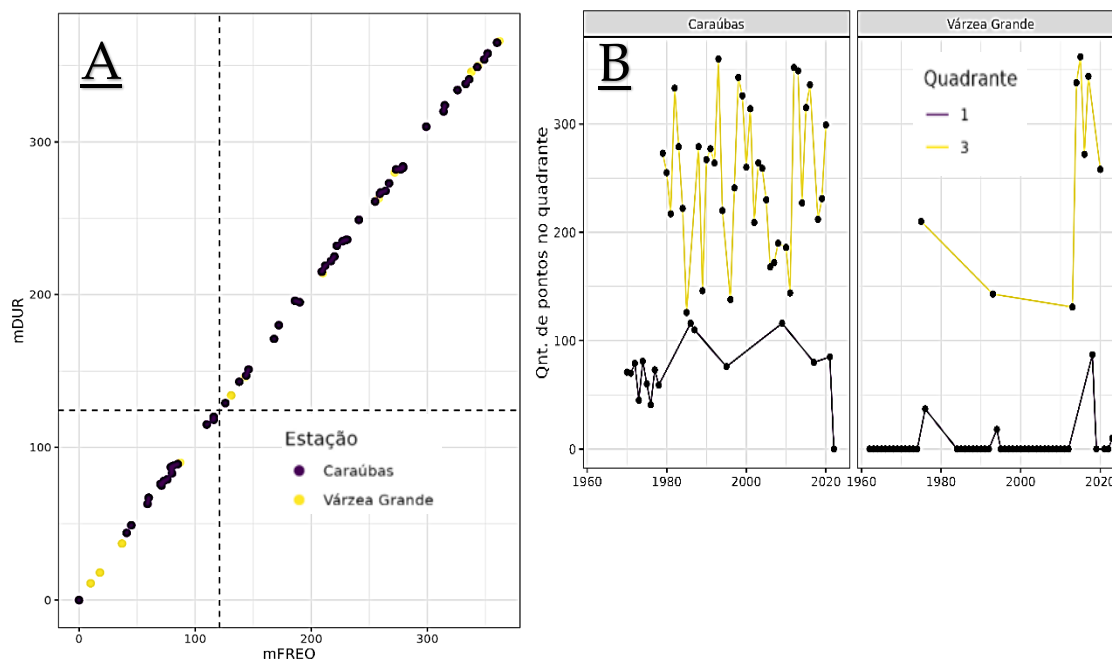


Figura 3. mDUR e mFREQ das estações fluviométricas Caraúbas e Várzea Grande. A: interpolação do resultado de mDUR e mFREQ por quadrantes. B: separação de mDUR e mFREQ por estação. Elaboração: autoral (2023).

Por outro lado, na estação Várzea Grande, a maioria dos anos analisados está inserida na subclasse 1, indicando que o rio Paraíba apresenta uma intermitência de fluxo superior ao rio Piranhas, corroborando à avaliação do BFI. Desse modo, a extensão dos períodos sem fluxo demonstra que a maioria dos anos no rio Paraíba registra mais de 120 dias sem vazão interanual, com uma frequência acima de 120 dias consecutivos sem fluxo. Consequentemente, o rio Paraíba concentra a maior parte de seus anos na subclasse 3, em comparação com o rio Piranhas, sendo classificado como altamente intermitente, ao passo que este último pode ser considerado menos suscetível à forte intermitência.

É importante salientar que ao comparar os dados de chuva com vazão, percebe-se que os canais são condicionados hidrogeomorfológicamente pela entrada de água a partir das precipitações, tendo em vista que os substratos majoritariamente cristalinos das bacias funcionam como potencializados de escoamento superficial, gerando respostas imediatas de vazão às chuvas (Figura 4).

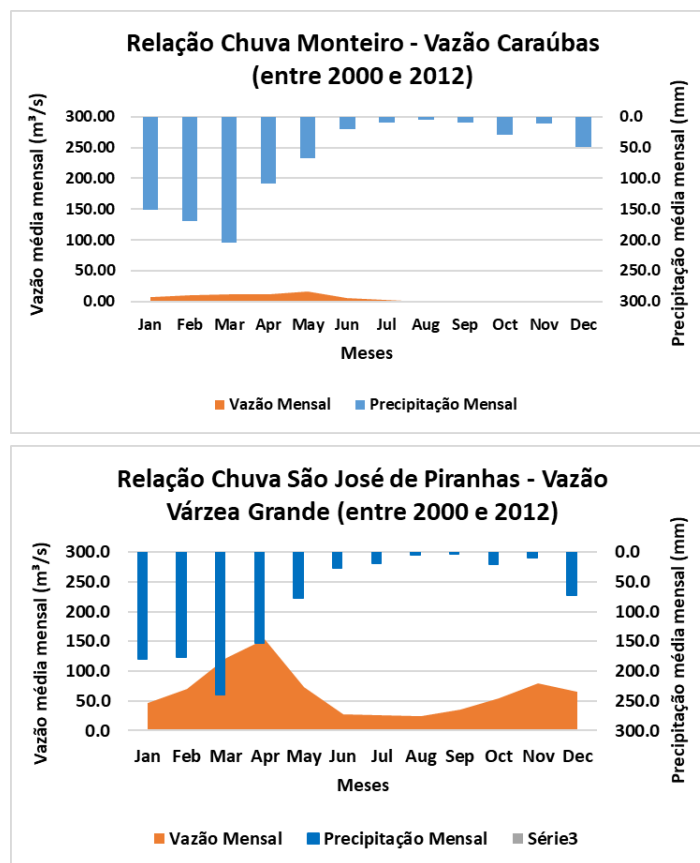


Figura 4. hidrógrafas das estações Várzea Grande (rio Piranhas) e Caraúbas (rio Paraíba) com as suas respectivas estações pluviométricas mais próximas.

