

563 – CARACTERIZAÇÃO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURU, SUMÉ - PB

Everton John Camelo Alves⁽¹⁾

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (2011), mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (2016). Doutorando em Engenharia de Recursos Naturais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – PPGEGRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

Everton de Araújo Medeiros⁽²⁾

Mestrando em Engenharia de Recursos Naturais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – PPGEGRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

Mateus Clemente de Lacerda⁽³⁾

Mestrando em Engenharia de Recursos Naturais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais – PPGEGRN, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

Dayse Luna Barbosa⁽⁴⁾

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (1999), mestrado em Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba (2001), e doutorado pelo programa de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (2008). Atualmente é professora associada da Universidade Federal de Campina Grande.

Endereço⁽¹⁾: Rua Breno Moreira Dias, 130A – Loteamento Portal Sudoeste – Três Irmãs – Campina Grande - PB - CEP: 58424-257 - Brasil - Tel: (83) 986307835 - e-mail: everton.prof.2020@gmail.com

RESUMO

A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica estuda o sistema de drenagem, que é constituído pelo rio principal e seus afluentes, observando as ramificações e o desenvolvimento do sistema. Em se tratando de ramificações, a ordem dos rios reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia. Outro ponto importante da caracterização desse sistema de drenagem natural, definição básica de bacia hidrográfica, é o estudo ambiental, quando a bacia sofre alterações em parte de seu curso d'água. Essas alterações são causadas pelo uso e ocupação do solo e a escassez hídrica em plenitude no Cariri Paraibano. Portanto, o objetivo deste artigo é caracterizar uma bacia hidrográfica no Cariri Paraibano, utilizando o perfil pluviométrico da região e os parâmetros morfométricos. A área em estudo é localizada no Semiárido Paraibano, que é a sub-bacia hidrográfica do rio Sucuru. Foram utilizados dados mensais de precipitação da Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESAs), para o período de janeiro de 1994 a setembro de 2022. Os parâmetros morfométricos calculados são: densidade de rios, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, fator de forma, relação de relevo e sinuosidade. As chuvas são intensas apenas em março e escassas a partir de maio até dezembro. A drenagem da bacia é precária, o relevo apresenta baixo declive e o rio principal é retilíneo, o que compromete o escoamento para bacias à jusante.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização, Sub-bacia, Rio Sucuru.

INTRODUÇÃO

A caracterização morfométrica da bacia hidrográfica é fundamental para esculturação do modelo terrestre, compreensão do regime hidrológico e para o planejamento de uso e ocupação do solo, demonstrando que os fluxos superficiais e até subterrâneos da água captada da chuva resultam da interação de fatores como o perfil pluviométrico, a geologia, o solo, o relevo a partir do modelo numérico do terreno, cobertura vegetal e uso e ocupação da terra (Pinto Júnior & Rossete, 2005; Souza et al., 2017; Silva et al., 2018).

Com a caracterização é imprescindível estudar o sistema de drenagem, que é constituído pelo rio principal e seus afluentes, observando as ramificações e o desenvolvimento do sistema, pois esse estudo indica a velocidade de saída da água da bacia hidrográfica e o grau de integração entre os componentes e processos na bacia hidrográfica (Villela & Mattos, 1975; Silva et al., 2018).

Quanto a ramificações, a ordem dos rios reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia (Villela & Mattos, 1975). Essa ordem foi inicialmente proposta por Horton (1945) e modificada por Strahler (1957), pois para este último, os primeiros rios afluentes e formadores são denominados de primeira ordem, já a confluência desses dois rios é de segunda ordem e assim sucessivamente, em que o de maior ordem se encontra na saída da bacia, e quanto maior a ramificação mais eficaz é a drenagem (Pinto Júnior & Rossete, 2005; Souza et al., 2017).

Além disso, são importantes o estudo ambiental, identificando o grau de suscetibilidade da bacia a eventos extremos e a possibilidade de novas perspectivas de planejamento ambiental estratégico e gestão de recursos hídricos, em prol de um manejo adequado para preservação da bacia hidrográfica (Pinto Júnior & Rossete, 2005; Silva et al., 2018; Vale & Bordalo, 2020).

Com ênfase no planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos, foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal n. 9.433/1997. Um dos fundamentos é a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e dentre os instrumentos, enfatiza-se o plano de recursos hídricos que, para a bacia hidrográfica em estudo é o Plano Estadual de Recursos Hídricos, e o outro instrumento é a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos. Este último tem como objetivo assegurar o controle quali-quantitativo do uso das águas.

Entretanto, esse controle tem sido ineficaz e ineficiente causando alterações físico-climáticas pelo uso e ocupação do solo a partir de atividades antrópicas e a escassez hídrica em plenitude no Cariri Paraibano, em que o período seco varia de 7 a 8 meses, a precipitação média anual varia entre 300 mm e 700 mm, a temperatura média anual é de 23,4°C e a evaporação média anual medida no tanque classe A é de 2.300 mm (Marcuzzo et al., 2012; Alencar et al., 2013); inclusive na bacia em estudo.

Isso desperta a necessidade de caracterização dessa bacia, uma vez que não se tem conhecimento do quanto esse sistema pode ser impactado por enchentes e comprometer outros sistemas à jusante.

