



Características morfológicas, hidrodinâmicas e sedimentológicas de uma bacia com regime efêmero em Limoeiro do Norte, Ceará

José Hamilton Ribeiro Andrade¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9016-0128>
Oscar Vicente Quinonez Fernandez² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0043-6918>
Andrea Almeida Cavalcante³ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3291-8855>
Marcos de Brito Bezerra⁴ - Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7565-3740>

¹ Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza/CE, Brasil*

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil**

³ Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza/CE, Brasil***

⁴ Escola de Ensino Médio Lauro Rebouças de Oliveira, Limoeiro do Norte/CE, Brasil****

Artigo recebido em 05/03/2024 e aceito em 04/11/2024

RESUMO

O trabalho descreve às características morfológicas hidrodinâmicas e sedimentológicas da bacia Sítio Saquinho composta integralmente por canais com regime efêmero, situada no município de Limoeiro do Norte (CE) na sub-bacia do Baixo Jaguaribe. O clima predominante na área de estudo é o Tropical Semiárido, caracterizado por um período chuvoso de quatro meses, permanecendo seco o resto do ano. A temperatura média anual varia de 26° a 28°C e a precipitação média anual é de 720,5 mm. A área da bacia do Sítio Saquinho é de 7,93 km² e engloba três unidades de relevo: paleo-terraços do rio Jaguaribe, inselberg e chapada do Apodi. A morfologia do canal foi estudada através de perfis transversais levantados em outubro de 2021 com auxílio de Estação Total. As variáveis morfológicas largura, profundidade média e área da seção transversal foram obtidas tendo como referência o topo das barras arenosas depositadas pela vazão dominante gerada pela maior precipitação do ano. A partir das variáveis citadas, foram estimadas mediante equações empíricas, outras grandezas como velocidade do fluxo, vazão dominante, tensão de cisalhamento, etc. Os canais foram classificados pela proposta de Rosgen na tipologia B caracterizada por entalhamento moderado, relação Largura/Profundidade > 12, índice de sinuosidade > 1,2 e declividade do leito < 0,02 m/m. Também foram estabelecidas as relações da geometria hidráulica a jusante que evidenciou o aumento da profundidade em detrimento da largura do canal. O entalhamento do canal pode refletir a mudança no uso da terra com a conversão da vegetação nativa da caatinga para agricultura.

Palavras-chave: semiárido; vazão dominante; seção transversal.

* Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará (UECE). E-mail: hamilton.meioambiente@yahoo.com.br

** Doutor em Geociências pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), professor do curso graduação de Geografia e no Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). E-mail: oscar.fernandez@unioeste.br

*** Doutora em Geografia Física pela Universidade Federal Fluminense (UFF), professora da Universidade Estadual do Ceará e da Pós-Graduação em Geografia (PROGEO/UECE). E-mail: andrea.cavalcante@uece.br

**** Mestre em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará (UECE), professor do Ensino Básico, Área de Ciências Humanas Sociais e Aplicadas da Escola de Ensino Médio Lauro Rebouças de Oliveira, Limoeiro do Norte/CE. E-mail: marcos_geo@hotmail.com

Morphological, hydrodynamic and sedimentological characteristics of an ephemeral drainage channel at Limoeiro do Norte, Ceara State, Brazil

ABSTRACT

The work describes the morphological, hydrodynamic and sedimentological characteristics of the Sítio Saquinho watershed, composed entirely of channels with an ephemeral regime, located in the municipality of Limoeiro do Norte, Ceara state, Brazil. The predominant climate in the study area is Tropical Semi-Arid, characterized by a four-month rainy period, remaining dry for the rest of the year. The average annual temperature varies from 26° to 28°C and the average annual rainfall is 720.5 mm. The area of the Sítio Saquinho watershed is 7.93 km² and encompasses three relief units: paleo-terraces of the Jaguaribe River, inselberg and Apodi plateau. The morphology of the channel was developed through transversal profiles surveyed in October 2021 with the help of the total station TKS 202. The morphological variables width, average depth and cross-sectional area were obtained using as a reference the top of the sandy bars deposited by the dominant flow generated by the highest incidence of the year. From the evaluations, other quantities such as flow velocity, dominant flow, shear stress, etc. were estimated using empirical equations. The channels were classified according to Rosgen's proposal in typology B defined by moderate notching, width/depth ratio >12, sinuosity index >1.2 and bed slope <0.02 m/m. Relationships of the downstream hydraulic geometry were also established, which showed an increase in depth at the expense of channel width. The deepening of the channel may reflect the change in land use with the conversion of native caatinga vegetation to agriculture.

Keywords: semi-arid; channel-forming flow; channel cross-section.

Características morfológicas, hidrodinámicas y sedimentológicas de una cuenca de régimen efímero en Limoeiro do Norte, Ceará

RESUMEN

El trabajo describe las características morfológicas hidrodinámicas y sedimentológicas de la cuenca del Sítio Saquinho, compuesta íntegramente por canales de régimen efímero, ubicada en el municipio de Limoeiro do Norte, estado de Ceará, Brasil, en la subcuenca del Bajo Jaguaribe. El clima predominante en el área de estudio es Tropical Semiárido, caracterizado por un período lluvioso que dura cuatro meses, permaneciendo seco el resto del año. La temperatura media anual varía de 26° a 28°C y la precipitación media anual es de 720,5 mm. El área de la cuenca del Sítio Saquinho es de 7,93 km² y comprende tres unidades de relieve: paleoterrazas del río Jaguaribe, inselberg y Chapada do Apodi. La morfología del canal se estudió a través de perfiles transversales levantados en octubre de 2021 con ayuda de una Estación Total. Las variables morfológicas ancho, profundidad promedio y área de sección transversal se obtuvieron tomando como referencia la parte superior de las barras arenosas depositadas por el flujo dominante generado por las mayores precipitaciones del año. A partir de las variables antes mencionadas se estimaron mediante ecuaciones empíricas otras cantidades como velocidad de flujo, flujo dominante, esfuerzo cortante, etc. Los canales se clasificaron según la propuesta de Rosgen en la tipología B, caracterizada por entallado moderado, relación Ancho/Profundidad >12, índice de sinuosidad >1,2 y pendiente del lecho <0,02 m/m. También se establecieron las relaciones de geometría hidráulica aguas abajo, las cuales mostraron un aumento de profundidad a expensas del ancho del canal. La profundización del canal puede reflejar el cambio en el uso del suelo con la conversión de la vegetación nativa de caatinga a la agricultura.

Palabras-chaves: semiárido, flujo dominante, sección transversal.

INTRODUÇÃO

Os processos fluviais atuantes em rios de regiões secas são muito diferentes daqueles processos que dominam nos sistemas fluviais de regiões úmidas (Graf, 1988; Bull; Kirkby, 2002; Reid; Frostick, 2011). Os canais de drenagem são classificados, de acordo com o regime de fluxo em perenes, intermitentes e efêmeros, sendo o primeiro vinculado a regiões úmidas e os dois últimos a regiões áridas e semiáridas.

Tooth (2000) destaca as principais características dos rios de regiões secas: 1) grande variação espacial e temporal da precipitação, 2) decréscimo da vazão em direção a jusante pela perda de transmissão devido a infiltração, 3) rápido aumento e diminuição da vazão durante as fortes chuvas de curta duração, 4) ocorrência de vazões com baixa frequência e alta magnitude (vazão dominante) e vazões secundárias com alta frequência e baixa magnitude e 5) o papel da presença/ausência da vegetação marginal.

No Brasil, estudos de geomorfologia fluvial em regiões úmidas são abundantes desde a década de 1980. Entretanto, trabalhos sobre essa temática em regiões secas do Nordeste apareceram somente nas últimas décadas. Destacamos os artigos publicados por Araújo (2002, 2007), Araújo e Knight (2005), Corrêa (2011), Souza e Corrêa (2012), Cavalcante e Cunha (2012), Souza et al. (2016), Araújo et al. (2017), Lima e Lupinacci (2019), Coelho e Andrade (2020), Souza e Hooke (2021), Silva et al. (2022), Rabelo et al. (2022) e Rodrigues et al. (2023).