Percebe-se de acordo com a Figura 4 que os eventos de vazão estão intimamente relacionados com os eventos de chuvas nas duas bacias, sendo a bacia hidrográfica do alto curso do rio Piranhas com maiores valores de vazão que podem alcançar 20,6 m³/s em abril, logo após o mês mais chuvoso que é março, que, relacionados as características estruturais cristalinas e maiores valores de chuva média mensal na série histórica, confirmam a perenidade de fluxo apontada pelo BFI caracterizando o rio Paraíba como de maior intermitência.

De maneira geral, os rios Paraíba e Piranhas estão corretamente categorizados como intermitentes, passando a maior parte do ano com permanência de fluxo baixo, possuindo valores abaixo de 1m³/s, com a maior parte dos anos na subclasse 3 (fortemente intermitente).

A primeira componente explica aproximadamente 100% da variação, enquanto a segunda componente explica uma proporção muito menor. Devido a essa discrepância, não temos a possibilidade de observar como essas estações se comportariam em relação a segunda componente (Figura 5).

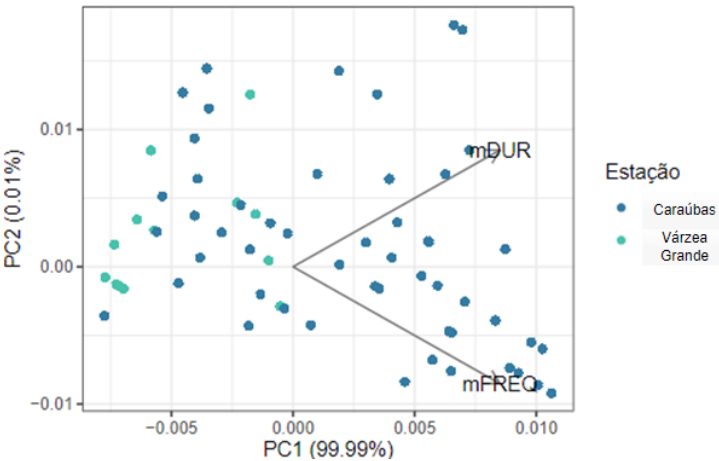


Figura 5. PC1 e PC2 das estações Várzea Grande e Caraúbas. Elaboração: autores (2024).

Assim, a primeira componente será o foco principal. É possível observar que os vetores de frequência e duração são diretamente proporcionais à primeira componente. As observações de Caraúbas apresentam um padrão de frequência e duração maiores, embora existam alguns outliers indicando uma menor duração. Em contraste, as observações de Várzea Grande têm menor frequência e duração.

A permanência de fluxo nos rios Piranhas e Paraíba indica que ambos apresentam períodos prolongados com vazão baixa ao longo do ano, com cerca de 80% do tempo em que os fluxos permanecem abaixo de 20 m³/s (Figura 6). Para uma análise mais detalhada, os gráficos de permanência de fluxo revelam que, entre 1970 e 2021/2022, os rios Piranhas e Paraíba mantiveram a maior parte dos anos com vazões inferiores a 1 m³/s. Especificamente, no rio Piranhas, a permanência de fluxo abaixo de 1 m³/s foi de 52%, enquanto no rio Paraíba esse valor atingiu 65%.

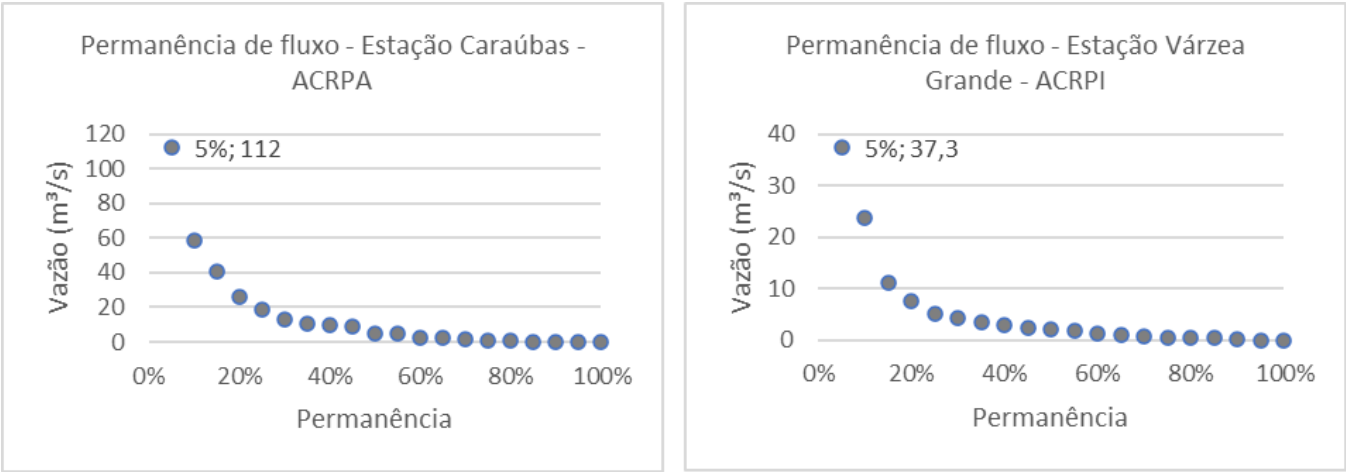


Figura 6. Permanência de fluxo das estações Caraúbas e Várzea Grande entre 1970 e 2022. Elaboração: autores (2024).