OBJETIVO(S)

O objetivo deste artigo é caracterizar uma bacia hidrográfica no Cariri Paraibano, utilizando o perfil pluviométrico da região e os parâmetros morfométricos: densidade de rios, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, fator de forma, relação de relevo e sinuosidade, levando em consideração o uso e ocupação do solo a partir da extração de água com base nas outorgas, para se verificar se o fluxo de água deriva para bacias a jusante, sem comprometer hidrologicamente a região.

METODOLOGIA UTILIZADA

A área em estudo é localizada no Semiárido Paraibano, que é a sub-bacia hidrográfica do rio Sucuru, que faz parte da bacia do Rio Paraíba no alto curso, com uma área total de 1.652,50 km² e área de drenagem de 1.611,86 km² na qual é localizado o açude de Sumé com capacidade de aproximadamente 45 milhões de m³, comprimento do rio principal de 50 km, em solo rasos de alta variabilidade litológica de argilas a areias de predomínio de média granulometria, altitudes variando de 660 m a 500 m em relação ao nível do mar. A bacia está localizada entre as coordenadas 7°28'00" e 7°50'00" de latitude sul e 37°14'00" e 36°49'00" de longitude oeste, que engloba os municípios de Ouro Velho, Prata, Amparo, Sumé, Serra Branca e Coxixola, segundo AESA (2008), Marcuzzo et al. (2012), Alencar et al. (2013), Tsuyuguchi et al. (2017) e Tsuyuguchi et al. (2020) (Figuras 1, 2 e 3).

Localização da Sub-bacia do Sucuru

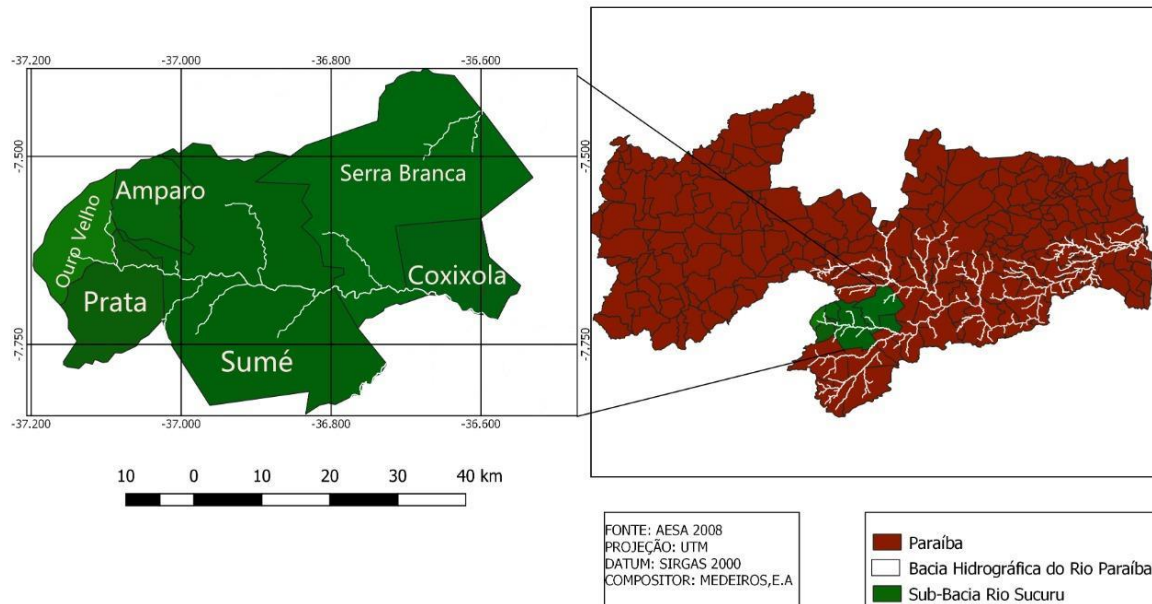


Figura 1: Área de estudo. Fonte: Autores (2022).