A hidrologia nos rios de regiões secas é marcadamente diferente de rios de regiões úmidas. A magnitude das inundações é maior nas regiões secas do que em regiões úmidas, principalmente se a condição geológica favorecer maior escoamento e menor infiltração. Por exemplo, Graf (1988) relata que numa região úmida como Pensilvânia (EUA), a enchente com 50 anos de recorrência é 2,5 vezes maior do que a vazão média anual do rio, enquanto uma enchente com o mesmo tempo de retorno numa região árida como Arizona (EUA), é 280 vezes maior do que a vazão média. Esta discrepância é decorrente do maior escoamento superficial que ocorre nas regiões secas em comparação com as regiões úmidas. A escassa vegetação e os solos mais compactados nas áreas secas favorecem a maior taxa do escoamento superficial (Thornes, 1994).

A geometria dos canais dos rios nas regiões secas é construída durante as grandes enchentes (Graf, 1988; Goodrich et al., 1997; Corrêa, 2011) através das vazões dominantes (dominant discharges) também chamadas de formadoras (channel-forming flow), que transportam o maior volume de sedimentos. Estas vazões possuem tempo de recorrência que varia amplamente, de 1 a 32

anos segundo Graf (1988) ou de 10 a 50 anos de acordo com Shannon et al. (2002). Na bacia do rio Jaguaribe, localizada na região semiárida do Nordeste brasileiro, Cavalcante (2018) observou que tanto as vazões de margens plenas como as permanências de fluxos inter-relacionam-se diretamente com a descarga efetiva, que seria àquela responsável pelas maiores alterações morfológicas do canal. Nessa bacia, a autora comprovou que o tempo de recorrência da vazão de margens plenas (bankfull) é superior a três anos. Nas regiões úmidas, o tempo de recorrência das vazões bankfull varia de 1 a 2 anos e transportam o maior volume de sedimentos (Leopold et al., 1964; Leopold, 1994; Castro; Jackson, 2001).

A morfologia dos canais efêmeros é produto da ação das vazões dominantes e sub-dominantes (Wolman; Gerson, 1978). As mudanças substanciais na morfologia do canal, que consistem em expressivas taxas de erosão e deposição, são impostas pelas grandes e infrequentes vazões dominantes geradas pelas chuvas concentradas. Por outro lado, as vazões menores e mais frequentes provocadas por precipitações menos expressivas, são denominadas neste trabalho de descargas sub-dominantes. Estas vazões esculpem as feições morfológicas formadas anteriormente pelas vazões dominantes. O termo sub-dominante é usado no presente trabalho com a mesma intenção com a que empregado o termo sub-bankfull usado para se referir as descargas menores às de margens plenas (Bourke, 2002; Tillinghast et al., 2011, Dumitriu, 2018; Conesa-García et al., 2022).

Devido à baixa frequência das vazões formadoras nas regiões úmidas, os indicadores morfológicos e sedimentológicos utilizados para identificar tais vazões são preservados e reconhecidos com facilidade (Williams, 1978), enquanto nos canais efêmeros das regiões secas, os indicadores são obliteração pelo vento, chuva ou ação biológica em razão do grande intervalo de retorno das vazões dominantes (Baker, 1977; Schumm et al., 1984).

O objetivo do presente trabalho é descrever às características morfológicas hidrodinâmicas e sedimentológicas de um canal de drenagem efêmero tendo como referência o nível da vazão dominante. A drenagem em estudo denominada de Sítio Saquinho localiza-se no município de Limoeiro do Norte (CE) e é contribuinte da margem direita do rio Jaguaribe (Figura 1).

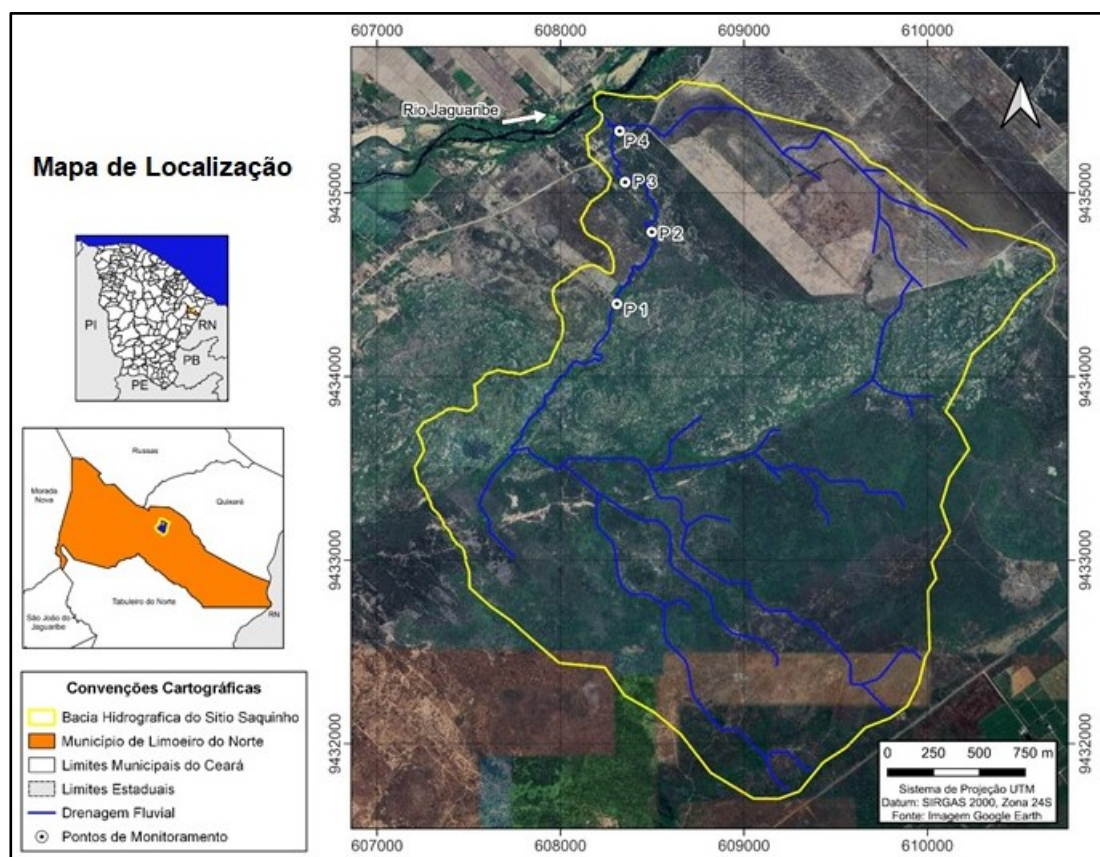
A bacia hidrográfica do Sítio Saquinho se localizada no município de Limoeiro do Norte (Figura 1), situado na porção leste do Estado do Ceará, na região de planejamento do Vale do Jaguaribe e distante da capital Fortaleza 162 km. Limoeiro do Norte limita com os municípios de Russas, Quixeré, Tabuleiro do Norte, São João do Jaguaribe, Morada Nova e com o Estado do Rio Grande do Norte (IPECE, 2023).

O município de Limoeiro do Norte apresenta uma extensão territorial de 750,1 km², correspondendo a 0,5% da área total do Estado do Ceará, seu território faz parte de três das cinco sub-bacias hidrográficas do rio Jaguaribe, sendo as sub-bacias do Banabuiú, Médio Jaguaribe e Baixo Jaguaribe (IPECE, 2023). Conforme Andrade e Maia (2018), o rio Jaguaribe é um dos principais rios do Estado do Ceará com aproximadamente 610 km de extensão drenando vários municípios cearenses.

O clima predominante na área de estudo é o Tropical Semiárido, que é caracterizado por um período chuvoso de quatro meses, permanecendo seco o resto do ano. A temperatura média anual varia de 26° a 28°C e a precipitação média anual é de 720,5 mm (FUNCEME, 2023), sendo este último valor superior as médias mundiais para o clima semiárido que variam de 200 a 500 mm/ano (Grove, 1977). O principal mecanismo produtor de chuva na região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua de fevereiro a maio e corresponde a uma área de intensa atividade convectiva, baixas pressões, alta nebulosidade e abundante precipitação (Ferreira; Mello, 2005).

Os elevados coeficientes de temperatura ao longo do ano, contribuem para um balanço hídrico deficitário durante boa parte do ano na região do Baixo Jaguaribe (Souza et al., 2006). Nas últimas décadas, a mudança no uso da terra mais relevante no Baixo Jaguaribe ocorreu pela conversão de vegetação nativa (caatinga rasteira e arbórea) para agricultura, principalmente na chapada do Apodi (Gameiro et al., 2023).