4.2. Estilos Fluviais

Neste tópico foi feita uma caracterização geral dos estilos fluviais das duas bacias e posteriormente uma discussão acerca dos estilos encontrados e sua relação com a literatura existente sobre a temática (Figura 7).

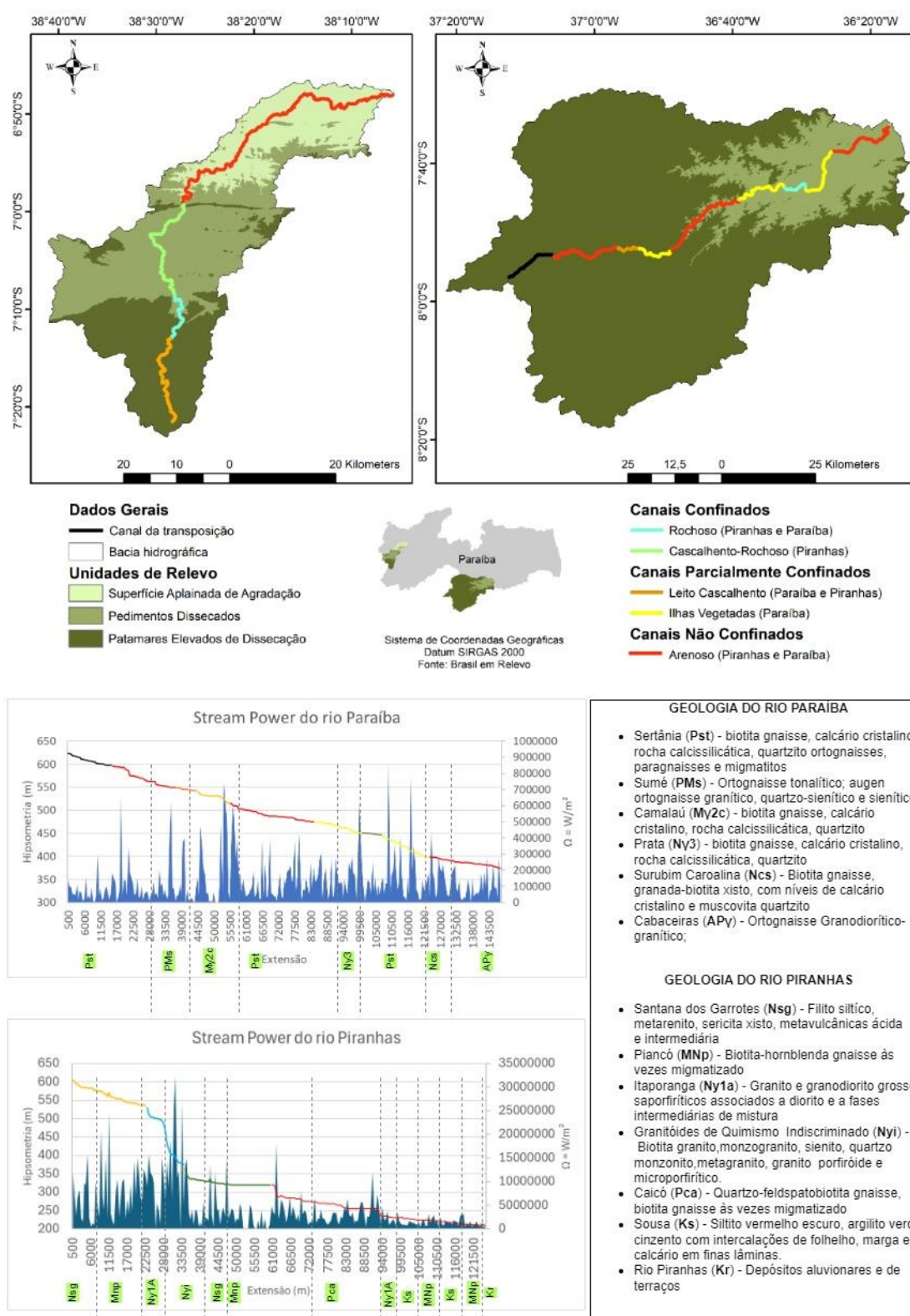


Figura 7. Estilos fluviais do alto curso dos rios Paraíba e Piranhas, energia de fluxo das respectivas bacias e seus controles geológicos. Elaboração: autoral (2024).

Após a definição dos estilos fluviais. Foi construída uma matriz de características e controles gerais dos estilos, o que permitiu descrever os atributos distintivos entre eles. A nomenclatura dos estilos foi definida com base em sua morfologia e processos atuantes, ou seja, a característica e comportamento de cada alcance. (Tabela 3).

Tabela 3. Matriz de estilos fluviais existentes no ACRPA (Alto Curso do Rio Paraíba) e do ACRPI (Alto Curso do Rio Piranhas). Fonte: Autores (2024).

