



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Angélica de Souza Freitas

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIUM,
PIUM - TO.

Palmas – TO

2019

Angélica de Souza Freitas
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIUM,
PIUM - TO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Esp. Kenia Parente Lopes Mendonça.

Palmas – TO

2019

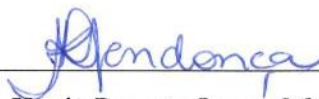
Angélica de Souza Freitas
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
PIUM, PIUM - TO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Esp. Kenia Parente Lopes Mendonça.

Aprovado em: 23 / 06 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Kenia Parente Lopes Mendonça.

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.Sc. Edivaldo A. dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

*Trabalho dedicado aos meus pais,
Luiz e Goreti, que sempre me deram
todo o apoio para que meus sonhos
pudessem se tornar realidade.*

AGRADECIMENTOS

À professora Kênia por todo o apoio, orientação, atenção e cuidado, que permitiram que esse trabalho fosse desenvolvido, além de colaborar para o crescimento da minha formação pessoal, acadêmica e profissional.

Aos meus amigos do CEULP/ULBRA por toda a força durante os anos de curso, principalmente na reta final. De forma especial, ao Sr. Wilson, pelo companheirismo, parceria e amizade, que além de me ajudarem como aluna, me ajudaram a ser uma pessoa melhor.

Ao meu namorado Dennys, por todo amor, por me apoiar e não deixar que eu desistisse em momento nenhum de buscar meus objetivos.

Aos meus pais, Luiz e Goreti, por me ensinarem os verdadeiros valores da vida, apoiarem meus estudos, apostarem sempre em mim e acreditarem que valeria a pena todo o esforço.

A todos os professores que se dedicaram e passaram seus conhecimentos ao longo desses anos contribuindo para a minha formação.

"Buscai, em primeiro lugar, o Reino de Deus e a sua justiça, e todas as coisas vos serão dadas por acréscimo". (Ma 6, 33)

RESUMO

Este trabalho fez a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Pium, localizado no sudeste do Estado do Tocantins. Foram calculados uma série de parâmetros físicos para estudo do comportamento hidrológico da bacia. A bacia hidrográfica do Rio Pium abrange seis municípios, Pium, Lagoa da Confusão, Paraíso do Tocantins, Chapada de Areia, Cristalândia e Nova Rosalândia. A área de drenagem encontrada foi de 5063,10 km² e o perímetro de 379,46 km². A bacia hidrográfica do Rio Pium tem formato ovalado-alongado, coeficiente de compacidade de 1,49, fator de forma de 0,43, razão de alongação de 0,74, índice de circularidade de 0,44, tempo de concentração de 37,15 horas, densidade de drenagem de 0,72 km/km², densidade hidrográfica de 0,15 /km², índice de rugosidade de 0,23 e razão de relevo de 0,003 km/km, sendo de sexta ordem o curso d'água principal. Conclui-se que essa bacia, em condições naturais, possui baixa suscetibilidade a inundações, e alta taxa de infiltração no solo, mostrando que a escassez de água está ligada ao clima severo e a grande quantidade de captações presentes na bacia.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, caracterização morfométrica, rio Pium

ABSTRACT

This work made the morphometric characterization of the Pium River basin, located in the southeast of the State of Tocantins. A series of physical parameters were calculated to study the hydrological behavior of the basin. The Pium river basin covers six municipalities, Pium, Lagoa da Confusão, Paraíso do Tocantins, Chapada de Areia, Cristalândia and Nova Rosalândia. The drainage area was 5063.10 km² and the perimeter was 379.46 km. The Pium river basin has an oval-elongated shape, a compactness coefficient of 1.49, a shape factor of 0.43, an elongation ratio of 0.74, a circularity index of 0.44, a concentration time of 37, 15 hours, drainage density of 0.72 km / km², hydrographic density of 0.15 / km², roughness index of 0.23 and relief ratio of 0.003 km / km, the main water course being of the sixth order . It is concluded that this basin, under natural conditions, has low susceptibility to flooding, and a high rate of infiltration into the soil, showing that the scarcity of water is linked to the severe climate and the large amount of abstractions present in the basin.

Key words: hydrographic basin, morphometric characterization, Pium river

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo Hidrológico.....	19
Figura 2 – Medidas de comprimento em uma Bacia Hidrográfica.....	22
Figura 3 – Hierarquização fluvial segundo Método de Strahler.....	27
Figura 4 – Mapa de Bacias Hidrográficas do Estado do Tocantins.....	32
Figura 5 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pium.....	33
Figura 6 – Mapa dos Principais Rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pium.....	36
Figura 7 – Representação do Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Pium, por altitude.....	41
Figura 8 – Representação do Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Pium, por declividade....	42
Figura 9 – Representação da Hierarquia do Sistema de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Pium.....	46
Figura 10 – Quantitativo dos rios da bacia hidrográfica do Rio Pium, por ordem.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de Relevo de acordo com a declividade (Adaptado de Embrapa 2006).....	23
Tabela 2 – Parâmetros do Coeficientes de Compacidade e Fator de Forma (Adaptado de Coutinho e Nascimento).....	24
Tabela 3 – Classificação da Densidade de drenagem e hidrográfica de uma bacia (Adaptado Santos <i>et al.</i> 2012).....	26
Tabela 4 – Classificação da Razão de Relevo (Adaptado de Marcolini 2016).....	26
Tabela 5 – Índices morfométricos ligados a geometria da Bacia do Rio Pium.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Proteção Permanente
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Dd	Densidade de Drenagem
Dh	Densidade Hidrográfica
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
Hd	Índice de Rugosidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Ic	Índice de Circularidade
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IS	Índice de Sinuosidade
Kc	Coefficiente de Compacidade
Kf	Fator de Forma
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDD	Modelo de Digital de Declividade
Prodoeste	Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Tocantins
PRODIAT	Plano de Desenvolvimento da Região Araguaia-Tocantins
Re	Razão de Elongação
Rr	Razão de Relevo
SEMARH	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SEPLAN	Secretaria de Planejamento e Orçamento
SIG	Sistema de Informação Geográfica