Figura 1- Localização do canal efêmero Sítio Saquinho no trecho inferior do rio Jaguaribe, município de Limoeiro do Norte (CE).



Fonte: Os autores.

A bacia do Sítio Saquinho, composta integralmente por canais efêmeros, apresenta uma área de 7,93 km² e um perímetro de 12,6 km, sendo um dos tributários do rio Jaguaribe, situado na sua margem direita no seu baixo curso. A área em estudo está inserida geologicamente no Domínio Setentrional da Província Borborema, apresentando as seguintes unidades litoestratigráficas: granitoides do embasamento cristalino; rochas sedimentares da Bacia Potiguar (Formações Açu e Jandaíra) e os depósitos Quaternários da planície aluvial do rio Jaguaribe (Silva, 2017; Lima, 2022).

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia do Sítio Saquinho é formada por três unidades de relevo, sendo elas: planície fluvial (paleo-terraços) do rio Jaguaribe, inselbergs e chapada do Apodi (Lima, 2022).

A planície do rio Jaguaribe é formada por depósitos aluvionares (paleo-terraços), constituído de sedimentos inconsolidados formados por seixos, areias finas a grossas, com níveis de cascalhos e argilas, datando do período Quaternário (Pinéo; Palheta, 2021). Na margem direita do rio Jaguaribe,

os depósitos aluviais repousam sobre os arenitos da Formação Açú. A largura do vale aluvial do rio Jaguaribe pode alcançar até 10 km de largura (Maia, 2005).

Os inselbergs presentes na bacia do Sítio Saquinho apresentam feições convexas ao longo da planície do rio Jaguaribe. Conforme Maia (2005), esses inselbergs vem sendo exumados pela rede de drenagem, que promove a erosão lateral e o recuo da Chapada do Apodi. Estes relevos graníticos pertencem ao domínio dos complexos granitóides deformados da suíte intrusiva Itaporanga, datam do Neoproterozóico apresentando textura porfirítica com cristas bem desenvolvidas constituídas de feldspato com algumas feições de fraturamento, também são encontradas feições pontuais de enclaves máficos (CPRM, 2014).

A Chapada do Apodi é caracterizada por superfícies baixas, formada por rochas da Bacia Sedimentar Potiguar, capeada por calcários da Formação Jandaíra sobrepostos aos arenitos da Formação Açú com estrutura que mergulha na direção do litoral com declives muito suaves (Souza et al., 2006). Os calcários são fossilíferos de coloração bege e cinza claro, calcarenitos e calcilutitos, datado do Cretáceo Superior. Já a Formação Açú é formada por arenitos de cores cinza e vermelha, de granulação fina a média, localmente conglomeráticos, interestratificados com siltitos calcíferos ou não, e folhetos são datados do Cretáceo Inferior (Pinéo; Palheta, 2021).

METODOLOGIA

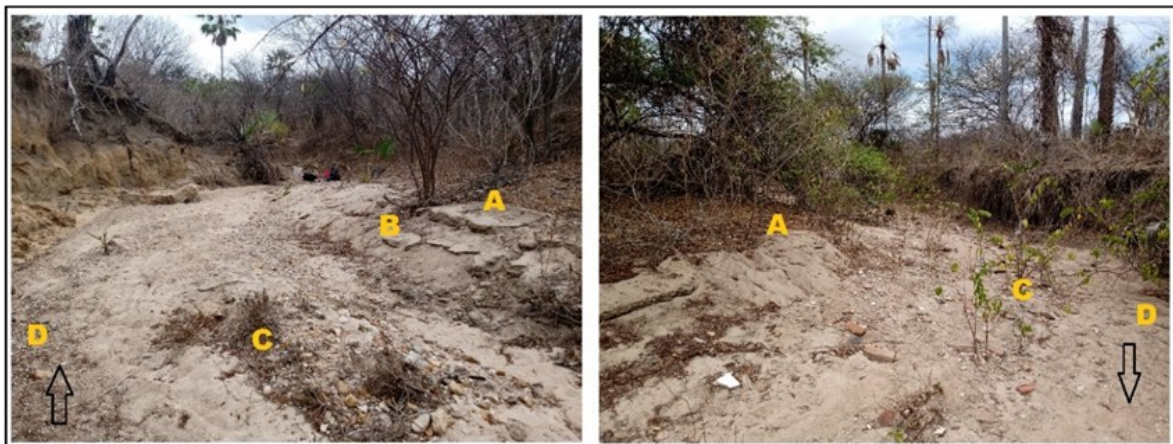
Tendo como base o trabalho de Lima (2022) e observações de campo, a bacia do Sítio Saquinho foi dividida em três unidades geomorfológicas: paleo-terraços, inselberg e escarpa da chapada do Apodi.

A morfologia do canal do canal efêmero foi estudada em pontos localizados na unidade paleo-terraços (trecho inferior) e área de inselbergs, através de perfis transversais levantados com auxílio de estação total modelo TKS 202 Gowin. As variáveis morfológicas e hidráulicas do canal como largura (Lr), profundidade média (Pr) e área da seção transversal (Ar) foram mensuradas em perfis transversais elaborados com o aplicativo Excel, tendo como referência o topo de depósitos arenosos identificados nas barras de pontal e laterais na atividade de campo realizada em outubro de 2021.

As cotas mais elevadas de tais depósitos representam os níveis alcançados pelas enchentes excepcionais que constituem as vazões dominantes. Com o transcorrer do tempo após as enchentes, as feições erosivas e deposicionais dos depósitos como sulcos, patamares etc. são destruídas pelo vento e atividades biológicas como podem ser apreciadas nas fotos obtidas cinco meses após as

últimas chuvas (ver Figuras 9 e 10). A obliteração dessas características prejudica a correta identificação do nível da enchente. Por outro lado, nas fotos capturadas algumas semanas após o final do período chuvoso de 2023 (Figura 2) se destacam as feições deposicionais com poucas alterações que identificam os níveis da enchente excepcional (vazão dominante) e das enchentes menores (vazão sub-dominante).

Figura 2 – Exemplos das feições deposicionais observados no canal efêmero Sitio Saquinho que identificam os níveis das vazões dominante e sub-dominante.



Legenda: A – depósito arenoso formado pela enchente excepcional (vazão dominante); B – depósito arenoso formado por enchentes menores (vazão sub-dominante); C – barra central areno-cascalhosa D – canal principal. Data: 12/09/2023.

Fonte: Os autores

Com base nas três variáveis morfológicas medidas nos perfis, foram estimadas as demais grandezas. O perímetro molhado da seção até o nível de referência (Per) foi estimado efetuando:

$$Per=Lr=2.Pr \quad (1)$$

Onde: Lr é a largura e Pr a profundidade média do canal.

O raio hidráulico para o mesmo nível de referência (Rh) foi calculado mediante:

$$Rh=Ar/Per \quad (2)$$

A declividade do leito (S) foi obtida com auxílio de uma Estação Total numa distância equivalente a 20 vezes a largura do canal (Leopold, 1994).

O coeficiente de rugosidade de Manning (n) pode ser obtido por vários métodos (Baptista et al., 2001). Neste trabalho, optou-se pelo método de incrementação ou método de Cowan (1956) (Equação 3)

$$n=(n_0+n_1+n_3+n_4).n_5 \quad (3)$$

Onde: n_0 tipo de material da margem, n_1 grau de irregularidade do leito, n_2 variações da seção transversal, n_3 efeito de obstruções, n_4 tipo de vegetação e n_5 grau de meandramento. A vazão dominante (Q_d) foi estimada em cada seção transversal pela equação da continuidade (equação 4).

$$Q_d = A_r \cdot V \quad (4)$$

Onde V = velocidade média do fluxo (m/s) foi obtida indiretamente para o nível da vazão dominante pela equação de Knighton (1998) (Eq. 5)

$$V = \sqrt{((8 \cdot g \cdot R_h \cdot S)/f)} \quad (5)$$

Onde g = aceleração da gravidade (m/s²) e R_h = raio hidráulico (m). O coeficiente de atrito (f) foi obtido pela equação 6 (Yen, 2002).

$$f = 8 \cdot g \cdot R_h^{-1/3} \cdot n^2 \quad (6)$$

A tensão de cisalhamento (τ) é a força que a água exerce contra o leito do canal fluvial. A tensão de cisalhamento para a vazão dominante foi calculada pela equação 7:

$$\tau = P_w \cdot Pr \cdot S \quad (7)$$

Onde: τ = tensão de cisalhamento média da corrente (N/m²), P_w = peso específico da água é igual a 9810 N/m³, Pr = profundidade do fluxo até o nível das barras laterais ou de pontal (m) e S = declividade do leito (m/m).