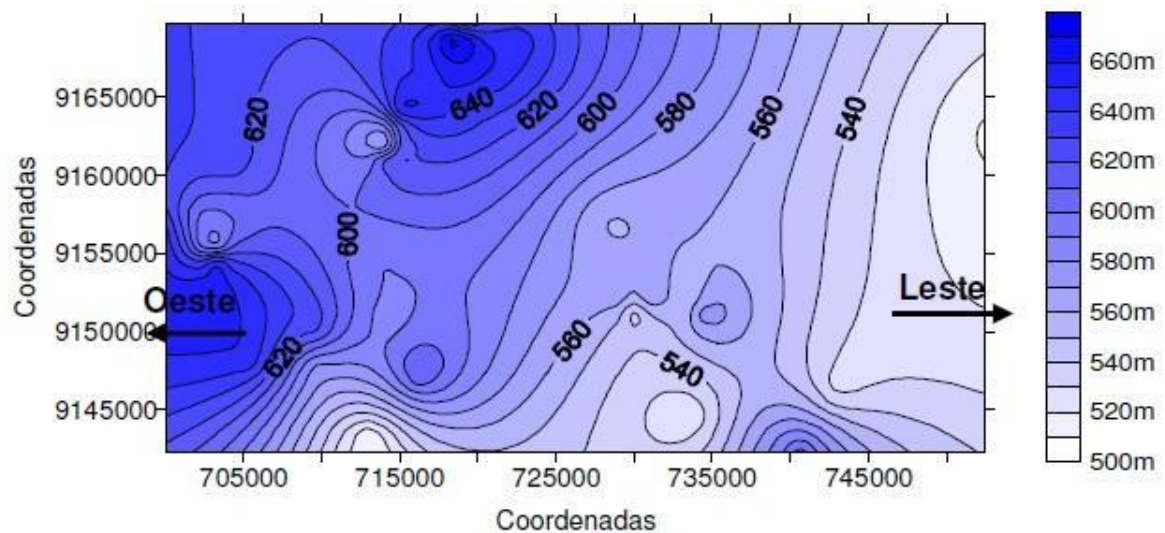


Figura 2: Modelo numérico do terreno da bacia do rio Sucuru. Fonte: Alencar et al. (2013).

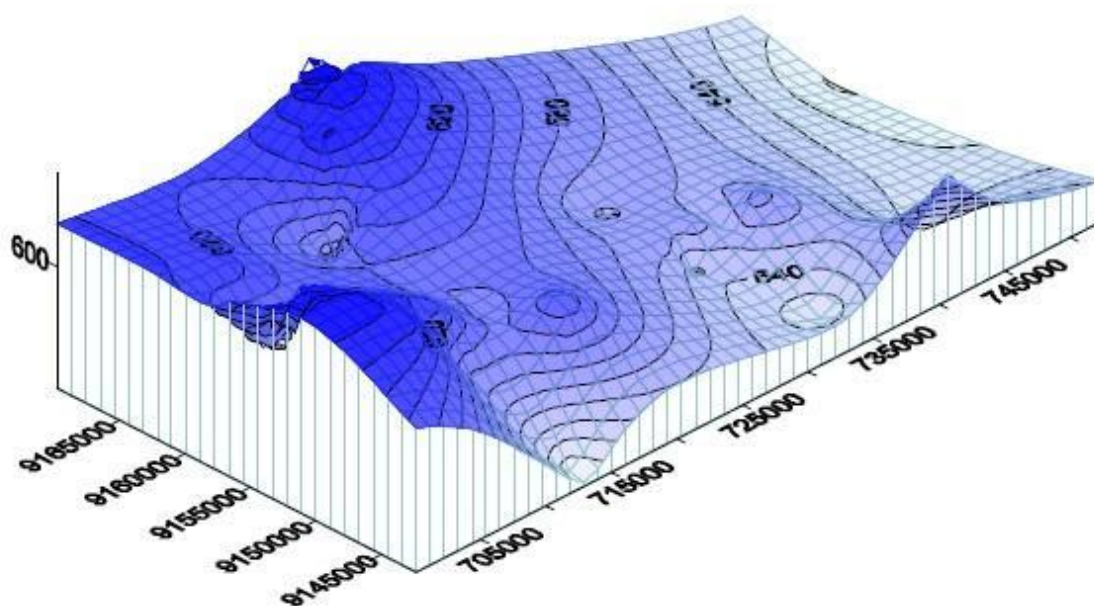


Figura 3: Modelo numérico do terreno da bacia do rio Sucuru, em 3D. Fonte: Alencar et al. (2013).

Nessa área de estudo, o uso e ocupação do solo é predominado pela irrigação, em destaque o Perímetro Irrigado, que foi criado em 1973 e implantado em 1976 pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), como estratégia geopolítica de expansão da agricultura em prol do desenvolvimento econômico-social, sendo inicialmente abastecido pelo açude de Sumé (Dantas Neto et al., 2013; Pontes et al., 2013; Alves, 2016; Tsuyuguchi et al., 2017).

No entanto, na década de 1980, devido a: escassez de chuvas, ausência de vegetação ciliar, construção de barramentos a montante e gestão insustentável sem manejo e controle do manancial, seu volume foi reduzindo, tornando-se insuficiente para atender as demandas, interrompendo o fornecimento de água (Vieira, 2002; Alencar et al., 2013; Alves, 2016; Tsuyuguchi et al., 2017). Diante disso, o Perímetro Irrigado foi desativado, comprometendo a economia local (Alves, 2016). Para reativá-lo, tem sido realizada a captação pelo aquífero aluvial que, além da recarga natural recebe efluentes de esgotos brutos e tratados (Alves, 2016; Tsuyuguchi et al., 2017) (Figura 4).