LISTA DE SÍMBOLOS

km^2	Quilômetros quadrados
m^2	Metros quadrados
m	Metros
Δa	Amplitude Altimétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	CICLO HIDROLÓGICO.....	18
2.2	BACIAS HIDROGRÁFICAS	19
2.3	ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	20
2.4	ÁREA DE DRENAGEM E PERÍMETRO DA BACIA	22
2.5	DECLIVIDADE DA BACIA.....	22
2.6	COEFICIENTE DE COMPACIDADE	23
2.7	FATOR DE FORMA	23
2.8	ÍNDICE DE CIRCULARIDADE	24
2.9	RAZÃO DE ELONGAÇÃO.....	24
2.10	TEMPO DE CONCENTRAÇÃO	24
2.11	DENSIDADE DE DRENAGEM.....	25
2.12	DENSIDADE HIDROGRÁFICA	25
2.13	ÍNDICE DE RUGOSIDADE.....	26
2.14	RAZÃO DE RELEVO	26
2.15	HIERARQUIA DOS RIOS	26
2.16	GEOPROCESSAMENTO.....	27
2.17	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	28
2.18	MODELO DE ELEVAÇÃO DIGITAL – MDE.....	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
3.1.1	Bacia Hidrográfica do Rio Pium.....	30
3.1.2	Localização.....	32
3.1.3	Clima	33
3.1.4	Vegetação	34
3.1.5	Geologia.....	35
3.2	MATERIAIS.....	35

3.3	MÉTODOS	37
3.3.1	Modelo de Elevação Digital e Modelo de Declividade Digital.....	37
3.3.2	Caracterização Morfométrica	37
3.3.3	Hierarquização dos Cursos d'água.....	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1	MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO E DECLIVIDADE.....	41
4.2	CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA	42
5	CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS		

1 INTRODUÇÃO

A água é sinônimo de vida, imprescindível para a realização da maioria das atividades ligada aos seres vivos, seja como habitat, meio de reprodução, fonte de nutrientes e hidratação. É responsável pelo crescimento e desenvolvimento dos seres vivos, bem como das atividades econômicas, no setor industrial, agropecuário e abastecimento urbano.

Tucci (2003) afirma que a demanda de água, no último século, aumentou seis vezes, enquanto que a população cresceu três vezes. Tanto a nível mundial quanto no Brasil o grande consumidor é a agricultura. O primeiro risco é o da escassez quantitativa. A natureza tem mostrado que a água que escoia nos rios e depende das chuvas é aleatória, e varia muito entre as secas e estiagens.

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2005), o Brasil era responsável por 18% dos recursos hídricos superficiais e 12% das reservas de água doce do planeta, o que criou a ideia de abundância e conseqüentemente gerou cultura do uso abusivo dos recursos hídricos.

No Tocantins não é diferente, uma vez que possui um grande potencial hídrico, abrigando a maior parte da Bacia Tocantins – Araguaia, uma das mais importantes do país. Localizada na região centro-oeste do estado, apresenta grande potencial para a agricultura irrigada, especialmente com o cultivo de árvores frutíferas, arroz, milho e soja. De acordo com a SEPLAN (2015), a necessidade de uso de água para irrigação corresponde a 66% da demanda total da região.

Com a falta de planejamento e conhecimento, o avanço desordenado das fronteiras agrícolas, a poluição das águas pelo uso industrial, urbano e a falta de aplicação das leis, agravados pela variabilidade climática, tem levado a inúmeras estiagens, alterando os regimes pluviométricos das principais bacias hidrográficas da região, o que torna imprescindível a busca pelo uso consciente e por maiores conhecimentos técnicos sobre a área.

O gerenciamento do recurso hídrico é um processo dinâmico baseado na administração da oferta da água. Um conjunto de usuários pode usar simultaneamente a água desde que se respeite os limites estabelecidos. Assim, para uma gestão eficaz é primordial conhecer o comportamento dos recursos hídricos. Alguns autores têm adotado as bacias hidrográficas como mecanismos para essa compreensão. Segundo Castro e Carvalho (2009), um recurso utilizado para caracterizar e identificar a dinâmica de um sistema fluvial é a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica.

A caracterização morfométrica tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas ao entendimento da dinâmica ambiental local e regional. Segundo Antoneli e

Thomaz (2007), a combinação dos diversos parâmetros morfométricos podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais. Destaca-se também sua importância nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas. Assim, é de grande importância para gestores e pesquisadores a compreensão do conceito de bacia hidrográfica para auxiliar na tomada de decisão.

O aprimoramento na geração dos Modelos Digitais de Elevação (MDE's) têm contribuído, de forma expressiva, no desenvolvimento de metodologias automáticas para obtenção dos parâmetros morfométricos de forma mais eficiente, confiável e com reprodutibilidade científica (ALDEN ELESBON, 2011).

A Bacia Hidrográfica do Rio Pium, abrange seis municípios: Cristalândia, Lagoa da Confusão, Chapada de Areia, Nova Rosalândia, Paraíso do Tocantins e sua maior parte fica inserida no município de Pium. A principal finalidade da água é para irrigação de agriculturas, abastecimento humano e dessedentação animal. Há na bacia um número considerável de barragens, implantadas para combater os problemas hídricos e aumentar o potencial produtivo da região. Algumas destas barragens foram desenvolvidas pelo projeto Prodoeste – Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Tocantins.