Nos pontos de monitoramento foi aplicada a classificação alfanumérica de Rosgen (1994), baseada nos seguintes parâmetros: padrão fluvial, grau de entrincheiramento do canal, relação largura/profundidade, índice de sinuosidade, declividade do fluxo e textura dos sedimentos de fundo.

Os sedimentos arenosos coletados na calha fluvial em cada ponto de monitoramento foram analisados por peneiramento no Laboratório de Instituto Federal do Ceará, campus de Limoeiro do Norte. Os parâmetros estatísticos granulométricos das amostras foram obtidos pelo aplicativo Gradistad (Blott; Pye, 2001).

Finalmente, foram obtidos os coeficientes e expoentes das funções potências da geometria hidráulica. Leopold e Maddock (1953) observaram que a largura (L_r), a profundidade (Pr) e a velocidade do fluxo (V) variam em função da vazão (Q), denominando tais relações de geometria hidráulica, as quais são mostradas a seguir.

$$L_r \propto Q^b ; \quad Pr \propto Q^f ; \quad V \propto Q^m \quad (8)$$

A soma dos coeficientes ($b+f+m$) totaliza 1,0. Os mesmos autores definiram dois tipos de geometria hidráulica: 1) a obtida com a medição das variáveis L_r , P_r e V numa mesma seção com vazões de magnitudes (*at-a-station*) e 2), a obtida com a medição das mesmas variáveis durante uma vazão referencial (ex. vazão de margens plenas) em diferentes seções instaladas ao longo do rio (*downstream*). Neste artigo foi aplicada a segunda abordagem, denominada de geometria hidráulica de jusante.

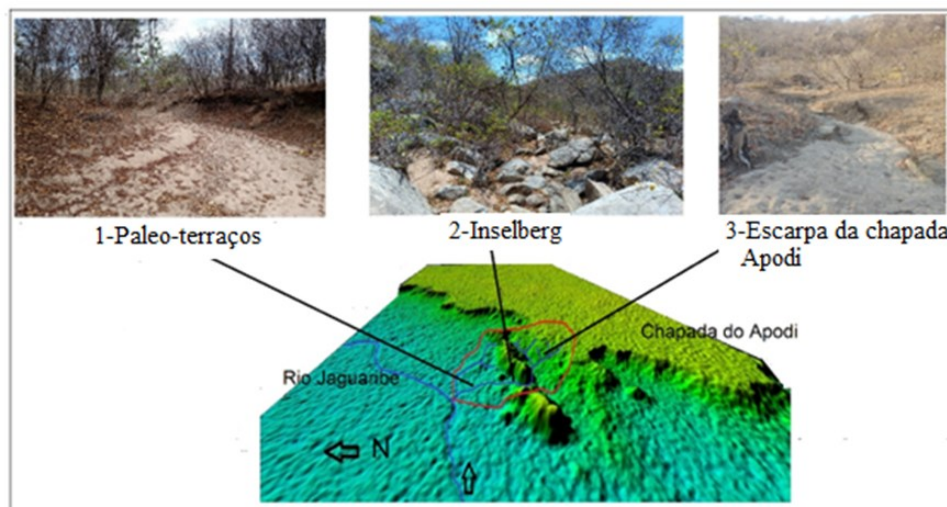
RESULTADO E DISCUSSÃO

Tipos de canais nas principais unidades geomórficas na Bacia do Sítio Saquinho

Lima (2022) identificou três unidades de relevo na margem direita do rio Jaguaribe entre Limoeiro do Norte e Quixeré: Escarpa da chapada do Apodi, Inselbergs e os paleo-terraços do rio Jaguaribe (Figura 3). As características do canal nestas unidades são descritas a seguir:

- ✓ Escarpa da chapada do Apodi: inúmeros canais se originam na chapada e se dirigem para a escarpa, formando uma rede de pequenos canais que se juntam para atravessar o inselberg.
- ✓ Inselberg: a drenagem obsequente do Sítio Saquinho dissecca o relevo granítico, formando uma garganta ou boqueirão com abundantes blocos e matacões distribuídos aleatoriamente no leito.
- ✓ Paleo-terraço: o canal nesta unidade apresenta traçado sinuoso e encontra-se entalhado cortando os depósitos areno-lamosos do rio Jaguaribe. Na calha do canal são encontrados depósitos comuns de canais meândricos como barras de pontal nas margens convexas e feições erosivas nas concavas.

Figura 3 – Tipologia dos canais nas unidades de relevo presentes na bacia do Sítio Saquinho (linha vermelha).

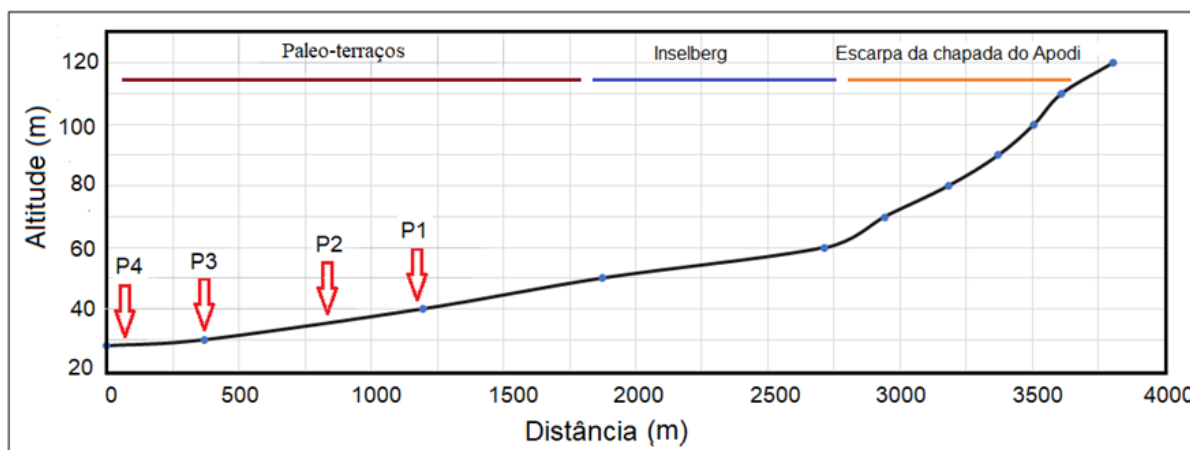


Fonte: Os Autores

Morfologia, hidrodinâmica e sedimentologia do canal fluvial

As características morfológicas, hidrodinâmicas e sedimentológicas do canal efêmero Sítio Saquinho foram levantadas no trecho inferior da bacia: no boqueirão entalhado no inselberg (P 1) e na planície aluvial dos paleo-terraços do rio Jaguaribe (P2 ao P4) (Figura 4).

Figura 4 - Localização dos pontos de monitoramento no perfil longitudinal do canal efêmero do Sítio Saquinho.



Fonte: Os autores.

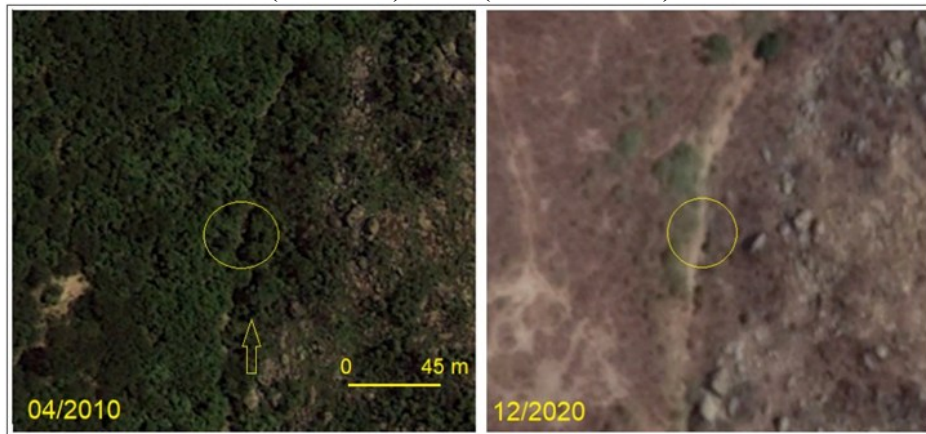
O traçado do canal efêmero entorno dos pontos de monitoramento e o aspecto da vegetação nos períodos secos e chuvosos são mostrados nas figuras 5 a 8. As linhas das margens se mostraram estáveis conforme podem ser observadas nas imagens do aplicativo Google Earth obtidas em 2010 e 2020. A composição silto-arenosa da planície confere maior resistência das margens à erosão durante as enchentes repentinas que ocorrem nos períodos chuvosos. Esta condição permitiu o predomínio da incisão do talvegue e limitou o alargamento do canal (Figuras 9 e 10).

