

IMPACTOS ANTRÓPICOS ASSOCIADOS AO ESTILO FLUVIAL VALE PARCIALMENTE CONFINADO COM LEITO ARENOSO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BASTIÕES – CEARÁ

Vanessa Martins Lopes, Osvaldo Girão; Jonas Otaviano Praça de Souza

INTRODUÇÃO

A compreensão dos sistemas fluviais em termos fisiográficos e fisiológicos é primordial para o sucesso da gestão ambiental e territorial. Os impactos das ações antrópicas têm alterado cada vez mais os padrões hidrogeomorfológicos, e devem ser compreendidos, a fim de promover ações que mitiguem esses efeitos, priorizando a manutenção da dinâmica natural do rio.

O entendimento da bacia hidrográfica a partir da diversidade fluvial é um fator de suma importância para o planejamento e gestão de recursos hídricos. Os canais fluviais refletem, em sua morfologia e comportamento uma gama de controles e, através da interação processos-resposta são responsáveis pela gênese e evolução da paisagem. Nesse sentido, é necessário compreender que a análise de uma bacia hidrográfica deve ser feita considerando uma interação escalar, e sob a perspectiva de que um canal fluvial pode apresentar diversas tipologias ou “Estilos Fluviais”.

Um Estilo Fluvial (*River Style*) pode ser compreendido como um trecho do rio com um conjunto comum de características geomorfológicas e hidrodinâmicas, cuja identificação é importante, pois registra o caráter e o comportamento do rio a partir de um contexto que integra a bacia hidrográfica. Essa bacia, deve ser analisada a partir de três campos: planta do canal, unidades geomórficas do canal fluvial e planície de inundação, e textura do leito (BRIERLEY *et al.*, 2002; BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

A classificação dos estilos fluviais fornece um modelo integrado de análise multiescalar que abrange as escalas de bacia hidrográfica (controles e características gerais), unidades de paisagem (controles topográficos sobre as morfologias e comportamento fluvial), estilos fluviais (trechos do canal com homogeneidade quanto aos arranjos morfológicos e processuais), unidades geomórficas (arranjos erosivos e materiais disponíveis) e unidades hidráulicas (características do fluxo e sua interação superfície – subsuperfície - substrato) (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

Os rios apresentam formas, comportamentos e características evolutivas notadamente diferentes (entre e dentro das bacias hidrográficas). Assim sendo, estas devem ser gerenciadas individualmente e de maneira flexível, reconhecendo como, onde

e porquê as formas e processos mudaram ao longo do tempo. A capacidade de ajuste e estabilidade fluvial frente às perturbações, varia de acordo com cada estilo fluvial, sendo alguns sistemas mais sensíveis à distúrbios físicos e biológicos do que outros. Quando se conhece cada tipo fluvial, é possível prever possíveis comportamentos e determinar a capacidade de ajuste para cada estilo, interpretando as possíveis maneiras pelas quais um rio pode se ajustar dentro de uma configuração de vale (BRIERLEY *et al.*, 2002).

Essa visão é imprescindível frente a um modelo tradicional de gestão e manejo fluvial mundial, que tem priorizado o “*design*” dos rios e a “domesticação fluvial” (adaptando o fluxo e modificando o seu comportamento para condições desejadas). Além disso, frequentemente os rios têm sido geridos de alguma forma, com ênfase indevida em sua estabilidade, mesmo diante da sua inerente condição de equilíbrio dinâmico (BRIERLEY; FRYIRS, 2008 *apud* MARÇAL; LIMA, 2016; BRIERLEY *et al.*, 2002; CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os impactos antrópicos nos sistemas fluviais são provocados fundamentalmente por alterações no regime de fluxo, induzido por alterações nas condições de escoamento; no regime de sedimentos, resultado de alterações na produção (falta ou excesso) e entrega de material sedimentar, e na distribuição dos elementos de resistência ao longo do vale, como tipos de vegetação e outras coberturas do solo (FRYIRS; BRIERLEY, 2013). Nesse contexto, destaca-se a importância de práticas de gerenciamento baseadas no trabalho sobre as causas dos problemas em vez das consequências, já que a prevenção é mais barata e eficaz do que a reparação dos danos. A detecção precoce de sinais de degradação é fundamental em sistemas fluviais de terras secas, onde a condição degradada pode ser difícil de reverter (POEPPL *et al.*, 2020; SACO *et al.*, 2020).