Tal região tem sido cenário de conflitos devido à escassez de água durante o período de seca. Desta forma é de grande importância um conhecimento aprofundado das características físicas e morfométricas, sendo necessário um estudo de caracterização da bacia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar a caracterização morfométrica da bacia, afim de compreender o comportamento hídrico, físico e morfométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pium.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar o MDE – Modelo de Elevação Digital, utilizando imagens da plataforma Topodata;
- Elaborar o MDD – Modelo de Declividade Digital, utilizando imagens da plataforma Topodata;
- Realizar a Caracterização Morfométrica da Bacia do Rio Pium, com o *Software ArcGis 10.3*;
- Determinar a Hierarquia dos Cursos d'água presentes na bacia, utilizando a ferramenta *Hydrology*, do *Software ArcGis 10.3*;
- Quantificar os cursos d'água em cada classe determinada pelo modelo de Strahler.

1.2 JUSTIFICATIVA

A escolha desta temática de pesquisa se justifica pela importância da água como recurso natural, necessidade de conservação do meio ambiente e importância econômica das atividades desenvolvidas na região em estudo. Durante os períodos de escassez muitas famílias, produtores e animais sofrem na Região da Bacia do Rio Pium, passando por sérias dificuldades. É urgente que uma atitude seja tomada para que a população não tenha que enfrentar mais situações semelhantes, por isso é extremamente importante que se conheçam as causas e comportamentos que levam a falta de água, para assim combater de forma eficiente.

Um dos principais componentes para conservação de recursos hídricos são os investimentos em Ciência e Tecnologia. O desenvolvimento do conhecimento é a base do desenvolvimento sustentável e responsável. Esta é uma área com características interdisciplinares e interface com as diferentes áreas do conhecimento que procuram entender

os processos naturais e antrópicos. A construção dos focos ou prioridades é um exercício que engloba ciência básica e aplicada interdisciplinares, o uso integrado dos recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável. (TUCCI; CORDEIRO, 2004)

Assim, é preciso que sejam feitos estudos para um planejamento adequado no uso da Bacia do Rio Pium levando a um desenvolvimento sustentável, caracterizando o potencial hídrico da bacia e suas limitações. Conhecer e evidenciar as deficiências da região força mudanças que podem promover melhores condições futuras para os usuários e para a economia, minimizando os conflitos, percas ambientais e financeiras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CICLO HIDROLÓGICO

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva: no homem mais de 60% do seu peso é constituído por água, e em certos animais aquáticos esta porcentagem sobe a 98%. A água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber como ela se distribui no nosso planeta, e como ela circula de um meio para o outro. (SPERLING, 2005).

Segundo Sperling (2005) a água presente no Planeta Terra se divide em: água do mar com 97%, geleiras com 2,2% e água doce com 0,8 %, sendo que deste valor, 97% são águas subterrâneas e 3% são superficiais. Tais números mostram como é importante a preservação dos recursos hídricos que o planeta possui.

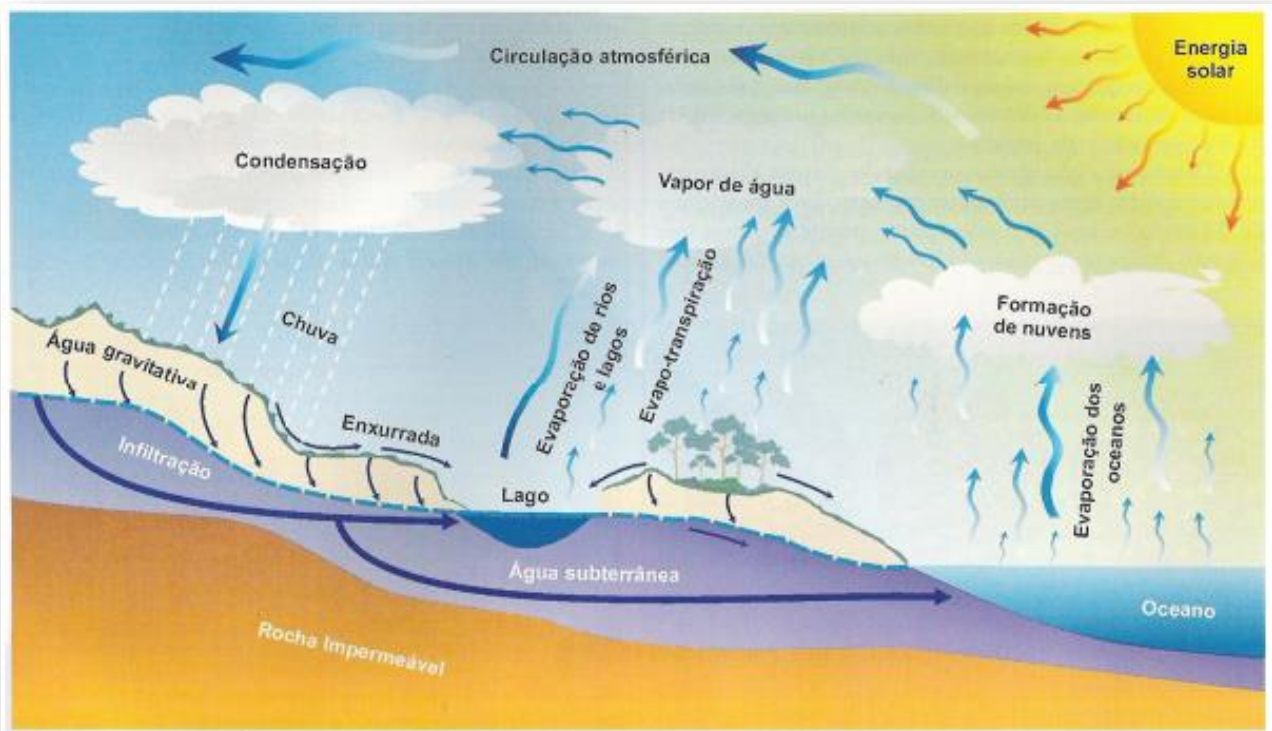
Além de saber como a água é distribuída, é importante conhecer seu comportamento e movimentação. A tal circulação de água se é dado o nome de ciclo hidrológico.