No ponto 1, localizado no extremo jusante da garganta do inselberg, o traçado do canal é retilíneo (Figura 5) e apresenta leito misto rochoso-aluvial (Figura 9A). Logo a jusante deste ponto, foram posicionadas as demais seções (P2 ao P4) já nos domínios dos paleo-terraços do rio Jaguaribe (Figura 4). Neste trecho, o traçado do canal é sinuoso (Figuras 6 a 8) e o leito apresenta-se entalhado com profundidades variando de 2 a 3 m (Figuras 9B e 10 A e B).

Os dois primeiros pontos à montante (P1 e P2) foram instalados em trechos retilíneos do canal enquanto os dois últimos foram posicionados em curvas de meandro. Nestas últimas duas seções (Figura 10), as feições bem definidas das barras de pontal facilitaram a identificação da cota da vazão dominante.

Por outro lado, nas duas primeiras seções (Figura 9), foram encontrados somente pequenos depósitos de areia na base dos barrancos, os quais foram adotados como indicadores do nível da vazão dominante. Estas feições deposicionais são pouco desenvolvidas em virtude da retitude do traçado do canal. Em alguns trechos próximo a foz do canal efêmero no rio Jaguaribe, afloram no leito e ocasionalmente nas margens, os arenitos cretáceos da Formação Açu.

Figura 5 - Traçado do canal efêmero Sítio Saquinho em torno do ponto 1 (círculos), nos períodos chuvoso (abril/2010) e seco (dezembro/2020).



Fonte: Adaptdado Google Earth.

Figura 6 – Traçado do canal efêmero Sítio Saquinho em torno do ponto 2 (círculos), nos períodos chuvoso (abril/2010) e seco (dezembro/2020).



Fonte: Adaptdado Google Earth.

Figura 7 – Traçado do canal efêmero Sítio Saquinho em torno do ponto 3 (círculos), nos períodos chuvoso (abril/2010) e seco (dezembro/2020).



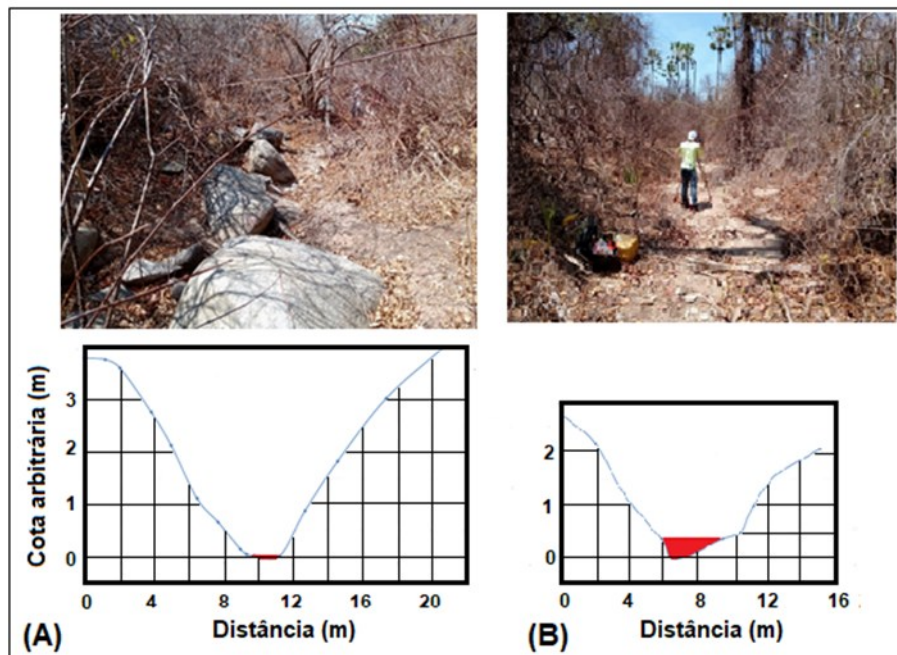
Fonte: Adaptado Google Earth.

Figura 8 – Traçado do canal efêmero Sítio Saquinho em torno do ponto 4 (círculos), nos períodos chuvoso (abril/2010) e seco (dezembro/2020).



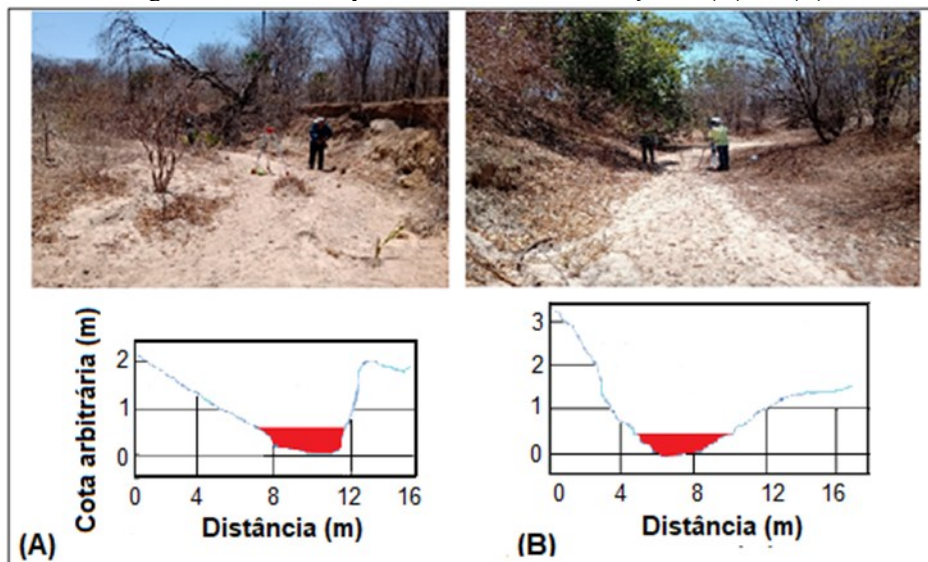
Fonte: Adaptado Google Earth.

Figura 9 – Fotos e perfis transversais nas seções 1 (A) e 2 (B).



Legenda: Vista para montante. A área em vermelho representa a área molhada do canal no nível da vazão dominante.
Data: 16/10/2021.
Fonte: Os autores.

Figura 10 – Fotos e perfis transversais nas seções 3 (A) e 4 (B).



Legenda: Vista para montante. A área em vermelho representa a área molhada do canal no nível da vazão dominante.
Data: 16/10/2021.
Fonte: Os autores.

As variáveis morfológicas e hidráulicas do canal efêmero foram estimadas nos pontos de monitoramento tendo como referência o nível da vazão dominante (Tabela 1). A altura desta vazão foi estimada a partir do nível das barras arenosas identificadas nas atividades de campo realizadas em outubro de 2021.

Tais acumulações foram depositadas presumivelmente pela maior vazão ocorrida no período chuvoso daquele ano. Assim, a vazão dominante é atribuída a maior precipitação diária registrada em 28/05/2021 que alcançou 69 mm na estação climatológica de Limoeiro do Norte (código 538009) (ANA, 2023). O citado volume pluviométrico é próximo ao valor médio das chuvas nessa estação (período 1985-2023) que é de 68,64 mm, com valores mínimo e máximo de 29 mm (2015) e 137 mm (2009) respectivamente. Por tanto, as dimensões físicas do canal e suas características hidrodinâmicas mensuradas nos perfis transversais são atribuídas à vazão dominante formada por um evento chuvoso de médio volume.