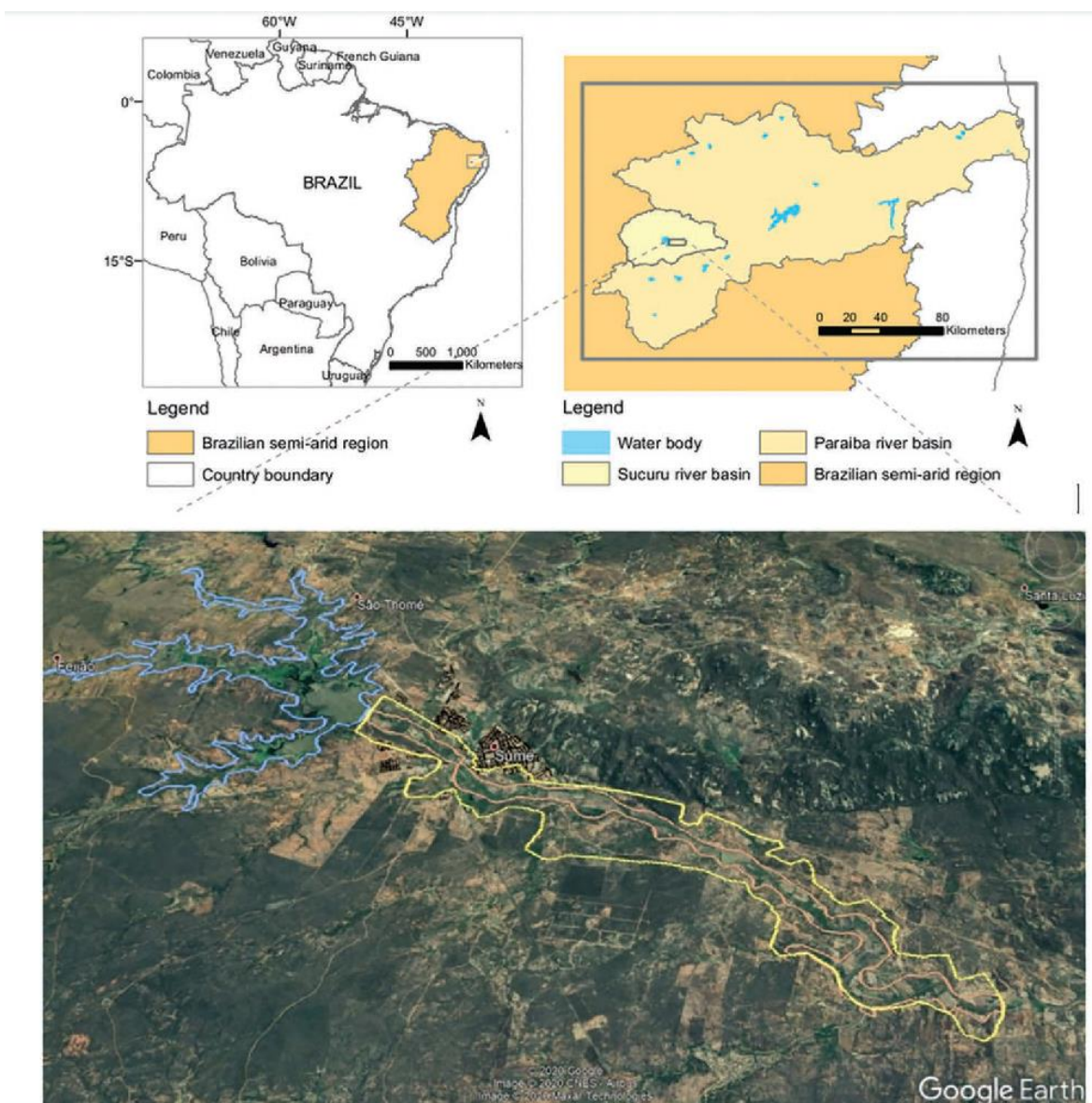


Figura 4: Localização do Perímetro Irrigado (em amarelo) em 2018, ao longo do aquífero aluvial (em marrom) à jusante do açude de Sumé (em azul). Fonte: Tsuyuguchi et al., (2020); Rêgo et al., (2022).

PERFIL PLUVIOMÉTRICO

Para realização do perfil pluviométrico foram utilizados dados mensais da Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESA) para o período de janeiro de 1994 a setembro de 2022 com os municípios de Coxixola, Sumé, Amparo, Ouro Velho e Prata. Foram calculadas as médias mensais e o desvio padrão mensal utilizando a média aritmética e o Método de Thiessen, este segundo a Equação 1.

$$P_{\text{méd}} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1)$$

Por sua vez, a precipitação média anual por km² em cada posto pluviométrico é

$$P_{\text{iméd}} = P_i / A_i \quad (2)$$

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS

Para se calcular os parâmetros morfométricos, é imprescindível hierarquizar os rios que percorrem a bacia com base no método de Horton (1945) e Strahler (1957). Pois a cada hierarquização gradativamente mensura-se esses parâmetros.

Densidade de rios (D_r)

A densidade de rios é o número de rios (N) por cada quilômetro quadrado de área da bacia hidrográfica (A), ou seja, rios/km², com objetivo de comparar a frequência de rios de água existentes em uma área (Horton, 1945; Pinto Júnior & Rossete, 2005), conforme Equação 3.

$$D_r = N/A \quad (3)$$

Densidade de drenagem (D_d)

A densidade de drenagem é o comprimento total de todos os rios (L_t) por cada quilômetro quadrado de área da bacia (A), que reflete o grau de dissecação topográfica em paisagens feitas pela atuação fluvial (Horton, 1945), de acordo com a Equação 4.

$$D_d = L_t/A \quad (4)$$

Coeficiente de manutenção (C_m)

O coeficiente de manutenção é a área mínima necessária (km²) para manter ou desenvolver 1,00 metro de canal de escoamento permanente (Souza et al., 2017; Gerber et al., 2018) (Equação 5).

$$C_m = 1.000/D_d \quad (5)$$

Fator de forma (K_f)

O fator de forma é a relação entre a largura média (l_m)(m) e o comprimento axial da bacia (L)(m), que indica maior ou menor tendência a enchentes (Villela & Mattos, 1975), conforme Equação 6.