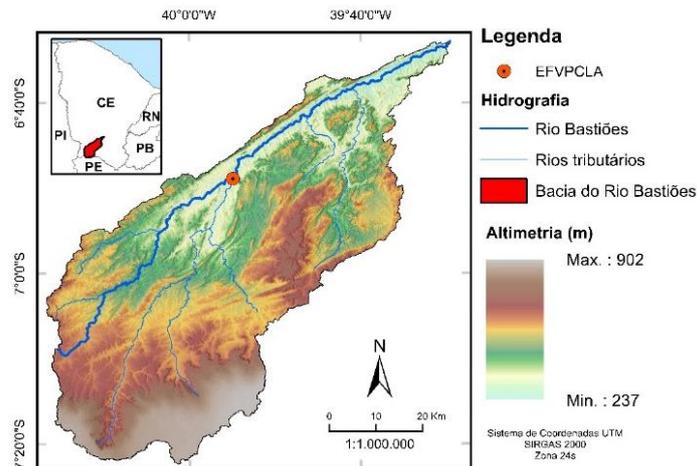
Este trabalho fundamenta-se no conceito de *River Styles* (Brierley; Fryirs, 2005), e nesse sentido, visa apresentar os principais aspectos do Estilo Fluvial Vale Parcialmente Confinado com Leito Arenoso, na Bacia Hidrográfica do Rio Bastiões (BHRB), sul do estado do Ceará, e os impactos antrópicos associados a essa tipologia de rio. Identificamos intervenções indiretas, relacionadas ao uso da terra, especialmente para fins agropecuários, e diretas, ligadas a alterações no canal fluvial.

A área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Bastiões (BHRB) está localizada na porção sul do estado do Ceará (figura 01), e faz parte da bacia Alto Jaguaribe. Em termos megamorfotecturais, está dentro do contexto geotectônico da Província Borborema,

enquadrada em maior proporção na Subprovíncia Setentrional. A área envolve dois domínios geomorfológicos distintos: o da Chapada do Araripe – comandado por fatores topográficos associados ao relevo de topo tabuliforme – e da Depressão Sertaneja II – parte das grandes depressões interplanálticas semiáridas (BRANDÃO; FREITAS, 2014).

Figura 01 – Modelo Digital de Elevação e localização da Bacia Hidrográfica do Rio Bastiões.



Fonte: Elaborado pela autora.

A área, embora apresente setores com clima tropical semiárido brando e subúmido, é marcada em maior proporção pelo clima semiárido, com a ocorrência de duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. Já as coberturas vegetais mais expressivas espacialmente são a Caatinga do Cristalino (caatinga *sensu stricto*) e a Caatinga do Sedimentar (carrasco), que refletem a influência dos litotipos sobre a variabilidade da paisagem.

Materiais e métodos

Para a classificação dos estilos fluviais, foi necessário a compreensão do contexto físico-ambiental da bacia hidrográfica, requerendo portanto, o levantamento e elaboração de material cartográfico (altimetria, declividade, geologia, etc.). Para o Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizou-se a imagem de satélite *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros. Do MDE derivou-se o mapa das classes de declividade. Os dados geológicos foram obtidos junto à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) na escala de 1: 500.000. Todos os mapas foram obtidos através de geoprocessamento com o uso do *software* ArcGIS 10.8.