As variáveis morfológicas e hidráulicas no Sítio Saquinho aumentam gradativamente em direção a jusante (Tabela 1). Este padrão é consequência do incremento progressivo para jusante da área molhada correspondente ao nível da vazão dominante (Figuras 9 e 10). O aumento do escoamento superficial produto da conversão da vegetação nativa da caatinga para agricultura, pode ter influenciado no incremento do entalhamento do canal no seu trecho inferior.

Tabela 1 - Características morfológicas e hidrodinâmicas do canal efêmero do Sítio Saquinho estimadas ao nível da vazão dominante nos pontos de monitoramento (P).

P	Tipol.	Lr (m)	Pr (m)	Ar (m ²)	N	Per (m)	Rh (m)	S (m/m)	V (m/s)	Qd (m ³ /s)	T (N/m ²)
1	B1c	1,65	0,08	0,132	0,075	1,81	0,073	0,0050	0,165	0,022	3,58
2	B5c	3,29	0,25	0,823	0,062	3,79	0,217	0,0023	0,276	0,227	4,79
3	B5c	4,87	0,35	1,705	0,068	5,57	0,306	0,0028	0,353	0,602	8,41
4	B5c	5,02	0,37	1,865	0,045	5,78	0,323	0,0033	0,603	1,125	10,14

Legenda: Tipol: tipologia do canal na classificação de Rosgen, Lr=largura; Pr=profundidade; Ar=área molhada; N=coeficiente de Manning; Per=perímetro molhado; Rh=raio hidráulico; S=declividade do leito; V=velocidade do fluxo; Qd=vazão dominante e τ =tensão de cisalhamento.

Fonte: Os autores.

Quanto a classificação morfológica dos pontos de monitoramento, foi aplicada a proposta de Rosgen (1994) (Tabela 1), fornecendo o seguinte resultado: o ponto 1 foi classificado na tipologia B1c e os demais pontos na tipologia B5c. Na tipologia B o canal é caracterizado por apresentar entalhamento moderado (1,4-2,2), relação L/P>12, índice de sinuosidade >1,2 e declividade do leito <0,02 m/m. O número que integra a nomenclatura da classificação representa o tipo de material presente no leito, sendo 1 correspondente ao leito rochoso (P1) e 5 ao leito arenoso (P2 ao P4).

Quanto a caracterização dos sedimentos do leito nos pontos de monitoramento, os valores estão elencados na Tabela 2. As amostras apresentam-se em termos granulométricos muito homogêneas, classificadas na classe textural de areia grossa com grau de seleção variando de moderada e pobremente selecionada. As amostras não representam os sedimentos transportados pela vazão dominante estimada no presente trabalho (Qd), mas às inúmeras vazões sub-dominantes que se seguiram a vazão dominante. A fonte dos sedimentos de fundo constitui a Formação Açu aflorante na escarpa e o retrabalhamento dos sedimentos dos paleo-terraços do rio Jaguaribe.

Tabela 2: Os percentis da distribuição granulométrica e a classificação textural dos sedimentos de fundo no canal efêmero Sítio Saquinho.

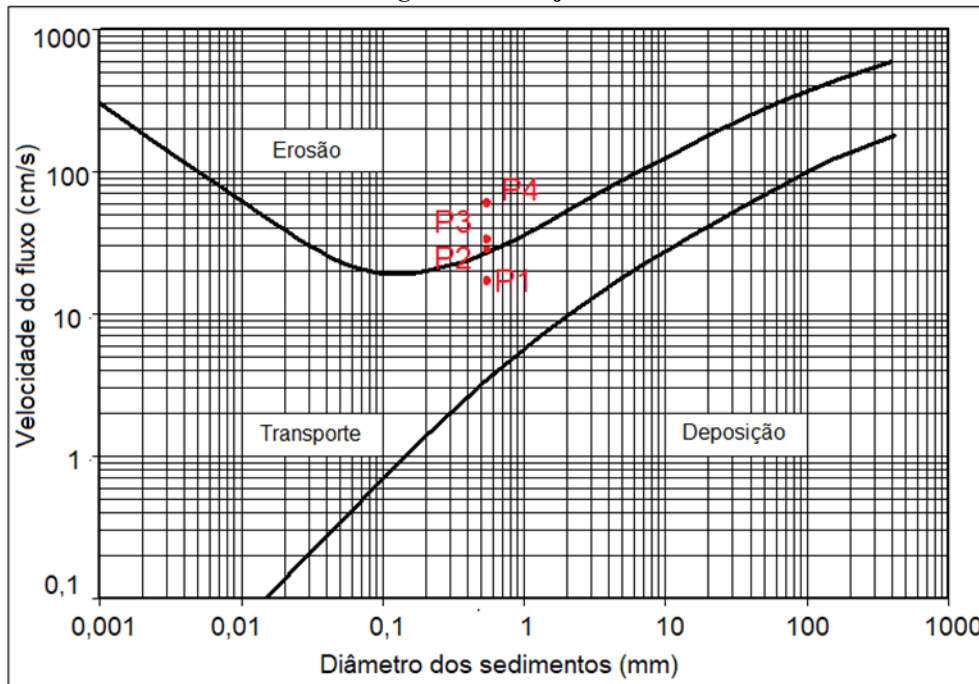
Pontos	Percentis da distribuição granulométrica			
	D50 (mm)	D16 (mm)	D84 (mm)	Classificação
1	0,57	0,14	0,66	Areia grossa pobremente selecionada
2	0,58	0,16	0,65	Areia grossa moderadamente selecionada
3	0,57	0,16	0,66	Areia grossa pobremente selecionada
4	0,59	0,52	0,65	Areia grossa moderadamente selecionada

Fonte: Os autores.

A capacidade de remoção e transporte dos sedimentos pelas vazões dominantes no Sítio Saquinho foi estimada através do diagrama de Hjulstrom (Figura 11). A relação entre a velocidade e a competência da corrente mostra que nos pontos 2, 3 e 4 a força do fluxo é suficiente para remover e colocar em movimento os sedimentos arenosos, enquanto a velocidade do fluxo no ponto 1 é suficiente somente para manter os sedimentos em movimento (transporte).

O transporte de sedimentos de fundo é influenciado pela tensão de cisalhamento que atua no leito (Caiado; Paiva, 2008). No Sítio Saquinho a tensão de cisalhamento aumentou de valores exíguos no ponto 1 até alcançar cifras expressivas no ponto 4 (10,14 N/m²) (Tabela 1). A alta competência da vazão dominante pode ser presumida observando a espessura dos depósitos arenosos na superfície da margem, mostrados na Figura 2, e os seixos e cascalhos depositados aleatoriamente no leito.

Figura 11 - Movimentação dos sedimentos durante a vazão dominante nas seções monitoradas segundo o diagrama de Hjulstrom.



Fonte: Os autores

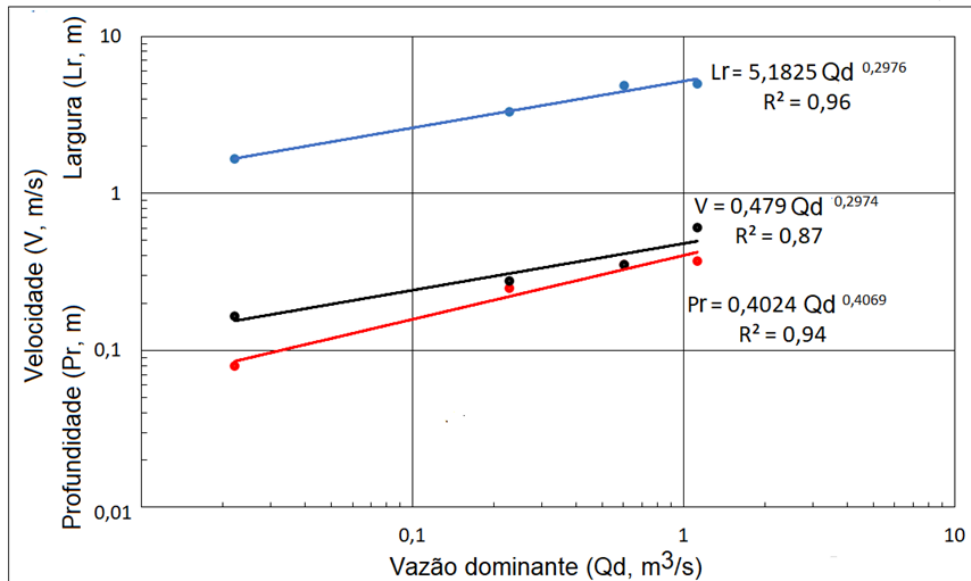
A variação longitudinal da largura (L_r), profundidade (P_r) e velocidade do fluxo no trecho inferior do Sítio Saquinho é analisada através das relações da geometria hidráulica de jusante (Figura 12). Os expoentes resultantes são os seguintes: $b=0,30$ (Largura), $f=0,40$ (Profundidade) e $m=0,30$ (Velocidade) (Figura 12). Os valores destes expoentes significam que a profundidade aumenta em direção a jusante em maior proporção em comparação com as outras duas variáveis. Os valores dos expoentes obtidos no Sítio Saquinho são bem diferentes (principalmente na profundidade e velocidade) daqueles valores médios globais obtidos por Park (1977) e Rhodes (1987): $0,4 < b < 0,5$; $0,3 < f < 0,4$ e $0,1 < m < 0,2$.