$$K_f = l_m/L \quad (6)$$

Relação de relevo (R_r)

A relação de relevo é a relação entre a diferença de altitudes máxima e mínima na bacia (Δa) (m) e o comprimento do rio principal (L_r)(km) (Pinto Júnior & Rossete, 2005), de acordo com a Equação 7.

$$R_r = \Delta a/L_r \quad (7)$$

Sinuosidade (S)

A sinuosidade é a relação entre o comprimento do rio principal (L_r)(km) e a distância em linha reta entre dois pontos extremos do mesmo (L_t)(km), indicando se o rio principal é tortuoso ou não (Villela & Mattos, 1975; Pinto Júnior & Rossete, 2005) (Equação 8).

$$S = L_r/L_t \quad (8)$$

Todo procedimento metodológico foi esquematizado, tornando-se mais claro os caminhos percorridos para chegar aos resultados (Figura 5):

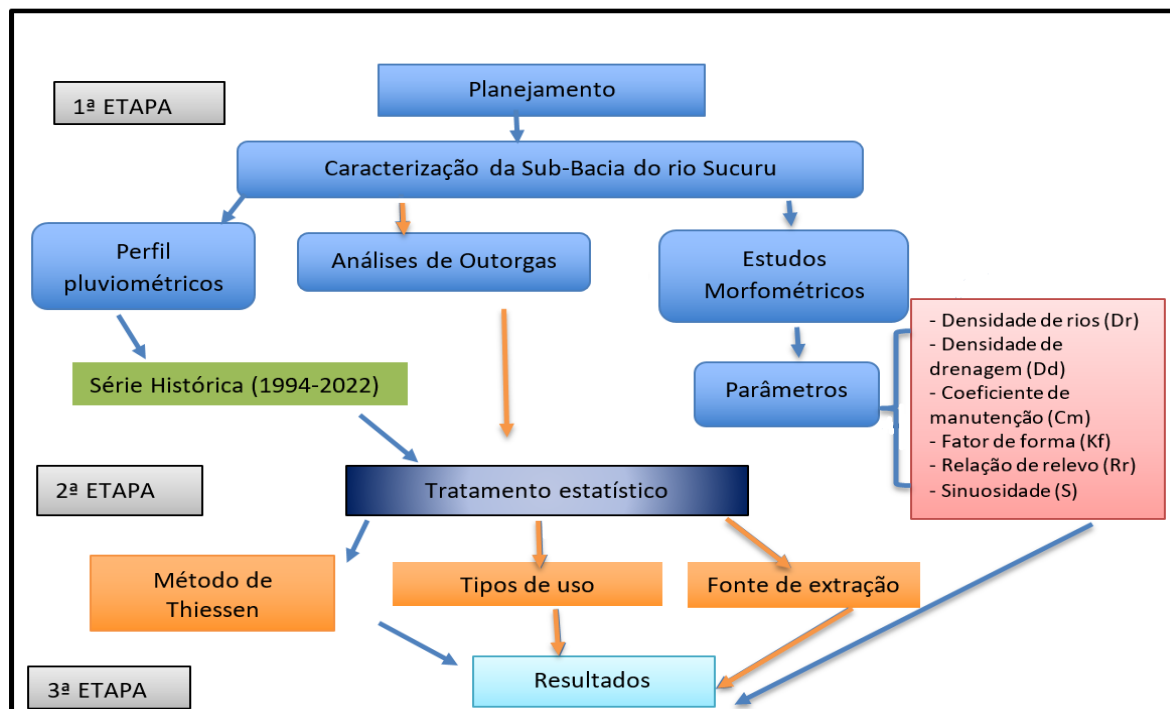


Figura 5: Fluxograma da Pesquisa. Fonte: Autores (2022).

RESULTADOS OBTIDOS

Perfil pluviométrico

A climatologia da precipitação da sub-bacia do Sucuru mostra que as chuvas se concentram no primeiro semestre do ano, sendo a quadra mais chuvosa de fevereiro a maio. Março é o mês mais chuvoso com 124,2 mm em média enquanto o período mais forte de estiagem se estende de julho a dezembro como observado na Figura 6.