Para Sperling (2005), o ciclo hidrológico possui cinco principais mecanismos de transferência de água: precipitação, que se trata da água que vem da atmosfera, como chuva, orvalho, granizo, neve. O escoamento superficial, após a precipitação a água pode infiltrar no solo ou escoar na superfície, se trata do deslocamento de água sobre o terreno, o que leva a formação de rios, lagos, até atingirem o mar; a quantidade de água que escoar depende da intensidade da chuva e da capacidade de infiltração do solo. Infiltração é a água que penetra no solo e forma os lençóis freáticos; tais lençóis são muito importantes para abastecer rios na época da estiagem. Um solo rico em vegetação, sem a impermeabilização urbana, colabora para um menor escoamento superficial, gerando menos enchentes em períodos com muita chuva, mais infiltração, alimentando mais os rios, e geram menos assoreamento dos rios, pois impede que a água leve mais partículas para os rios. E por fim a evapotranspiração, onde a água é mandada de volta para a atmosfera, por dois caminhos, evaporação, onde a água do estado líquido passa para o gasoso, e transpiração, onde as plantas absorvem a água do terreno, levam até suas folhas e então evaporam. O ciclo hidrológico acontece como representado na Figura 1.

Para Tucci (2007) o ciclo hidrológico constitui um evento global de circulação da água que acontece entre a superfície e a atmosfera, sendo guiado pela rotação terrestre, gravidade e raios solares. As trocas entre os meios acontecem em dois sentidos: da superfície para a atmosfera, onde a água passa na forma de vapor, pelo fenômeno de evapotranspiração, e um

fenômeno biológico, que acontece da atmosfera para a superfície, onde a transferência de água ocorre em qualquer estado físico, principalmente por meio de chuvas e neve.

Figura 1 – Ciclo Hidrológico



Fonte: O conceito de Bacia hidrográfica (2012).

Entre os fatores que contribuem para que haja uma grande variabilidade de manifestações do ciclo hidrológico, pode-se destacar: a desuniformidade com que a energia solar atinge os diversos locais, o diferente comportamento térmico dos continentes em relação aos oceanos, a quantidade de vapor de água, CO₂ e ozônio na atmosfera, variabilidade espacial de solos e coberturas vegetais, e a influência da rotação e inclinação do eixo terrestre na circulação atmosférica. (TUCCI, 2007).

2.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS

De acordo com FINKLER (2012), bacias hidrográficas são regiões da superfície da Terra, de captação natural das precipitações, onde o escoamento superficial em qualquer ponto converge para um único ponto fixo, o exutório. Analisar um ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica leva à compreensão de como é sua dinâmica. A entrada de água de uma bacia

acontece por meio da precipitação pluvial. O solo, vegetação e relevo, bem como o homem são componentes da bacia, definindo sua paisagem de forma única. As saídas são formadas pelo deflúvio, evapotranspiração, por processos erosivos e o carreamento de sedimentos levados pelos rios.

De acordo com GARCEZ e ALVAREZ (2002), as características físicas do terreno apresentam grande importância no ciclo hidrológico, como o relevo, forma, área, solo, rede de drenagem, a geologia, pedologia e topografia, além do tipo de vegetação, e uso e ocupação do solo presente na bacia, podendo medir em cálculos as interferências que cada uma pode gerar. Assim, a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água advindos da atmosfera por precipitação e a saída é o volume de água que passa pelo exutório. Dessa maneira, estão diretamente ligadas a infiltração, quantidade de água produzida no deflúvio, escoamentos superficiais e evapotranspiração, as características físicas, bióticas e antrópicas de uma bacia, que interferem em todo o ciclo hidrológico.

As bacias hidrográficas passaram a ser usadas como unidade do território no Brasil para gestão de recursos hídricos. A produção de água na bacia hidrográfica não depende somente das chuvas, mas também das perdas por infiltração e evapotranspiração; além disso, a topografia, a cobertura vegetal, o tipo de solo, a litologia, e a estrutura das rochas, influenciam diretamente o escoamento das águas da bacia. (FURRIER, 2013).

2.3 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Uma bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos de água, tal que toda vazão efluente seja descarregada por uma única saída (Tucci, 2004). Os principais componentes, solo, água, vegetação e fauna, vivem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências da natureza e do homem, afetando os ecossistemas de forma global. Nas bacias hidrográficas, os recursos hídricos são indicadores das condições dos ecossistemas. (SOUZA *et al.*, 2002).

Desse modo, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, sobretudo, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subsuperficial específicos para determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES & CASTRO, 2003).

Atualmente a gestão das águas é realizada pela divisão do espaço físico conforme as drenagens que nele estão contidas, ou seja, a bacia hidrográfica ou bacia de drenagem. O comportamento da bacia ao longo do tempo ocorre por dois fatores, sendo o primeiro de ordem natural responsável pela pré-disposição do meio à degradação ambiental e o segundo de ordem antrópica no qual as atividades humanas interferem de forma direta ou indireta no funcionamento da bacia. Tem-se adotado a bacia hidrográfica como delimitação dos recursos hídricos a serem gerenciados por apresentar-se como unidade física de reconhecimento, caracterização e avaliação que facilita a gestão das águas (VILAÇA *et al.*, 2008).

As características físicas, especialmente aquelas associadas ao relevo, à forma e à rede de drenagem, estão altamente relacionadas ao tempo e velocidade de escoamento da água, o que vai incidir em maior ou menor infiltração da água no solo (LEAL & TONELLO, 2017).