Park (1977) argumentou que na maioria dos rios, os expoentes das relações refletem os diferentes regimes climáticos e ambientais nos quais estão inseridos. Por exemplo, os canais efêmeros de clima semiárido são caracterizados por apresentar expoente da largura normalmente baixo ($b < 0,30$) (Leopold; Miller, 1956; Scott, 1966; Park, 1977). Assim sendo, a maioria dos canais de regiões secas têm a tendência de apresentar a relação $b/f < 1$. No caso do Sítio Saquinho, esta relação é igual a 0,75 e resulta na formação de um leito estreito e profundo com relação L_r/P_r variando de 13 a 20.

Os rios com valores baixos de L_r/P_r (7 a 25) correspondem a canais com predomínio de carga em suspensão, enquanto rios com altos valores de $L_r/P_r > 25$ apresentam predomínio de carga de fundo

(Schumm, 1968). Autores como Leopold; Maddock (1953) e Rhodes (1987) complementam as afirmações apontando uma associação entre rios com $b/f < 1$ e aqueles que apresentam elevada carga sedimentar em suspensão. No entanto, o Sítio Saquinho com relação $b/f < 1$, o volume considerável de depósitos arenosos presentes nas barras de pontal e lateral sugere a primazia do transporte de sedimentos de fundo pelas vazões dominantes.

Figura 12 – Relações da geometria hidráulica de jusante (downstream) no trecho inferior do canal efêmero Sítio Saquinho.



Fonte: Os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As regiões secas do Nordeste as precipitações intensas e de curta duração que ocorre no período chuvoso, aceleram os processos erosivos e deposicionais, contrastando com o período seco quando a paisagem permanece quase inalterada.

A bacia do Sítio Saquinho, formada integralmente por canais efêmeros, apesar da sua área reduzida (7,93 km²) drena diversas unidades de relevo como a chapada do Apodi, o relevo granítico residual e depósitos Quaternários até desembocar no rio Jaguaribe. Foi observado que o curso efêmero apresenta tipologia de canal específica para cada unidade de relevo.

O levantamento de perfis transversais em outubro de 2021 detalhou as dimensões físicas do canal e as respectivas condições hidrodinâmicas produzidas por uma vazão dominante gerada por uma chuva acumulada de 69 mm, a maior do ano de 2021. Este evento é considerado de magnitude média, levando em conta a série histórica das maiores precipitações anuais registradas (período 1985-2023). Nos ambientes áridos e semiáridos, as enchentes excepcionais são denominadas de vazões

dominantes (ou formadoras) pelo fato de participar ativamente na modelagem do canal. Há um consenso na literatura de que as vazões dominantes, apesar de serem infrequentes e de curta duração, transportam quantidades substanciais de nutrientes e sedimentos.

O trabalho pretendeu somar conhecimentos sobre a dinâmica dos processos geomorfológicos atuantes nos canais efêmeros das áreas secas nordestinas. Futuras medições sequenciais da morfologia do canal e das vazões líquida e sólida poderão complementar os dados ora apresentados. As informações acumuladas nas pesquisas podem ser importantes no planejamento e gestão dos recursos naturais das bacias com regime efêmero.

REFERÊNCIAS

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Hidroweb**: Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em setembro de 2023.

ANDRADE, J.H.R.; MAIA, C.E. Erosão de Margens em Rios Semiáridos: Estudo na Sub-Bacia do Baixo Jaguaribe - Ceará - Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.19, n.4, p. 859- 870, 2018. DOI:10.20502/rbg.v19i4.1379

ARAÚJO, J.C. Assoreamento em reservatórios do semiárido: modelagem e validação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v 8 (2), p. 39–56. 2003.

ARAÚJO, J.C. Entropy-based equation to assess hillslope sediment production. **Earth Surface Processes Landforms**, v. 32, p. 2005–2018. 2007.

ARAÚJO, J.C.; KNIGHT, D.W. A review of the measurement of sediment yield in different scales. **Rem - Revista Escola Minas**, v. 58 (3), p. 257–265. 2005.

ARAÚJO, J.C.; PINHEIRO, E.A.R.; MEDEIROS, P.H.A.; FIGUEIREDO, J.V.; BRONSTERT, A. Sediment yield in different scales in a semiarid basin: the case of the Jaguaribe River, Brazil. In: Radecki-Pawlik, A.; Pagliara, S.; Hradecký, J.; Hendrickson, E. (Eds.) **River Hydraulic Structures and Fluvial Geomorphology**. CRC Press, London, p. 375–387. 2017.

BAKER, V.R. Stream-channel response to floods, with examples from Central Texas. **Bulletin Geological Society of America**, 88: 1057–1071. 1977.

BAPTISTA, M.B., COELHO, M.M.L.P., CIRILO, J.A. Hidráulica Aplicada. Porto Alegre. **Coleção ABRH de Recursos Hídricos**, 609 p., 2011.

BLOTT, S.J.; PYE, K. Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 26 (11), p. 1237–1248. 2001.

BOURKE, M.C. Suspended sediment concentrations and the geomorphic effect of sub-bankfull flow in a central Australian stream. The Structure, Function, and Management Implications of Fluvial Sedimentary Systems, Proceedings of an International Symposium Held at Alice Springs, Australia. **IAHS Publ.** No. 276. 2002.

BULL, L.J.; KIRKBY, M.J. Dryland river characteristics and concepts. In: Bull, L.J.; Kirkby, M.J. (Eds.), **Dryland rivers: Hydrology and geomorphology of semi-arid channels**. John Wiley & Sons, West Sussex, p. 3-15. 2002.

CAIADO, E.M.; PAIVA, L.E.D. Análises sobre algumas fórmulas para o cálculo do transporte de sedimentos na camada do leito. In: IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos do Nordeste, 9, 2008, Bahia. **Anais...** Salvador: ABRH, 20 p. 2008.

CASTRO, J.M.; JACKSON, P.L. Bankfull discharge recurrence intervals and regional hydraulic geometry relationships patterns in the Pacific Northwest, USA. **Journal American Water Resources Association**, v. 37, p. 1249–1262, 2001.

CAVALCANTE, A.A. Distribuição temporal de descargas e alterações morfológica em rios semiáridos: o rio Jaguaribe no Ceará, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia, USP**, 35, 28-36, 2018. DOI: 10.11606/rdg.v35i0.133598

CAVALCANTE, A.A.; CUNHA, S.B. Morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: discutindo o vale do rio Jaguaribe-CE-Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13 (1), p. 39-49, 2012. DOI: 10.20502/rbg.v13i1.340.

COELHO, G.K.S.; ANDRADE, J.H.R. Caracterização de feições morfológicas no canal do rio Jaguaribe: trecho Limoeiro do Norte-Quixeré. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 21 (2), 343-363, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i2.1531

CONESA-GARCÍA, C.; PUIG-MENGUAL, C.; RIQUELME, A.; TOMÁS, R.; MARTÍNEZ-CAPEL, F.; GARCÍA-LORENZO, R.; PASTOR, J.L.; PÉREZ-CUTILLAS, P.; MARTÍNEZ-SALVADOR, A.; CANO-GONZALEZ, M. Changes in stream power and morphological adjustments at the event-scale and high spatial resolution along an ephemeral gravel-bed channel. **Geomorphology**, v. 398, 108053. 2022.

CORRÊA, A.C.B. Antropogênese e morfogênese sob a ação de eventos climáticos de alta magnitude no semiárido pernambucano: o caso da Bacia do Riacho Salgado. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p.25-36, 2011. DOI: 10.20502/rbg.v12i0.256

COWAN, W.L. Estimating hydraulic roughness coefficients. **Agricultural Engineering**, v. 37 (7), p. 473-475. 1956.