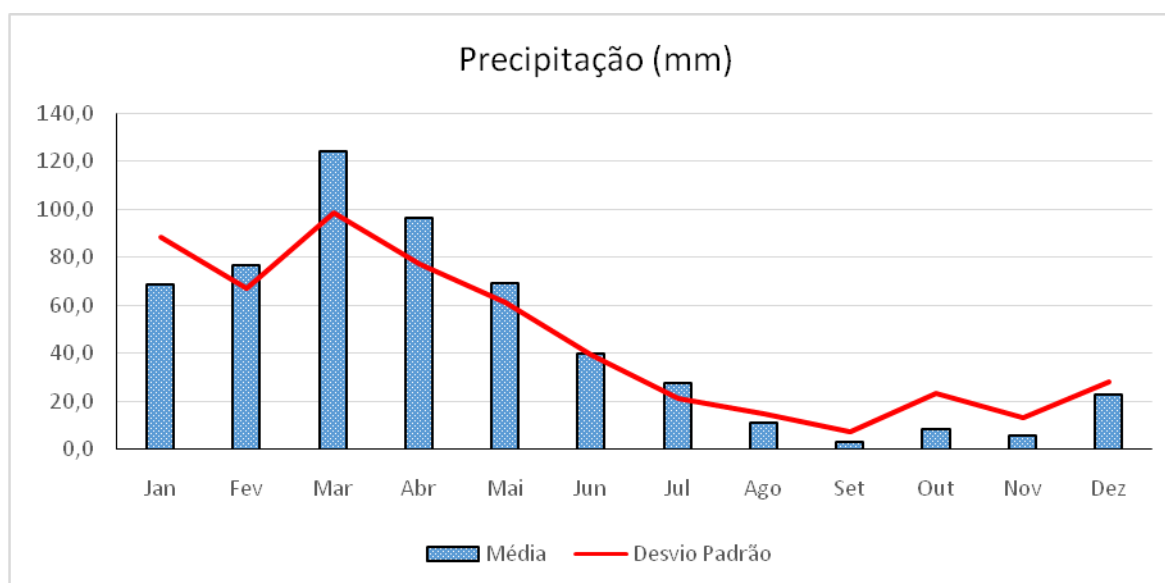


Figura 6: Médias, e desvio padrão mensais da precipitação para a sub-bacia do Sucuru entre o período de janeiro 1994 a setembro de 2022.

É observado também na Figura 6 que o desvio padrão é muito alto chegando a superar a própria média, demonstrando uma elevada variabilidade e irregularidade da precipitação mesmo nos meses da estação chuvosa típico do clima semiárido brasileiro e do cariri paraibano. Em outras palavras significa que se a média de março é 124,2 mm em alguns anos os meses de março pode chover 224,3 mm em média e em outros apenas 24,2 mm em média e anualmente são esperados 574,3 mm.

A partir do Método de Thiessen, de acordo com a Equação 1, a média pluviométrica mensal dos seis postos pluviométricos é de 554,01 mm. Os valores médios da precipitação anual por km² em cada posto pluviométrico utilizando o Método de Thiessen estão dispostos na Figura 7.

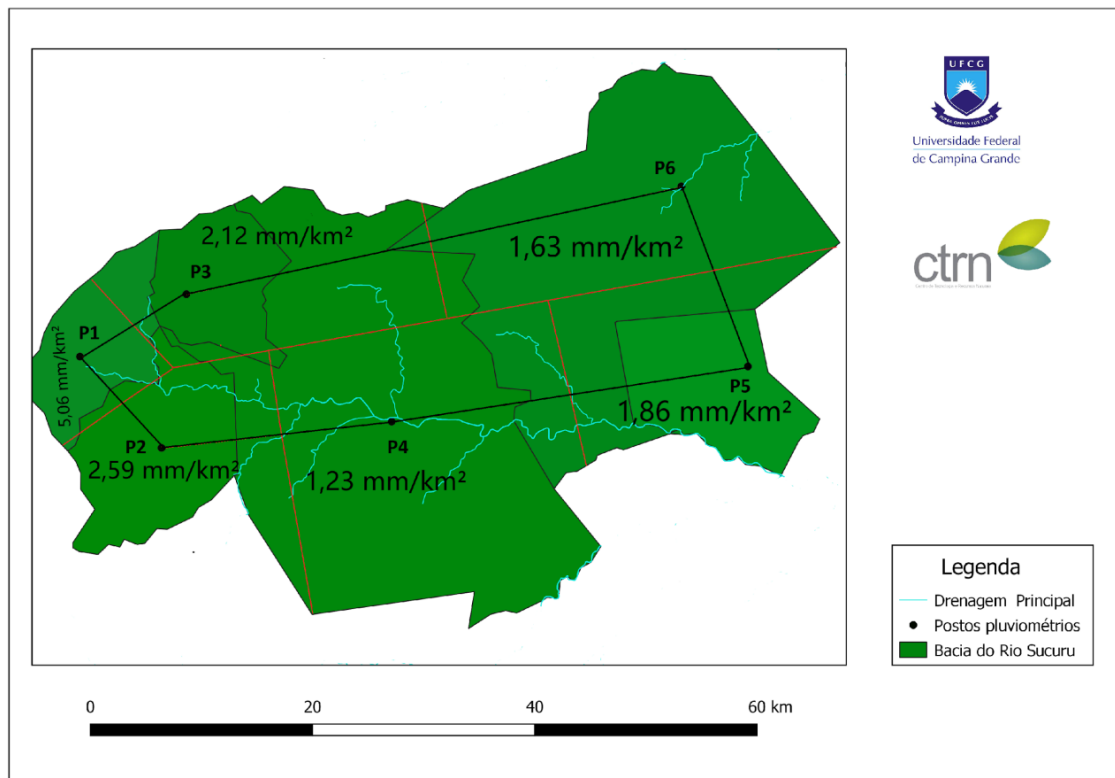


Figura 7: Delimitação de áreas, localização dos postos pluviométricos e os respectivos valores segundo o método de Thiessen. Fonte: Autores (2022).

Parâmetros morfométricos

Na Tabela 1 são apresentados os valores calculados dos parâmetros morfométricos.

Tabela 1: Parâmetros morfométricos.