ESTILO FLUVIAL					
Nome	Rochoso	cascalhento-Rochoso	Ilhas vegetadas	Cascalhento	Arenoso
Características do vale	Confinado		Parcialmente confinado		Não Confinado
Forma em planta	Canal único	Canal único	Trecho e Ilhas com presença de vegetação	Canal único	Canal único
Unidades geomórficas	Sem planícies de inundação e leito totalmente rochoso	Afloramentos rochosos	Ilhas vegetadas	Planícies de inundação descontínuas e matações	Planícies de inundação contínuas, barras e ilhas
Textura de material de leito	Rochoso	Cascalhos e areia	Arenoso	Cascalhento	Arenoso
CONTROLES FLUVIAIS					
Área de captação (km²)	296 km²	325 km²	128 km² no rio Piranhas	59 km²	781 km²
Unidade de relevo	Pedimentos dissecados (301 m – 500 m)	Pedimentos dissecados (301 m – 500 m)	Patamares elevados de dissecação (501 m – 856 m) e Pedimentos Dissecados (301 m – 500 m)	Patamares elevados de dissecação (501 m – 856 m)	Superfície aplainada de agradação (206 m – 300 m)
Declividade (%)	1,3%	0,08%	0,1%	0,3%	0,05%
Energia de fluxo média (W/s)	103258,1	123611,99	180246,7	89210,09	119389,02

Os dois estilos fluviais confinados identificados nas bacias – o Confinado Rochoso e o Confinado Cascalhento e Arenoso – compartilham características comuns que permitem uma análise integrada. Ambos os estilos exibem canais únicos e margens sem planícies de inundação, reforçando sua condição confinada no ambiente fluvial da bacia. A distinção principal entre eles é demonstrada na declividade e na composição do material do leito. O Confinado Rochoso se destaca pela presença de um leito completamente rochoso e lavado, incluindo marmitas de

abrasão, e por estar localizado em uma área de ruptura de declive, o que intensifica a energia e aumenta a velocidade de vazão (Figura 6). Por outro lado, o Confinado Cascalhento e Arenoso apresenta uma camada arenosa sobre o leito cristalino, oferecendo uma textura diferenciada. Essas variações, embora sutis, não alteram a configuração confinada dos estilos fluviais observados, permitindo uma análise unificada que destaca as características de confinamento e variação no substrato. É importante destacar que o Confinado Cascalhento é exclusivo do rio Piranhas.

Os estilos fluviais confinados passam de um complexo de rochas cristalinas resistentes para um complexo de rochas cristalinas de menor resistência à ação gerada pela erosão e intemperismo, como ocorre no estilo Confinado Rochoso, tendo seu escoamento perpassando sobre o gnaiss e migmatito que são rochas resistentes para o Granodiorito que é um conglomerado de rochas menos resistentes, gerando uma ruptura de declive onde o trecho sai de 550 m de altura para 370 m de altura em uma extensão de aproximadamente 8 km, atribuindo-lhe energia e capacidade de lavar o leito rochoso, o que impede a formação de unidades geomórficas deposicionais (Figura 8).

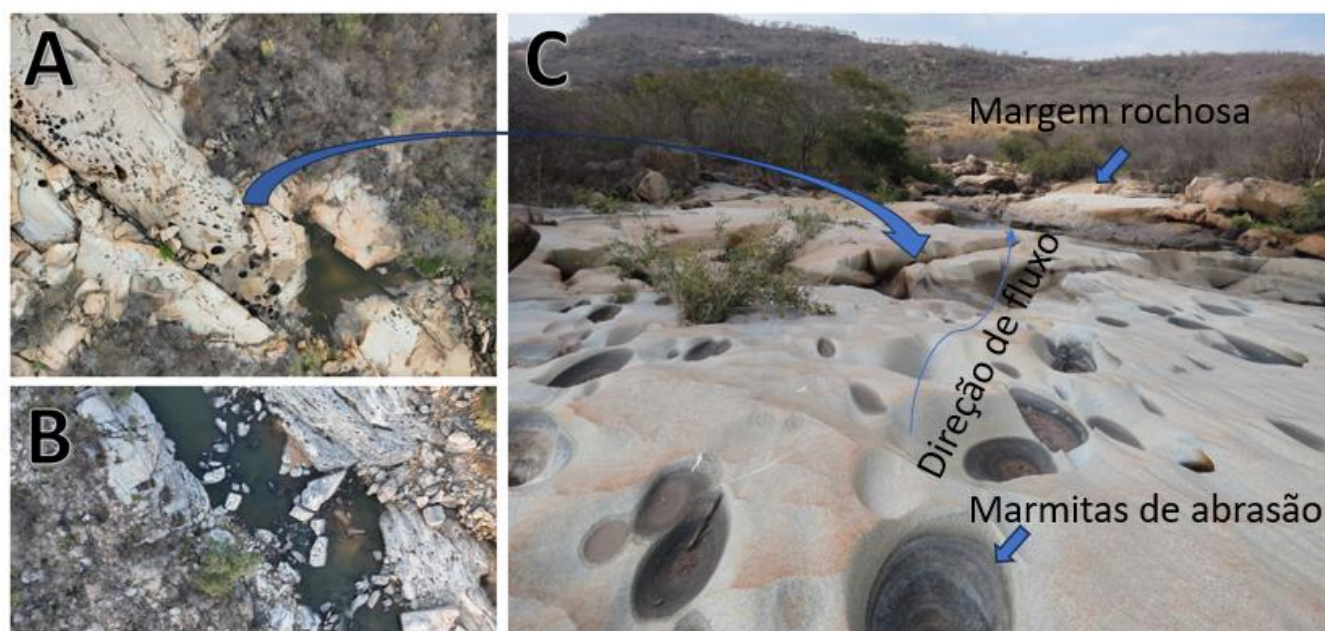


Figura 8. Estilos Confinados Rochosos. A – Trecho no rio Piranhas. B – Trecho no rio Paraíba. C – Zoom nas marmitas de abrasão. Fonte: Autores (2024).