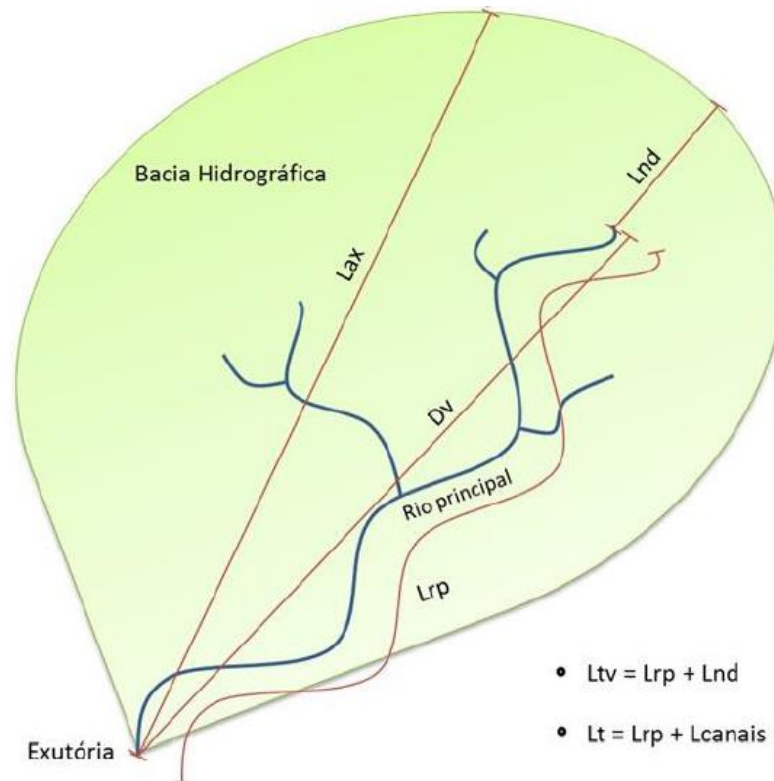
Conhecer o ambiente físico é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e potencializadas pelo antropismo. Sendo assim, conhecer as características morfométricas e físicas de uma unidade geoambiental permite o planejamento da ocupação do espaço de maneira mais sustentável (ALVES *et al.*, 2014).

A análise morfométrica estabelece uma relação entre as características fisiográficas de uma bacia hidrográfica, em particular a Geologia e a Geomorfologia, e o comportamento da dinâmica hidrográfica/ambiental da mesma (LIMA *et al.*, 2010).

De acordo com Antoneli e Thomaz (2007), na caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é importante que sejam combinados os diversos dados morfométricos para que se possam ser diferenciadas as áreas semelhantes e homogêneas de bacias. Estes índices levam a resultados de valores precisos para uma determinada região, expondo as intervenções ambientais. A figura 2, apresenta algumas medidas de comprimento de uma bacia hidrográfica.

Onde: L_{tv} = Comprimento do talvegue; L_{rp} = Comprimento do rio principal; L_{nd} = Distância da nascente do rio principal até o divisor de águas; D_v = Distância vetorial do rio principal; L_{ax} = Comprimento axial da bacia; L_t = Comprimento total de canais; L_{canal} = Comprimento dos canais afluentes ao rio principal.

Figura 2 - Medidas de comprimento em uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: Felipe Bublitz Bier (2013).

2.4 ÁREA DE DRENAGEM E PERÍMETRO DA BACIA

A área de drenagem (A) da bacia hidrográfica é uma área plana (projeção horizontal) inclusa entre seus divisores topográficos, ou seja, é a área de toda a extensão da bacia, e o elemento básico para o cálculo das outras características físicas.

O perímetro (P) da bacia é comprimento do contorno do divisor de águas que delimita a área da bacia.

2.5 DECLIVIDADE DA BACIA

A declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem de bacias.

A magnitude dos picos de enchente e a maior ou menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia. A tabela 1 mostra os intervalos da declividade de acordo com a Embrapa.

Tabela 1. Tipos de Relevo de acordo com a declividade

Intervalo de Declividade	Tipo de Relevo
< 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Adaptado de Embrapa (2006)

2.6 COEFICIENTE DE COMPACIDADE

Coefficiente de Compacidade (K_c) ou índice de Gravelius, de acordo com Christofolletti (1988), é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Este coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho, quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual a unidade corresponderia a uma bacia circular. Se os outros fatores forem iguais, a tendência para maiores enchentes é tanto mais acentuada quanto mais próximo da unidade for o valor desse coeficiente.

2.7 FATOR DE FORMA

Segundo Christofolletti (1980) é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia. Mede-se o comprimento da bacia (L) quando se segue o curso d'água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia. O fator de forma (K_f) constitui outro índice indicativo da maior ou menor tendência para enchentes de bacia. Uma bacia com fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma. Isso se deve ao fato de que em uma bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a sua extensão.

E também, em determinada bacia, a contribuição dos tributários atinge o curso d'água principal em vários pontos ao longo do mesmo, afastando-se, da condição ideal da bacia circular, na qual a concentração de todo o deflúvio da bacia se dá num só ponto. Para melhor entendimento, a Tabela 2 apresenta de forma sucinta a explicação dos parâmetros evidenciados até agora.

Tabela 2. Parâmetros do Coeficientes de Compacidade e Fator de Forma

Kc	Kf	Formato	Interpretação
1,00 – 1,24	1,00 – 0,75	Redonda	Alta tendência a enchentes
1,25 – 1,50	0,75 – 0,50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
1,50 – 1,70	0,50 – 0,30	Elíptica	Baixa Tendência a enchentes
> 1,70	< 0,30	Comprida	Tendência a conservação

Fonte: Adaptado de Coutinho e Nascimento (2013).

2.8 ÍNDICE DE CIRCULARIDADE

Do mesmo modo que coeficiente de compacidade, o Índice de circularidade com valores próximos a uma unidade representa bacias com formato circular e bacias com valores inferiores associam-se a unidades hidrográficas mais alongadas.