Utilizando como aporte os mapas temáticos produzidos na primeira fase e o *Google Earth Pro*, partimos para as etapas relacionadas especificamente à metodologia dos *River Styles*: a construção dos perfis de controle fluvial, a classificação do grau de confinamento do vale, a classificação da bacia em unidades de paisagem e a definição e mapeamento das tipologias de rio (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Subsequentemente, realizamos trabalhos de campo para validação dos dados e levantamento aerofotogramétrico.

A partir de um trecho representativo, foram identificados impactos antrópicos em campo e através de imagens de satélite. Estruturas que interceptam o fluxo, tais como vias de acesso ou barragens, e usos associados à atividades agropecuárias ou urbanas, como desmatamento ou impermeabilização do solo, são alguns dos impactos identificados. Os mesmos podem ser diretos, ou seja, aqueles ligados à alterações diretas no canal fluvial, ou indiretos, isto é, que indiretamente afetam a morfologia e dinâmica fluvial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Estilo Fluvial Vale Parcialmente Confinado com Leito Arenoso (EFVPCLA) é um dos cinco tipos de rios encontrados na BHRB (figura 02- A), e se encontra disperso na bacia, sobre o substrato geológico cristalino, esculpindo diversas litologias, sendo a maior delas o Plúton Campos Sales- Assaré, com uma litotipo composto por granitos, monzogranitos e granodioritos grossos e porfiríticos. Associa-se às diversas unidades de paisagem detalhadas por Lopes (2023), mas concentra-se especialmente no Pedimento dissecado recoberto por caatinga e mata seca com uso agropecuário e urbano (Pdcmau).

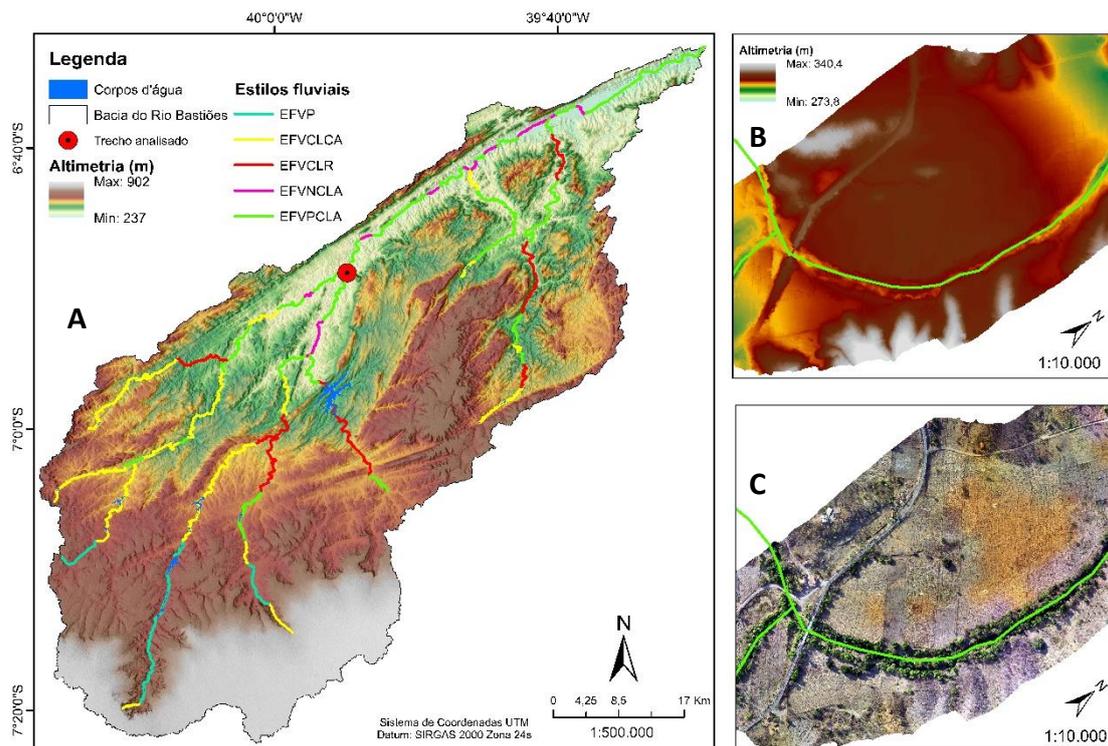
Esse estilo é caracterizado por um gradiente baixo que varia entre 0,5 e 1 m/km no canal principal, devido a sua ocorrência concentrada no médio e baixo curso do rio, onde modela em grande proporção o pedimento dissecado. Nos tributários o gradiente é um pouco maior, variando entre 2 a 5m/km, já que estes drenam uma topografia mais dissecada, como a superfície dissecada em cristas, na qual este estilo antecede ou sucede trechos de vale confinado, geralmente de leito rochoso.