Os estilos fluviais parcialmente confinados (Leito Cascalhento e Ilhas Confinadas) estão localizados em duas unidades de relevo, a dos Patamares Elevados de Dissecção e dos Pedimentos Dissecados. O que atribui esse tipo de característica a esses trechos fluviais é a presença de unidades geomórficas deposicionais no ambiente fluvial, principalmente as planícies de inundação que ocupam mais de 10% das margens fluviais. Nesse sentido, a energia moderada associada a maior contribuição de sedimentos vindo das zonas de cabeceira condicionam essa morfologia aos trechos (Figura 9). Observa-se também que os trechos parcialmente confinados estão distribuídos exclusivamente sobre formações geológicas cristalinas, o que favorece a possibilidade dos controles deposicionais serem a dinâmica hidrogeomorfológica superficial e o escoamento em pulsos dos rios não perenes.

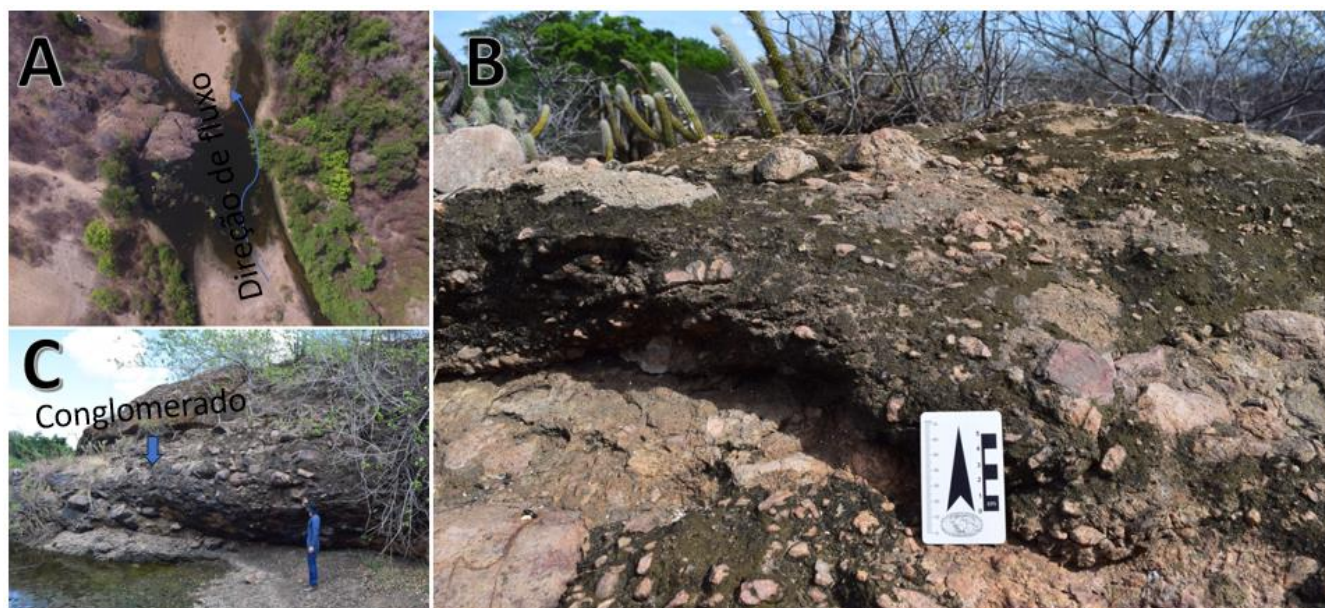


Figura 9. Estilos parcialmente confinados cascalhentos e com ilhas vegetadas. A – Visão em planta. B – Formação conglomerada em uma das margens. C – Visão da margem confinante de jusante. Fonte: autores (2024).

Os estilos fluviais não confinados apresentam características deposicionais em toda extensão, principalmente a presença de planícies de inundação que ocupam mais de 90% das margens fluviais. Nesse sentido, são trechos com baixa energia e grande área de contribuição. Esse estilo está quase que exclusivamente associado a unidade de relevo de Pedimentos Dissecados que tem por características predominante o relevo aplainado. No rio Paraíba, esse estilo vai ocorrer também próximo às áreas de cabeceira, onde a presença de material arenoso é visível no trecho, isso está relacionado à dinâmica em pulsos do canal que durante a estação chuvosa consegue transportar a maior parte do material sedimentar, mas durante o final do período chuvoso e início do período seco perde competência de fluxo e acaba depositando esse material no leito (Figura 10 e Tabela 3).



Figura 10. Estilo Fluvial Não Confinado. A – Visão horizontal de jusante. B – Visão em planta. Fonte: autores (2024).

De modo geral, o limite entre um estilo e outro foi definido através de alterações nas unidades geomórficas existentes no ambiente fluvial, atributo chave da definição de estilos fluviais. Em última instância, o atributo selecionado para distinguir os estilos foi a textura de material de leito.