Segundo Christofolletti (1980), o Índice de circularidade (I_c), proposto por V. C. Miller em 1953, propõe a relação entre a área da bacia (A) em km^2 e a área do círculo de mesmo perímetro (A_c) em km^2 , sendo que o valor máximo a ser obtido é 1,0. Quanto maior e mais próximo deste valor, maior será a semelhança da bacia em questão com uma forma circular e conseqüentemente mais suscetível a enchentes, pois ao ocorrer um evento de precipitação, quando atingir o tempo de concentração da bacia, praticamente toda sua superfície estará contribuindo no exutório, gerando, desta maneira uma elevada vazão de pico (Q_p).

2.9 RAZÃO DE ELONGAÇÃO

É a relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia (MOSCA, 2003), é adimensional. Assim como o K_f , este índice mostra a susceptibilidade da bacia à enchentes tomando por base sua forma, assim, quanto maior o valor de Razão de Elongação (R_e), mais próximo de um círculo a bacia será e maior será a probabilidade de enchente, enquanto valores menores assumidos pela R_e se deve a uma bacia mais alongada e menos susceptível a cheias (CHRISTOFOLETTI, 1988).

2.10 TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Para Christofolletti (1988), tempo de concentração (T_c) é o tempo mínimo que leva para que toda a bacia considerada contribua para o escoamento superficial na seção estudada, ou seja

tempo de concentração é o tempo que leva uma gota de água que caiu no ponto mais distante para chegar até o trecho considerado na bacia.

De acordo com PINTO; HOLTZ e MARTIN (2003), o tempo de concentração é o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica passe a contribuir na seção de estudo. Segundo TUCCI (2007) existem dezenas de fórmulas para estimar o tempo de concentração em uma bacia hidrográfica, cada uma com um desempenho melhor para o caso o qual foram elaboradas. Nas bacias rurais a rugosidade da superfície e a intensidade da chuva tendem a ser menos influentes do que nos canais para definir T_c , pois o tempo que o escoamento ocorre sobre a superfície é bem menor do que no canal natural.

2.11 DENSIDADE DE DRENAGEM

Densidade de drenagem (D_d) é expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede – sejam eles perenes ou intermitentes – e a área total da bacia. Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (GUARIZ, 2008).

De acordo com Christofolletti (1980), o cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

2.12 DENSIDADE HIDROGRÁFICA

Também chamada de frequência de canais ou densidade de rios, corresponde à relação entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. Segundo Christofolletti (1974), a densidade hidrográfica (D_h) é importante, pois representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais, que é a capacidade de gerar novos cursos d'água. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão (CHRISTOFOLETTI, 1980). A tabela 3 traz a densidade de drenagem e densidade hidrográfica, com suas interpretações.

Tabela 3. Classificação da densidade de drenagem e hidrográfica de uma bacia

Dd	Dh	Descrição
< 0,50	< 3	Baixa
0,50 – 2,00	3 – 7	Média
2,01 – 3,50	7 – 15	Alta
> 3,50	> 15	Muito alta

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2012).

2.13 ÍNDICE DE RUGOSIDADE

Segundo Christofolletti (1980), o índice de rugosidade (Hd) combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional, que resulta do produto entre a amplitude altimétrica, que é a diferença de nível da bacia, e a densidade de drenagem.

2.14 RAZÃO DE RELEVO

Para Christofolletti (1988) esta variável está relacionada com as variações topográficas da bacia. Indicativo da declividade média da microbacia, trata-se da relação entre a amplitude altimétrica e o comprimento axial da bacia, indicando que quanto mais elevado o valor de Rr, maior o desnível entre a cabeceira e a foz. Dessa forma, esse índice mede a declividade geral de uma bacia de drenagem e é um indicador da intensidade de erosão operando nas vertentes da bacia. Os limites de razão de relevo (Rr) variam conforme apresenta a Tabela 4.

Tabela 4. Classificação da Razão de Relevo

Limites	Descrição
0,0 – 0,10	Baixa
0,11 – 0,30	Média
0,31 – 0,60	Alta

Fonte: Adaptado de Marcolini (2016).

2.15 HIERARQUIA DOS RIOS

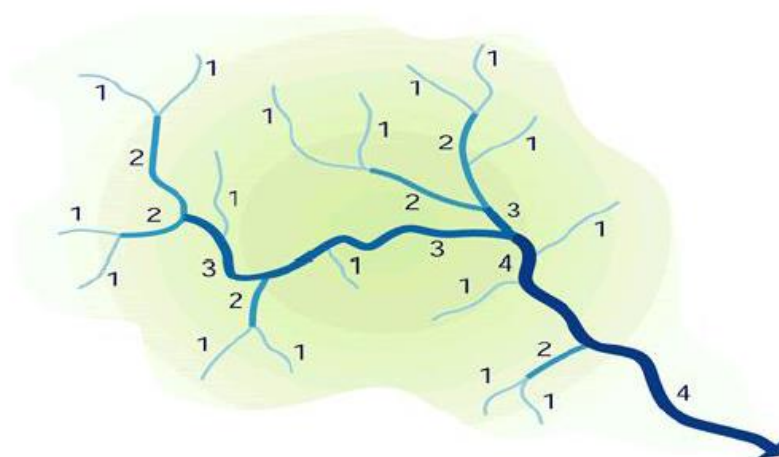
Segundo Christofolletti (1980), a hierarquia fluvial, é um dos principais índices morfométricos, pois determina o grau e a ordem dos cursos hídricos de uma mesma bacia hidrográfica. De acordo com sua localização de nascente e desague e afluentes, a hierarquização

fluvial é um processo capaz de estabelecer a classificação de um curso de água no conjunto total da bacia hidrográfica onde está localizado.

Christofolletti (1974), acentua a importância de conhecer termos usados no vocabulário da hierarquização. A rede fluvial é um padrão de drenagem formado por um conjunto de rios em uma localidade, com qualquer número de fontes até a desembocadura, da rede em análise. Confluência é o lugar onde dois canais se encontram; fonte ou nascente de um rio é o lugar onde o mesmo se inicia. Segmento fluvial é o trecho do rio onde a sua ordem fica constante.