DUMITRIU, D. Sub-bankfull flow frequency versus magnitude of flood events in outlining effective discharges. Case study: Trotus river (Romania). **Water**, v. 10, p. 1292. 2018.

FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, 1 (1), 15- 28. 2005.

FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos). Disponível em <http://www.funceme.br/>. Acesso em 19/09/2023.

GAMEIRO, S.; FRAZÃO, A.P.; LIMA, G.S.A.; MOREIRA, H.G.B.; FREITAS, V.V.; ROCHA, J.M.; COSTA, J.V.S.; FERREIRA, M.E.; NASCIMENTO, V.N. Análise espaço-temporal das mudanças no uso da terra na bacia hidrográfica do baixo Jaguaribe. In: XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 20. 2023. Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE. 2023.p.2191 – 2194. ISSN 978-65-89159-04-9.

GOODRICH, D.C., LANE, L.J., SHILLITO, R.M., MILLER, S.N., SYED, K.H.; WOOLHISER, D.A. Linearity of basin response as a function of scale in a semiarid watershed. **Water Resources Research**, v. 33 (12), p. 2951-2965. 1997.

GRAF, W.L. **Fluvial Processes in Dryland Rivers**. Springer-Verlang, Berlin Heidelberg. 1988.

GROVE, A.T. The geography of semi-arid lands. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 278 (962), 457–475. 1977.

IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará). Perfil Municipal 2017: Limoeiro do Norte. 17 p. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/>. Acesso em abril de 2023.

KNIGHTON, A.D. **Fluvial Forms and Processes**: London, Edward Arnold, 218 p., 1988.

LEOPOLD, L.B. **A view of the river**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 320 p. 1994.

LEOPOLD, L.B.; MADDOCK, T. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. **US Geological Survey Professional Paper**, 252, 56 p. 1953.

LEOPOLD, L.B.; MILLER, J.P. Ephemeral streams - Hydraulic factors and their relation to drainage net. **US Geological Survey Professional Paper**, 282-A, 38 p. 1956.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. W.H. Freeman, San Francisco, USA. 522 pp. 1964.

LIMA, K.C.; LUPINACCI, C.M. Morfologias fluviais em ambiente semiárido: questões teóricas aplicadas a um estudo de caso. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 20 (3): 475-490. 2019. DOI: 10.20502/rbg.v20i3.1597

LIMA, T.R.S. **Dinâmica geomorfológica dos sertões no Baixo Jaguaribe, Ceará**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza. 2002. 83 p.

MAIA, R.P. **Planície Fluvial do rio Jaguaribe**: evolução geomorfológica, ocupação e análise ambiental. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2005. 148 p.

PARK, C.C. World-wide variations in hydraulic geometry exponents of stream channels: An analysis and some observations. **Journal of Hydrology**, v. 33, p. 133-146. 1977.

PINÉO, T.R.G.; PALHETA, E.S.M. (Orgs.) **Projeto Mapa Geológico e Recursos Minerais do Estado do Ceará**. Escala 1 :500.000. Fortaleza: CPRM, 92 p. 2021.

RABELO, D.R.; CAVALCANTE, A.A.; ARAÚJO, J.C. Sediment yield in a basin in Brazilian Semiarid Regions: a discussion on positive allometry. **Catena**, v. 221, 106749. 2022. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106749

REID, I.; FROSTICK, L.E. Channel form, flows, and sediment of endogenous ephemeral rivers in deserts. In: Thomas, D.S.G. (Eds.) **Arid zone geomorphology: Process, form, and change in drylands**, 3rd edition. John Wiley and Sons, West Sussex. pp. 301-332. 2011.

RHOADS, B.L. Hydrological characteristics of a small desert mountain stream: Implications for short-term magnitude and frequency of bedload transport. **Journal of Arid Environments**, v. 18, p. 151–163. 1990.

RHODES, D.D. The b-f-m diagram for downstream hydraulic geometry. **Geografiska Annaler**, v, 69A, p. 147-161. 1987.

RODRIGUES, J.M.; SOUZA, J.O.P.; XAVIER, R.A.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, R.M. Geomorphic changes in river styles in a typical catchment of the Brazilian semiarid region. **Catena**, v. 232, 107423. 2023. DOI: 10.1016/j.catena.2023.107423

ROSGEN, D.L. A classification of natural rivers. **Catena**, v. 22, p. 169-199. 1994.

SCHUMM, S.A. River adjustment to altered hydraulic regimen - Murrumbidgee River and paleochannels, Australia. **U.S. Geological Survey Professional Paper**, 598, pp. 1-65. 1968.

SCHUMM, S.A.; HARVEY, M.D.; WATSON, C.C. Incised Channels: morphology, Dynamics and Control. **Water Resources Publications**: Littleton, Colorado, USA, 1984.

SCOTT, C.H. Suspended sediment and the hydraulic geometry of channels. Erosion and deposition in the Loess-Mantled Great Plains, Madison creek drainage basin, Nebraska. **Geological Survey Professional Paper**, 352-H, Washington, D.C. 1966.

SHANNON, J.; RICHARDSON, R.; THORNES, J. Modelling event-based fluxes in ephemeral streams. In: Bull, L.J.; Kirkby, M.J. (Eds.) **Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-arid Channels**. John Wiley & Sons, p. 129-172. 2002,

SILVA, A.M.; SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.G.; LINHARES, F.M.; XAVIER, A.P.C. 2022. Modeling the effects of future climate and land use changes on streamflow in a headwater basin in the Brazilian Caatinga biome. **Geocarto International**. v. 37, p. 12436–12465. 2022.

SILVA, R.S.F. da. **Contribuições a interpretação da evolução geomorfológica do Baixo Jaguaribe/CE**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. 131p.

SOUZA, J.O.P.; BARROS, A.C.M.; CORRÊA, A.C.B. Estilos fluviais num ambiente semiárido: bacia do Riacho do Saco, Pernambuco. **Finisterra-Revista Portuguesa de Geografia**, n. 102, p. 3-23, 2016a.

SOUZA, J.O.P.; CORRÊA, A.C.B.; BRIERLEY, G.J. An approach to assess the impact of landscape connectivity and effective catchment area upon bedload sediment flux in Saco Creek Watershed, Semiarid Brazil. **Catena**, v. 138, p. 13-29, 2016b. DOI: 10.1016/j.catena.2015.11.006.

SOUZA, J.O.P.; CORRÊA, A.C.B. Sistema fluvial e planejamento local no semiárido. **Revista Mercator**, v. 11, n. 24, p. 149-168, 2012.

SOUZA, J.O.P.; HOOKE, J. Influence of seasonal vegetation dynamics on hydrological connectivity in tropical drylands. **Hydrological Processes**, v. 35, p. 1-19. 2021. DOI: 10.1002/hyp.14427.

SOUZA, M.J.N. de; OLIVEIRA, V.P.de; NASCIMENTO, F.R. do; CORREIA, L.J. Diagnóstico geoambiental do Baixo Jaguaribe. In: ROSA, M. de F.; GONDIM, R.S.; FIGUEIRÊDO, M.C. B.de. (Eds.) **Gestão sustentável no Baixo Jaguaribe, Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, p. 25 -45. 2006.

THORNES, J.B. Catchment and channel hydrology. In: Abrams, A.D.; Parsons, A.J. (Eds.) **Geomorphology of Desert Environments**. London. Chapman and Hall., p. 257-287. 1994.

TILLINGHAST, E.D.; HUNT, W.F.; JENNINGS, G.D. Stormwater control measure (SCM) design standards to limit stream erosion for Piedmont North Carolina. **Journal of Hydrology**, v. 411, p. 185-196. 2011.

TOOTH, S. Process, form and change in dryland rivers: a review of the research. **Earth Science Reviews**, 51, 67-107. 2000.

WILLIAMS, G.P. Bankfull Discharge of Rivers. **Water Resources Research**, 14 (6), p. 1141–1154. 1978.

WOLMAN, M.G.; GERSON, R. 1978. Relative scales of time and effectiveness of climate in watershed geomorphology. **Earth Surface Processes**, 3, p. 189-208. 1978.

YEN, B.C. Open channel flow resistance. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 128, p. 20–39. 2002.