5. Discussão

Os autores devem discutir os resultados e como eles podem ser interpretados em perspectiva de estudos anteriores e das hipóteses de trabalho, ressaltando as contribuições do seu trabalho para o campo de pesquisa. Os resultados e suas implicações devem ser discutidos no contexto mais amplo possível, comparando com resultados similares obtidos por outros pesquisadores. As futuras recomendações de pesquisa também podem ser destacadas.

Uma vez que muitos rios de áreas secas exibem reduções a jusante na descarga, potência do fluxo e transporte de sedimentos relacionados ao ambiente fluvial e controles ambientais, seus canais e planícies de inundação podem variar ao longo do perfil longitudinal (BRIERLEY; FRYIRS, 2013; FRYIRS; BRIERLEY, 2013). O ajuste do canal, como alterações no padrão, formações de unidades geomórficas e inundações, ocorrem com mais frequência em trechos médios e inferiores parcialmente confinados e não confinados (GRAVES et al., 2024; RODRIGUES; SOUZA; XAVIER, 2021), como observado nos canais parcialmente confinados e não confinados das bacias, que possuem características deposicionais. De acordo com Brierley e Fryirs (2005), trechos aluviais são mais propensos a mudanças e ajustes condicionados pelas alterações nos controles ambientais, portanto os estilos parcialmente confinados e não confinados tendem a ser mais resilientes e ajustáveis em relação aos estilos confinados (RODRIGUES et al., 2023; RODRIGUES; SOUZA; XAVIER, 2021).

Estilos fluviais confinados geralmente estão associados a formas de relevo íngremes, onde a superfície inclinada aumenta a energia do fluxo e consequentemente a competência de um rio em gerar deslocamento de partículas de sedimentos mais grosseiras. Isso condiciona o talvegue do canal a escavar o leito e lava a superfície do canal, inibindo a formação de unidade geomórficas paralelas aos canais como as planícies de inundação. Dessa maneira, a ausência de planícies de inundação acaba atribuindo uma característica confinada ao ambiente fluvial, sem extravasamento de fluxo e trabalho mecânico de transporte que supera o de deposição de sedimentos (BRIERLEY; FRYIRS, 2013, 2005; FRYIRS; BRIERLEY, 2013).

A geomorfologia dos rios de terras secas varia de rios confinados de leito rochoso com canais retos, estreitos e pouca ou nenhuma planície de inundação (GRAVES et al., 2024), exatamente como ocorre nos trechos confinados das bacias, a rios sinuosos parcialmente confinados com canal único ou multicanal com presença de planície de inundação, a rios aluviais não confinados com um ou vários canais contínuos, ramificados ou descontínuos e extensas planícies de inundação (GRAVES et al., 2024; RODRIGUES et al., 2023; TOOTH, 2000).

Os leitos rochosos dos canais confinados das bacias apresentam marmitas (*potholes*), que são formações geomorfológicas que se desenvolvem sobre rochas cristalinas, podendo ocorrer em rochas sedimentares também, mas especialmente sobre afloramentos cristalinos em sistemas fluviais, resultando da relação combinada da dinâmica hidráulica com os processos de incisão fluvial na escala de tempo geológico ($>10^3$), comandada pelas variações climáticas no quaternário (DIAS et al., 2024; LIMA, 2010). No Nordeste brasileiro, essas formações estão associadas as colisões energéticas entre os sedimentos detríticos transportados pelos rios e seus leitos de topografia descontínua, gerando abrasão circular vertical e consequentemente formando essas morfologias, como é visto nos estilos Confinados Rochosos que ocorre nas duas bacias hidrográficas.

Em relação à morfologia dos estilos parcialmente confinados e não confinados, é importante destacar que a descontinuidade de fluxo pode ocorrer em um mesmo trecho que durante uma parte do ano apresenta fluxo contínuo, isso porque a variabilidade das chuvas no semiárido brasileiro faz com que elas ocorram de maneira concentrada em apenas uma parte do ano, e, considerando que os rios não perenes não possuem uma recarga subsuperficial, seus trechos fluviais podem se tornar descontínuos no início do período seco com zonas alagadas isoladas até tornar-se totalmente secos no pico da estação seca (COSTIGAN et al., 2017; JAEGER et al., 2017; LARKIN et al., 2020; TOOTH, 2000).

Além disso, a baixa permanência de fluxo também é um fator determinante em rios não perenes, onde trechos de cabeceira em localidades erosivas podem se tornar não confinados, tendo em vista que as chuvas concentradas em apenas uma parte do ano irão gerar dissecação do relevo, mas a interrupção abrupta dos eventos de chuva reduz a competência de transporte do canal e o força a depositar o material no leito e margens, sendo os finos depositados nas margens e os grosseiros dentro do ambiente fluvial (BOAS; MARÇAL, 2013; CHARLTON, 2008b; FERGUSON; LEWIN; HARDY, 2022; POEPPL; KEESSTRA; MAROULIS, 2017; RODRIGUES; SOUZA, 2020). Esse tipo de situação ocorre no estilo fluvial não confinado na cabeceira do rio Paraíba, onde a baixa permanência de fluxo, com mais de 80% do ano com níveis baixos ou zerados de vazão associados a um índice de BFI extremamente baixo, condicionam a acumulação de sedimentos no próprio ambiente fluvial, formando canais aluviais por ausência de trabalho mecânico durante o período seco.