O método de hierarquia fluvial apresentado por Artur Strahler em 1952, denomina os canais de menor extensão, sem tributários de sua nascente até a confluência, como rios de primeira ordem. Os rios de segunda ordem nascem na união/confluência de dois canais de primeira ordem, recebendo somente afluentes de primeira ordem. O canal de terceira ordem é formado pela união de dois canais de segunda ordem, podendo receber tributários de primeira e segunda ordem. Quando se encontra com outro rio de terceira ordem, forma-se um canal de quarta ordem capaz de receber outros de ordem inferior, e assim por diante. Quanto maior a porcentagem de canais de primeira ordem, mais frágil é a região e paisagem, pois eles mostram um relevo seco, que pode ser provocada pela forma estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos. A ordenação de Strahler está representada na Figura 2.

Figura 3 - Hierarquização fluvial segundo Método de Strahler.



Fonte: Felipe Bublitz Bier (2013).

2.16 GEOPROCESSAMENTO

Técnicas de geoprocessamento vêm sendo utilizadas para inúmeras finalidades como ferramentas fundamentais para a gestão do território e análise ambiental, devido a sua abordagem múltipla e a rapidez na geração de resultados precisos (FONSECA *et al.*, 2013). O

geoprocessamento é constituído por uma série de técnicas computacionais que trabalha a partir de uma base de dados georeferenciados, para obter resultados concretos.

Por meio do geoprocessamento pode-se acompanhar a evolução da população analisada e dos espaços por ela ocupados, sendo capaz de criar métodos de manejo, para conservação ambiental da área. Desta forma, em tempo real o georreferenciamento permite a monitoria em tempo real das regiões estudadas, permitindo diferentes formas de coletar e espalhar informações, utilizando principalmente imagens de satélite.

2.17 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema de software computacional que visa a coleta, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de informações sobre entes de expressão espacial, através de uma série de planos de informação que se sobrepõe corretamente em qualquer localização.

Com o SIG é possível a obtenção qualitativa e quantitativa de dados computacionais geográficos possibilitando a gestão dos recursos e aplicação de técnicas otimizadas baseadas em diagnósticos georeferenciados (CAVALLARI, 2007).

O ArcGIS está entre um dos softwares SIG mais utilizados, desenvolvido pela empresa Norte-Americana Environmental Systems Research Institute (ESRI), que tem muitas ferramentas, ArcView, ArcMap, ArcEditor, ArcInfo, com extensões em análise espacial, topográfica, geoestatística, entre outras.

2.18 MODELO DE ELEVAÇÃO DIGITAL – MDE

A utilização de Modelos Digitais de Elevação (MDE) trata-se de uma ferramenta capaz de conseguir informações por meio da análise espacial de bacias hidrográficas, extração de drenagem e delimitação de áreas de drenagem, bem como o uso de curvas de nível para representação da superfície. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, associadas às técnicas de fotointerpretação, para analisar indicadores morfométricos de bacias hidrográficas e a utilização de MDE em geomorfologia permite o cálculo de variáveis associadas ao relevo com rapidez e precisão.

O MDE gera orto-imagens, baseado em elementos presentes nos modelos matemáticos da aerofotogrametria tradicional, se trata de uma representação digital de uma parte da superfície, dada por uma matriz de pixels com coordenadas planas X e Y e um valor de

intensidade do pixel, correspondente à elevação. Por meio de estereopares de imagens obtidas pelos sensores remotos atuantes no espectro óptico, é possível gerar um MDE pelo princípio da Estereoscopia. A estereoscopia permite obter dados tridimensionais, por meio da observação de um par de imagens planas (estereopares) de uma mesma cena, com ângulos de incidência distintos (SANTOS et al.,1999).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Pium

A Bacia hidrográfica do Rio Pium está localizada na região centro-oeste do estado do Tocantins, abrange seis municípios: Cristalândia, Lagoa da Confusão, Chapada de Areia, Nova Rosalândia, Paraíso do Tocantins, sendo que a maior parte do seu território fica inserida no município de Pium.

Segundo o IBGE (2010), o município de Pium possui uma área de 10.013,794 km² e uma estimativa de 7.564 habitantes para 2018, com uma densidade demográfica de 0,67 hab/km². Localiza-se na latitude 10°26'33" sul e longitude 49°10'56" oeste, estando a uma altitude de 249 m, está localizado a 124 quilômetros da capital do estado, Palmas. Situa-se na Região Centro-Oeste do estado, com acesso ao Parque Nacional do Araguaia. É banhado pelos Rios Araguaia, Javaés, Coco, Pium, Riozinho e Formoso.

O setor agropecuário do Tocantins teve crescimento de 8,0% de 2009, para 2010, tendo como destaque as lavouras de soja, cana-de-açúcar, cereais e criação de bovinos. E como principal região produtora de recursos agrícolas está a região da bacia hidrográfica Tocantins-Araguaia, da qual a bacia do Rio Pium faz parte. Tal região começou a ser desmatada a partir da década de 70, devido ao desenvolvimento de obras de infraestrutura como a instalação da rodovia Belém-Brasília, a construção da Hidrelétrica de Tucuruí, além da expansão da agricultura e mineração.

É característica do Estado do Tocantins eventos hidrológicos extremos, com períodos de secas prolongadas boa parte do ano, que causa escassez hídrica, o que contribuí para tais eventos também está ligado ao uso e ocupação do solo. A região da Bacia do Rio Pium passa por problemas ambientais como a supressão de Áreas de Preservação Permanente (APP's) ou seja, falta da mata ciliar, levando ao assoreamento de cursos d'água, enchentes, desequilíbrio ambiental, alterações climáticas, diminuição da qualidade da água, redução dos nutrientes do solo. Tal vegetação geralmente é substituída por pastagens ou culturas.