Conforme é visível na figura 02- B e C, por ser classificado como parcialmente confinado, caracteriza-se pela presença alternada ou descontínua de planícies de inundação (entre 10 a 90%). Estas, podem se apresentar mais ou menos desenvolvidas, em uma margem ou em ambas as margens do canal.

O trecho analisado figura 02 B e C apresenta uma ampla planície de inundação na margem esquerda (figura 03- C). A margem direita está confinada com uma encosta

degradada por processos erosivos de ravinamento (figura 03-B e C). Esse processos erosivos associados à cobertura vegetal reduzida da encosta, já como resultado do processo de ravinamento, fornece uma grande quantidade de sedimento para o canal e a planície aluvial nos períodos de chuva. Assim, no trecho observado esse processo induz à formação de unidades geomórficas deposicionais como as barras arenosas, contribuindo para o aumento da desconectividade.

Figura 02 - A- Estilos fluviais da BHRB; B- MDE do EFVPCLA; C- ortofoto do EFVPCLA.



Legenda: EFVP: Estilo Fluvial Vale Preenchido; EFVCLCA: Estilo Fluvial Vale Confinado com Leito Cascalhento e Arenoso; EFVCLR: Estilo Fluvial Vale Confinado com Leito Rochoso; EFVNCLA: Estilo Fluvial Vale Não Confinado com Leito Arenoso; EFVPCLA: Estilo Fluvial Vale Parcialmente Confinado com Leito Arenoso.

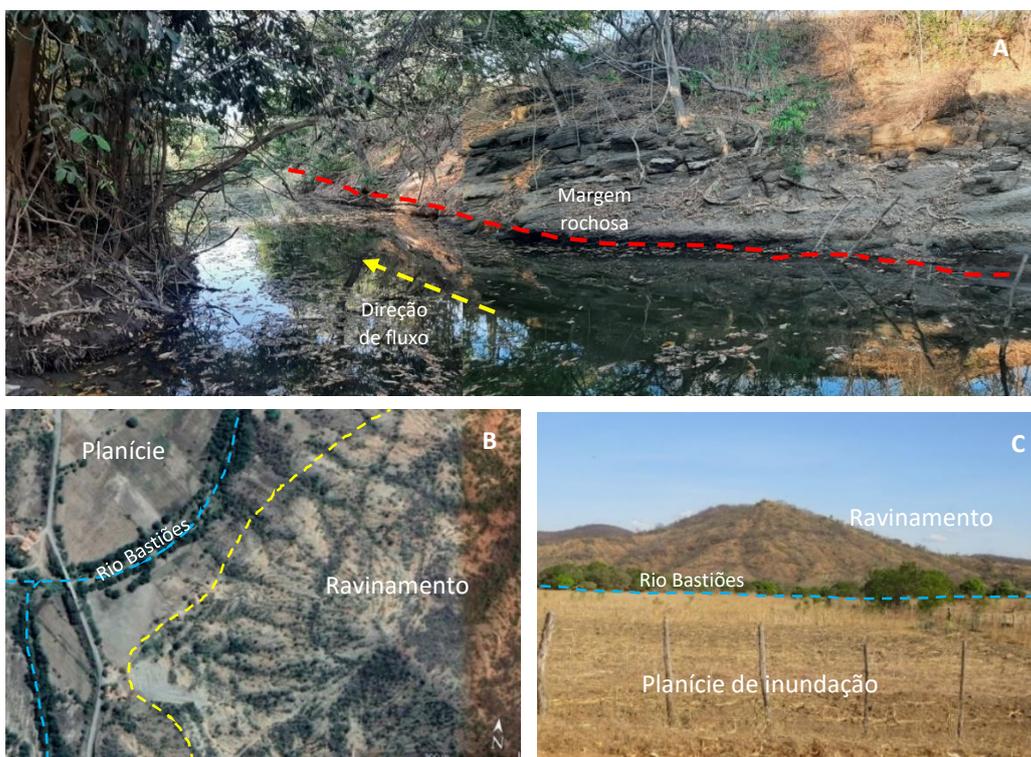
Fonte: Elaborado pela autora.