É importante salientar que existem trabalhos que analisam as redes de drenagens em bacias hidrográficas com enfoque estrutural, onde essas áreas de alto curso dos rios Paraíba e Piranhas são denominadas como zonas erosivas (CORDEIRO et al., 2024). Nesse sentido, os estudos na escala de trecho/alcance permitem compreender que existem comportamentos fluviais que fogem aos pressupostos das generalizações estruturais, evidenciando que variáveis como comportamento das chuvas, declividade do terreno, área de contribuição, posição na paisagem, uso e cobertura da terra, entre outros, são tão significativos quanto à estrutura geológica na morfodinâmica fluvial de rios não perenes (CHARLTON, 2008b; CHEN; OLDEN, 2017; FERGUSON; LEWIN; HARDY, 2022).

6. Conclusões

Os resultados obtidos nesta pesquisa destacam a importância de uma análise integrada entre a perenidade de fluxo, por meio do índice BFI, e a classificação de estilos fluviais em bacias hidrográficas localizadas em regiões semiáridas. A aplicação dessas metodologias possibilitou uma caracterização detalhada dos trechos de rios intermitentes e suas dinâmicas hídricas e geomorfológicas. Observou-se que os rios Paraíba e Piranhas apresentam padrões distintos de intermitência, sendo o rio Paraíba mais propenso a períodos prolongados de vazão mínima, corroborando sua classificação como fortemente intermitente. Adicionalmente, a identificação de estilos fluviais confinados e não confinados evidenciou a influência direta de fatores como a declividade do relevo, composição do material do leito e conectividade funcional, permitindo associar as características geomorfológicas às respostas hidrológicas de cada trecho.

De forma geral, os dados obtidos ressaltam a relevância de considerar a variabilidade geomorfológica e hidrológica para compreender a dinâmica dos rios em regiões secas. A análise integrada realizada neste estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre a intermitência de fluxo e os diferentes estilos fluviais, oferecendo uma base científica robusta para futuras pesquisas e gestão de recursos hídricos em ambientes semiáridos. A abordagem adotada também reforça a necessidade de integrar aspectos geomorfológicos e hidrológicos na classificação e monitoramento de bacias hidrográficas, especialmente em cenários de mudanças climáticas e aumento da variabilidade hidrológica, que podem amplificar os desafios enfrentados por esses sistemas fluviais.

Uma lacuna que existe na literatura geomorfológica é como os processos internos responsáveis pelas alterações geomórficas nos canais de terras secas podem estar associados a eventos externos e como o ritmo de inundações periódicas alteram essa morfologia a longo do tempo. Sabe-se relativamente pouco sobre as taxas e padrões desses processos de ajuste fluvial e como isso afeta a morfodinâmica e comunidade biológica associada.

Contribuições dos Autores: J.M.R.: Concepção, Curadoria de dados, Metodologia, Análise formal, Redação – escrita original. J.O.P.S.: Redação – revisão e edição, Análise formal, Investigação.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ-PB).

Referências

1. ANDRADE E FERNANDEZ. Mudanças morfológicas na seção transversal de um rio com alta açudagem: estudo de caso no rio Jaguaribe no município de Quixeré - Ceará. 2023.
2. BOAS, G. H. V.; MARÇAL, M. DOS S. AVALIAÇÃO DA SENSITIVIDADE DO SISTEMA FLUVIAL NO ALTO-MÉDIO VALE DO RIO MACAÉ (RJ) ASSESSMENT OF FLUVIAL SYSTEM SENSITIVITY IN THE HIGH MIDDLE VALLEY OF MACAÉ RIVER (RJ). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, 2013.
3. BRIERLEY; FRYIRS. *Geomorphology and river management: applications of the river styles framework*. [s.l.] John Wiley e Sons, 2013.
4. BRIERLEY, G. J. Landscape memory: the imprint of the past on contemporary landscape forms and processes. *Area*, v. 42, n. 1, p. 76–85, 2010.
5. CHARLTON. *Fundamentals of fluvial geomorphology*. [s.l.] New York: Routledge, 2008a.
6. CHEN et al. Aridity is expressed in river topography globally. p. 573–577, 2019.
7. CHEN, W.; OLDEN, J. D. Designing flows to resolve human and environmental water needs in a dam-regulated river. *Nature Communications*, v. 8, n. 1, 1 dez. 2017.
8. CONESA-GARCÍA, C. et al. Dimensionless morphological ratios versus stream power variations at bankfull stage in an ephemeral channel. *Geomorphology*, v. 361, 2020.
9. CORDEIRO, A. M. N. et al. CONDICIONAMENTO LITOESTRUTURAL DA REDE DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS-AÇU, NORDESTE DO BRASIL. *Caminhos de Geografia*, v. 25, n. 97, 20 fev. 2024.
10. COSTIGAN, K. H. et al. Understanding controls on flow permanence in intermittent rivers to aid ecological research: integrating meteorology, geology and land cover. *Ecohydrology*, v. 9, n. 7, p. 1141–1153, 2016.
11. COSTIGAN, K. H. et al. Chapter 2.2 - Flow Regimes in Intermittent Rivers and Ephemeral Streams. Em: DATRY, T.; BONADA, N.; BOULTON, A. (Eds.). *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*. [s.l.] Academic Press, 2017. p. 51–78.
12. DEVIA, G. K.; GANASRI, B. P.; DWARAKISH, G. S. A Review on Hydrological Models. *Aquatic Procedia*, v. 4, p. 1001–1007, 2015.
13. DEWAN, A. et al. Assessing channel changes of the Ganges-Padma River system in Bangladesh using Landsat and hydrological data. *Geomorphology*, v. 276, p. 257–279, 1 jan. 2017.
14. DIAS, J. et al. Controle-litoestrutural-no-desenvolvimento-de-marmitas-no-leito-rochoso-do-rio-Carnauba-Serido-Geoparque-Mundial-da-UNESCO-NE-do-Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 25, n. 3, 2024.
15. DORNELLAS, P. et al. Morphometric analyses of high paraíba river basin, semiárid region of paraíba state. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, n. 2, p. 601–614, 2020.
16. ELTNER, A.; SARDEMAN, H.; GRUNDMANN, J. Technical Note: Flow velocity and discharge measurement in rivers using terrestrial and unmanned-aerial-vehicle imagery. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 24, n. 3, p. 1429–1445, 2020.
17. FERGUSON, R. I.; LEWIN, J.; HARDY, R. J. Fluvial processes and landforms. *Geological Society Memoir*, v. 58, n. 1, p. 257–270, 2022.
18. FORTESA, J. et al. Analysing hydrological and sediment transport regime in two Mediterranean intermittent rivers. *Catena*, v. 196, 1 jan. 2021.
19. Fryirs, Kirstie A., and Gary J. Brierley. *Geomorphic analysis of river systems: an approach to reading the landscape*. John Wiley & Sons, 2012.