PARÂMETROS	TOTAL DA BACIA	UNIDADE
Área da bacia	1.652,50	km ²
Densidade de rios	0,0048	rios/km ²
Densidade de drenagem	0,073	km/km ²
Coefficiente de manutenção	13.698,63	km ² /m
Fator de forma	0,67	m/m
Relação de relevo	3,2	m/km
Sinuosidade	1,11	km/km
Número de rios	8	unidade

Outorgas

Em torno de toda sub-bacia do Sucuru foram identificadas 61 outorgas cadastradas na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) distribuídas em 3 fontes de extração de água conforme as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Número de outorgas por município e tipos de usos.

MUNICÍPIOS	IRRIGAÇÃO	ABASTECIMENTO RURAL	ABASTECIMENTO PÚBLICO	INDUSTRIAL	COMERCIAL
Caraúbas	1				
Coxixola	2				
Serra Branca	1				
Sumé	10	22	2	1	1
Prata	6	11		2	
Monteiro		2			
TOTAL	20	35	2	3	1

Tabela 3: Principais fontes de extração de água nas outorgas.

MUNICÍPIOS	RIOS	AÇUDES	POÇOS
Caraúbas	1		
Coxixola	2		
Serra Branca			1
Sumé	2	22	32
Prata		6	13
Monteiro			
TOTAL	5	8	48

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Perfil pluviométrico

O valor obtido pelo Método de Thiessen é próximo ao calculado pela média aritmética, com diferença de apenas 20,29 mm; ou seja, o erro relativo do segundo em relação ao primeiro é de 3,7%. Tendo o Método de Thiessen como um dos padronizados, o método por média aritmética é uma metodologia confiável para mensurar o perfil pluviométrico.

A precipitação média por km² é menor no posto P₄, mesmo que a precipitação média não seja uma das menores. Esse valor é o menor devido ao posto em análise possuir a maior área de abrangência de medição em relação aos outros postos. Situação inversa ao que ocorre no Posto P₁, com menor área de abrangência e maior precipitação média por km².

Parâmetros morfométricos

A densidade de rios de 0,048 rios/km² é baixa em relação à obtida por Silva et al. (2018), que é de 0,48 rios/km² na bacia do Riacho Rangel, Piauí, e abaixo do proposto por Strahler (1957), de 3 rios/km², indicando uma bacia pouco favorável à formação de novos cursos fluviais com déficit de drenagem, o que é comprovado na quantidade de apenas 8 rios em toda a bacia.

Desse modo, a densidade de drenagem de 0,073 km/km² é muito baixa em comparação com a bacia do rio Ivaí, Paraná, que é de 0,23 km/km² (SOUZA ET AL., 2017), apresentando baixa capacidade de drenagem com relação ao estabelecido por Villela & Mattos (1975), de 0,5 km/km², para bacias com escassez de drenagem.

Quanto ao coeficiente de manutenção, o valor calculado de 13.698,63 km²/m é superior ao obtido por Gerber et al. (2018) na bacia do rio Itajaí, Santa Catarina, que é de 4.828,37 km²/m, comprovando que a área necessária para manter 1 m de canal é maior que a da bacia em estudo neste artigo.

Em relação ao fator de forma, o valor calculado de 0,67 é maior que o determinado por Lopes et al. (2018) na bacia do rio Uma, em Ibiúna, São Paulo, de 0,24, indicando que a primeira bacia, em estudo neste artigo, é mais suscetível a enchentes do que a segunda estudada. Pois, de acordo com Horton (1945) e Souza et al. (2017), uma bacia com fator de forma entre 0,50 e 0,75 possui média suscetibilidade a enchentes.

Por sua vez, a relação de relevo de 3,2 m/km (0,0032 m/m) é maior que a obtida por Vale & Bordalo (2020) na bacia do rio Apeú, Amazônia Oriental, que é de 0,002 m/m, indicando que, de acordo com Horton (1945) e Souza et al. (2017), numa bacia com relação de relevo de 0,00 m/m a 0,10 m/m o escoamento superficial é lento, sendo comprometido pela evaporação que é alta na região e maior que a recarga feita pela precipitação.

Em se tratando de sinuosidade, o valor de 1,11 é próximo ao determinado por Silva et al. (2017) na bacia do rio Cobra, Rio Grande do Norte, que é de 1,30, indicando que os rios são retilíneos e esse valor favorece o escoamento e transporte de sedimentos, visto que segundo Villela & Mattos (1975), valores de sinuosidade próximos a 1,00 comprovam que o curso d'água é retilíneo e não há dificuldades para escoamento.

Análise de outorgas

De acordo com as Tabelas 2 e 3 a maior quantidade de licenças é no município de Sumé, os mais predominantes tipos de usos são para abastecimento rural e a maior quantidade de fontes de extração de águas são de poços.

CONCLUSÕES

Além da drenagem da bacia ser escassa, com apenas 8 cursos d'água, o uso e ocupação do solo com a reativação do Perímetro Irrigado tem comprometido a oferta de água para outros usos.

Desse modo, a bacia é razoavelmente sujeita a enchentes, com uma declividade predominante de apenas 0,003 m/m e o valor do fator de forma dentro do limite de 0,50 a 0,75.

Esse médio risco de enchentes também é comprovado pelo fato de o rio principal ser retilíneo e a evaporação ser maior que a precipitação, o que impulsiona a extração águas subterrâneas do aquífero aluvial.

Diante da hierarquização dos rios e caracterização morfométrica, apenas o rio Sucuru é de ordem 2, enquanto que se afluentes são de ordem 1, e as características atestam o quanto a drenagem superficial é insuficiente para atender a demanda do Perímetro Irrigado e de outras atividades e compromete a drenagem em regiões à jusante.