Situações como a verificada na figura 03- B, denotam o papel antrópico na mudança da paisagem, elucidando que a degradação em encostas semiáridas pode estar ligada a efeitos de *feedback* entre processos erosivos e vegetação, interferindo em mudanças na conectividade (MAXWELL *et al.*, 2021; SACO *et al.*, 2020).

O canal fluvial nesse estilo pode estar confinado em alguns trechos diretamente com encostas íngremes ou suaves, com margens rochosas (figura 03- A), ou com materiais mais coesos, geralmente de textura mais fina. Sua sinuosidade pode variar de baixa a média em alguns trechos. O canal, predominantemente contínuo, pode por vezes se

apresentar descontínuo, em virtude da baixa declividade em alguns trechos, associado à alta disponibilidade de sedimento e a menor competência de transporte. Alguns trechos pode conter canais secundários, contornando ilhas ou barras arenosas fixas com certo grau de cobertura vegetal, ou múltiplos canais, ativados nos momentos de maior vazão. Na planície de inundação podem ocorrer áreas de *backswamp*, isto é, áreas mais deprimidas e mal drenadas, onde se depositam materiais de textura fina, quando, em momentos de maior vazão, o fluxo alcança amplamente a planície aluvial.

Figura 03- A- Canal confinado na margem direita com encosta rochosa; B- processo de ravinamento; C- ampla planície de inundação do EFVPCLA (rio Bastiões, Assaré-CE).



Fonte: *Google Earth*; a autora (maio e outubro de 2021).

O leito é predominantemente arenoso, sendo comum feições típicas de rios aluviais como barras arenosas. A perda de competência de transporte também é responsável pela formação de diques marginais em alguns trechos, que apresentam diferença positiva de alguns metros entre as margens do canal e a planície. Especialmente no baixo curso, próximo ao exutório, ocorre a presença de terraços fluviais.

Nos períodos de baixa vazão a água superficial se restringe às poças e depressões no leito, bem como às pequenas barragens no canal. Já a água subsuperficial, de suma importância para a comunidade local, é explorada através da perfuração de poços

amazonas e em períodos de seca prolongada, cujo nível freático diminui intensamente, em cacimbas escavadas dentro do próprio leito do rio.

O segmento mapeado, assim como os demais trechos à jusante do Açude Canoas, até certa distância, são perenizados artificialmente por esta barragem nos períodos de seca. Essa perenização, ainda que de suma importância socioeconômica para as comunidades ribeirinhas, implica em alterações no regime hidrogeomorfológico, sedimentar e biológico, que alteram o padrão fisiográfico e a dinâmica fluvial.

Há a presença de depósitos tecnogênicos associados à construção de pequenas barragens, além de passagens molhadas e pontes. Esses impedimentos causam um comportamento fluvio-lagunar, onde a continuidade do fluxo do canal foi parcial ou totalmente interrompida e os sedimentos são induzidos ao processo agradacional.

Em alguns trechos desse estilo fluvial ocorre a extração mineral de areia do leito do canal. A partir dessa atividade há o desencadeamento de diversos problemas como o desmatamento da vegetação ripária (Área de Preservação Permanente- APP), o déficit na taxa local de sedimentos, o aumento de processos erosivos, a alteração do curso fluvial, a compactação do solo, a interferência na biota local, riscos de contaminação da água, entre outros (SANTOS; SAAD; STEVAUX, 2015; VIEIRA; REZENDE, 2015).