20. GRAVES, B. P. et al. Patterns and processes of channel and floodout adjustment in a discontinuous dryland river, semi-arid eastern Australia. *Geomorphology*, v. 446, 1 fev. 2024.
21. JAEGER, K. L. et al. Chapter 2.1 - Geomorphology and Sediment Regimes of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams. Em: DATRY, T.; BONADA, N.; BOULTON, A. (Eds.). *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams*. [s.l.] Academic Press, 2017. p. 21–49.
22. LANGAT, P. K.; KUMAR, L.; KOECH, R. Monitoring river channel dynamics using remote sensing and GIS techniques. *Geomorphology*, v. 325, p. 92–102, 15 jan. 2019.
23. LARKIN, Z. T. et al. Identifying threshold responses of Australian dryland rivers to future hydroclimatic change. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, 1 dez. 2020.
24. LARNED, S. T. et al. Longitudinal river ecohydrology: Flow variation down the lengths of alluvial rivers. *Ecohydrology*, v. 4, n. 4, p. 532–548, jul. 2011.
25. LIMA, A. G. Rios de leito rochoso: aspectos geomorfológicos fundamentais Bedrock Rivers: fundamental geomorphologic aspects. *Ambiencia*, v. 6, n. 2, ago. 2010.
26. LIMA, K. C. et al. fluvial responses to external and internal forcing: Upper Holocene dynamics in a low latitude semi-arid region in South America. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 112, p. 103545, 2021.
27. PHILLIPS, J. D. Emergence and pseudo-equilibrium in geomorphology. *Geomorphology*, v. 132, n. 3–4, p. 319–326, 2011.
28. POEPPL, R. E.; KEESSTRA, S. D.; MAROULIS, J. A conceptual connectivity framework for understanding geomorphic change in human-impacted fluvial systems. *Geomorphology*, v. 277, p. 237–250, 2017.
29. RODRIGUES, J. ESPACIALIZAÇÃO DAS CHUVAS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA. *Northeast Geosciences Journal* v. 6, p. 1, 2020.
30. RODRIGUES, J. M. et al. Geomorphic changes in river styles in a typical catchment of the Brazilian semiarid region. *CATENA*, v. 232, p. 107423, nov. 2023.
31. RODRIGUES, J. M.; SOUZA, J. O. P. TYPOLOGY OF FLUVIAL CHANNELS AS A MECHANISM FOR THE IDENTIFICATION OF SENSITIVITY AND POTENTIAL FOR RECOVERY IN A DRAINAGE BASIN IN THE SEMIARID OF PARAÍBA – MUNICIPALITY OF SÃO JOÃO DO TIGRE (PB). *Revista de Geociencias do Nordeste*, v. 6, n. 2, p. 266–276, 2020.
32. RODRIGUES, J. M.; SOUZA, J. O. P. DE; XAVIER, R. A. PROPENSÃO À MODIFICAÇÃO DE RIOS A PARTIR DA SENSITIVIDADE DE ESTILOS FLUVIAIS EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA (BRASIL). *Caminhos de Geografia*, v. 22, n. 82, p. 292–313, 2021.
33. SANDERCOCK, P. J.; HOOKE, J. M.; MANT, J. M. Vegetation in dryland river channels and its interaction with fluvial processes. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, v. 31, n. 2, p. 107–129, 2007.
34. SUTFIN, N. A. et al. A geomorphic classification of ephemeral channels in a mountainous, arid region, southwestern Arizona, USA. *Geomorphology*, v. 221, p. 164–175, 2014.
35. TOOTH, S. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research *Earth-Science Reviews*. [s.l.: s.n.], 2000.
36. Wentworth, C. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377–392., 1992.
37. ZIPPER, S. et al. Alternative stable states and hydrological regime shifts in a large intermittent river. *Environmental Research Letters*, v. 17, n. 7, 2022.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.