Além disso, não há informações suficientes do controle e fiscalização quanto ao uso dos recursos hídricos perante as outorgas por parte do poder público.

Observa-se que, em comparação com bacias hidrográficas de outras regiões do país, o diagnóstico da caracterização morfométrica da bacia em estudo acende o alerta da importância de preservar os recursos hídricos subterrâneos em disponibilidade, que têm proporcionado a potencialidade da bacia.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (PPGEGRN) por nos proporcionar a disciplina Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas, fundamental para desenvolvimento de nossas pesquisas, à Professora Dayse Luna Barbosa por somar significativamente os conhecimentos dessa disciplina e nos conceder a oportunidade de realizar este trabalho, e à Agência Nacional de Águas (ANA), à

extinta Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e é Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESA) pelo fornecimento de dados mensais e anuais de precipitação na área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba. Disponível em: <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>. Acesso em: 20/10/2022.
2. AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 11/10/2022.
3. ALENCAR, M. L. S. de; BARBOSA, M. P.; SILVA, V. B. S. *Mapeamento dos sistemas hídricos da bacia do rio Sucuru*. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, 2013.
4. ALVES, E. J. C. *Potencialidade e manejo dos recursos hídricos do aquífero aluvial em Sumé – PB*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, 2016, 73 p.
5. BRASIL. Lei n. 9.433, 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de Março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de Dezembro de 1989. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos.
6. DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. de; SILVA, P. F. da; SANTOS, C. S. dos; SILVA, L. F. D. da. *Unidades produtivas da agricultura familiar no Perímetro Irrigado de Sumé, PB*. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, v. 9, n. 16, 2013, p. 2060-2070.
7. GERBER, D.; PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F. de. *Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Itajaí – Santa Catarina*. Acta Biológica Catarinense, v. 5, n. 1, 2018, p. 72-83.
8. HORTON, R. E. *Erosional development of stream sand their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*. Geological Society of America Bulletin, 1945, 275-370p.
9. LOPES, E. R. do N.; SOUZA, J. C. de; SOUSA, J. A. P. de; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; LOURENÇO, R. W. *Modelagem ambiental de bacias hidrográficas: caracterização morfométrica e pedológica da bacia do rio Uma – Ibiúna, Brasil*. Geosul, Florianópolis, v. 33, n. 66, 2018, p.105-127.
10. MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. L.; CARDOSO, M. R. D.; TSCHIEDEL, A. F. *Detalhamento hidromorfológico da bacia do rio Paraíba*. XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa, 2012.
11. PINTO JÚNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. *Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT-Brasil*. Geoambiente Online, n.4, 2005, p. 38-53.
12. PONTES, A. G. V.; GADELHA, D.; FREITAS, B. M. C.; RIGOTTO, R. M.; FERREIRA, M. J. M. *Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente*. Ciência & Saúde Coletiva, v. 18, n. 11, 2013, p. 3213-3222.
13. RÊGO, J. C.; PONTES FILHO, J. D.; TSUYUGUCHI, B. B.; SOUZA, T. J.; GALVÃO, C. de O. *Sustainable and resilient exploitation of small alluvial aquifers in the Brazilian semi-arid region*. Groudwaterfor Sustainable Livelihoods, chapter 6, 2022.
14. SILVA, C. V. T.; RIBEIRO FILHO, G. C.; SILVA, P. C. M. da; LEMOS FILHO, L. C. de A.; BRASIL, J. B. *Caracterização morfométrica, uso e ocupação de uma bacia hidrográfica*. Revista Engenharia na Agricultura, v. 25, n. 5, 2017, p. 436-444.
15. SILVA, G. C. da; ALMEIDA, F. de P.; ALMEIDA, R. T. S.; MESQUITA, M.; ALVES JÚNIOR, J. *Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel-Piauí, Brasil*. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 15, n. 28, 2018, p. 244-258.
16. SOUZA, C. F. de; PERTILLE, C. T.; CORRÊA, B. J. S.; VIEIRA, F. S. *Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí – Paraná*. Geoambiente Online, n.29, 2017, p. 93-111.
17. STRAHLER, A. N. *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology*. Trans. Amer. Geophys. Union, v. 38, 1957, p. 913-920.

18. TSUYUGUCHI, B. B.; BRAGA, A. C. R.; PONTES FILHO, J. D. de A.; COSTA, M. R.; RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. de O. *Análise da variabilidade na condutividade hidráulica em aquífero aluvial no semiárido brasileiro*. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, 2017.
19. TSUYUGUCHI, B. B.; MORGAN, E. A.; RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. de O. *Governance of alluvial aquifers and community participation: a social-ecological systems analysis of the Brazilian semi-arid region*. HydrogeologyJournal (Online), 2020.
20. VALE, J. R. B.; BORDALO, C. A. L. *Caracterização morfométrica e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Apeú, Amazônia Oriental*. Formação (Online), v. 27, n. 51, 2020, p. 313-335.
21. VIEIRA, L. J. dos S. *Emprego de um modelo matemático de simulação do fluxo subterrâneo para definição de alternativas de exploração de um aquífero aluvial*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2002, 133 p.
22. VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo - SP: McGraw-Hill do Brasil, 1975.