A intervenção antrópica indireta também se dá através de atividades agropecuárias realizadas tanto na planície de inundação quanto nas áreas de encostas, bem como através da implantação de infraestruturas como pequenas barragens, estradas, cercas, pontes e perfuração de poços. Além disso, esse estilo é afetado por alterações relacionadas aos ambientes urbanos como impermeabilização do solo e alterações nas taxas de escoamento superficial, como ocorre no trecho nas proximidades da zona urbana de Tarrafas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As intervenções antrópicas sobre o EFVPCLA podem ser indiretas, associadas ao uso da terra, como o desmatamento e queimada da cobertura vegetal nas encostas, planícies e margens fluviais, para fins especialmente agropecuários, ou impermeabilização do solo em ambientes urbanos. Essas ações implicam na alteração das taxas de produção e transporte de sedimentos, desencadeando o assoreamento e processos erosivos avançados, como já se é observado na bacia.

Também podem ser observadas alterações diretas no canal, por meio da construção de estruturas, como vias de acesso, barragens, poços, além de atividades como a extração mineral de areia. Essas ações alteram as morfologias e processos fluviais,

induzindo à desconectividade por meio da erosão do leito e das margens, assoreamento, formação de depósitos tecnogênicos e alteração do nível de base local.

O teor desse trabalho é ainda introdutório, o que não retira a sua importância, mas requer uma continuidade por meio de análises de cunho mais quantitativo, a fim de melhor compreender a intervenção antrópica nessa bacia e nesse estilo de rio. Acreditamos que a demanda é iminente, e somente a partir da compreensão dos arranjos, processos e intervenções antrópicas sobre os sistemas fluviais, será possível desenvolver estratégias de gestão mais específicas e eficazes.

Palavras-chave: Geomorfologia; *River Styles*; Semiárido, Rios de Terras Secas.

REFERÊNCIAS

- BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. **Geodiversidade do estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2014. 214 p.
- BRIERLEY, G. *et al.* Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. **Applied Geography**, v. 22, n. 1, p. 91-122, 2002.
- BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework**. Blackwell Publishing, 2005. 398 p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J. **Geomorphic analysis of river systems: an approach to reading the landscape**. John Wiley & Sons, 2013.
- LOPES, V. M. **Análise da conectividade da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Bastiões (BHRB) – Ceará**. 2023. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.
- MARÇAL, M. S.; LIMA, R. N. S. Abordagens Conceituais Contemporâneas na Geomorfologia Fluvial. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 1, p. 17-34, 2016.
- MAXWELL, C. M. *et al.* Managing flood flow connectivity to landscapes to build buffering capacity to disturbances: An ecohydrologic modeling framework for drylands. **Journal of Environmental Management**, v. 278, p. 111486, 2021.
- POEPPL, R. E. *et al.* Managing sediment (dis) connectivity in fluvial systems. **Science of the Total Environment**, v. 736, p. 139627, 2020.
- SACO, P. M. *et al.* Using hydrological connectivity to detect transitions and degradation thresholds: Applications to dryland systems. **Catena**, v. 186, p. 104354, 2020.
- SANTOS, D. N.; SAAD, A. R.; STEVAUX, J. C. Mineração de Areia em Canais Fluviais de Grandes Rios Tropicais: Análise na Extração de Areia No Alto Curso do Rio Paraná entre os Municípios de Marilena e Guaíra (PR). **Revista ESPACIOS** | Vol. 36, n. 13, 2015.
- VIEIRA, E. G.; REZENDE, E. N. Exploração Mineral de Areia e Meio Ambiente Ecologicamente Equilibrado: É possível conciliar? **Sustentabilidade em Debate**, v. 6, n. 2, p. 171-192, 2015.