Esta região tem como principais produtos, frutas e grãos (arroz, milho, soja), apresentando grande potencial para culturas irrigadas. A necessidade de uso de água para irrigação corresponde a 66% da demanda total da região e se concentra na sub-bacia do Araguaia (SEPLAN 2015).

Apesar da abundância dos recursos hídricos no Tocantins, há áreas que sofrem severas secas durante alguns meses do ano, isso se dá devido a sazonalidade das chuvas, levando até mesmo a conflitos de interesses devido a reduzida água ofertada, principalmente nas bacias do Rio Urubu, Formoso, Javaés e Pium. Segundo a Seplan (2015), estima-se que a área irrigável é de aproximadamente em 107.235 hectáres.

As maiores demandas estão nas cabeceiras do Rio Araguaia, nos municípios de Formoso do Araguaia e de Lagoa da Confusão, a área colhida no estado do Tocantins para as culturas de soja, arroz, milho e feijão é de 541 mil, sendo que cerca de 14% do total é irrigada. A demanda total de água dessas culturas é em torno de 28 mil l/s.

Foi criado um programa com o objetivo de estimular o desenvolvimento da região Centro e Sudoeste do estado do Tocantins, o Prodoeste, buscando a conservação e perenização dos rios da região. A principal ação do projeto consiste nos barramentos de regularização e de nível dos rios Dueré, Riozinho, Xavante, Pium, Urubu e Formoso. A região Sudoeste foi escolhida pela grande presença de várzeas que podem ser usadas para agriculturas irrigadas.

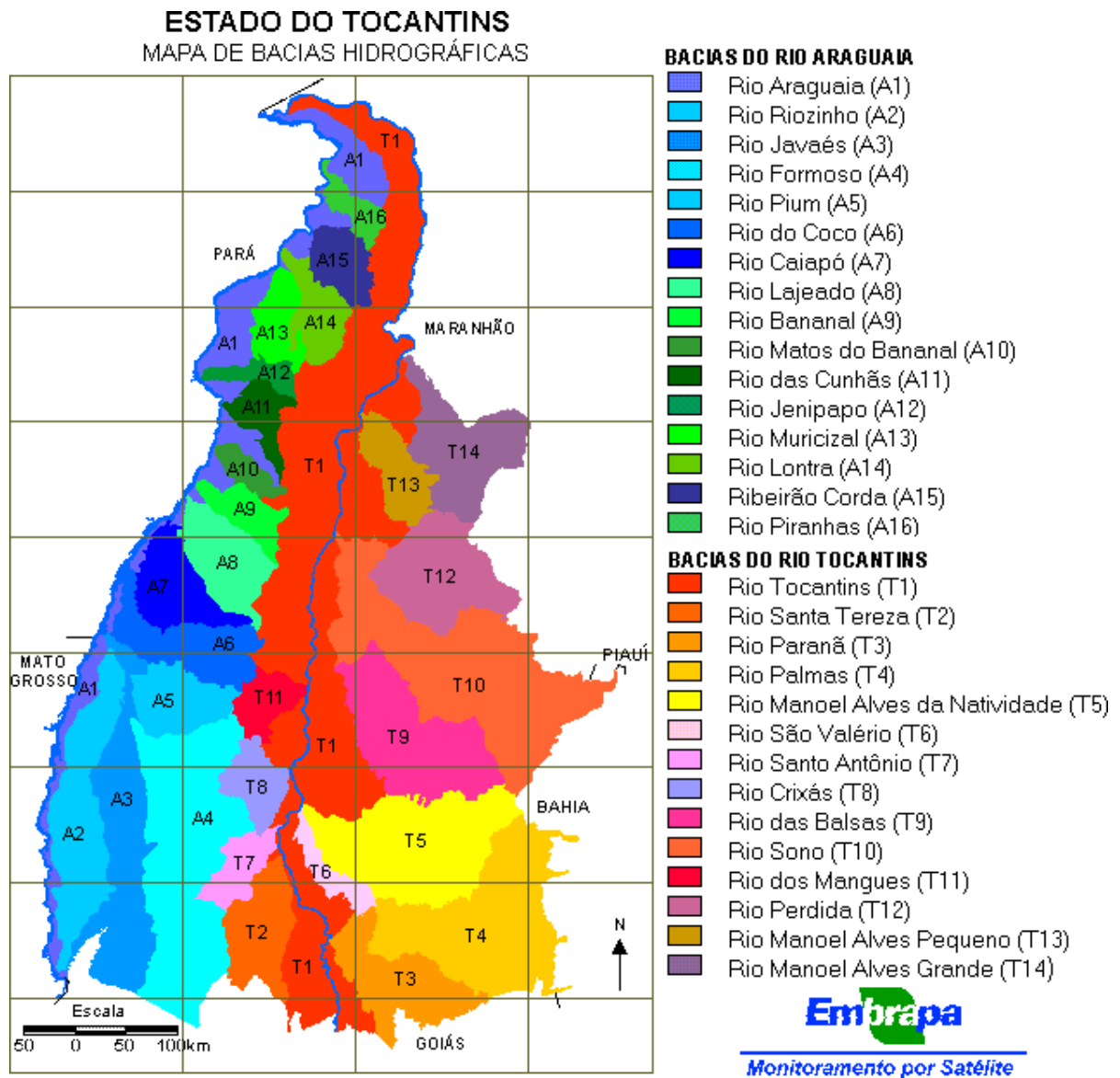
O projeto de aproveitamento hidroagrícola nas bacias dos rios Pium e Riozinho prevê a implantação de infraestrutura hídrica de uso comum, garantindo a oferta constante de água para irrigação, representada basicamente pelas barragens de acumulação na bacia alta e estruturas de manutenção de nível de água ao longo dos cursos dos rios, a jusante. (SEPLAN 2015).

O objetivo principal do projeto é aproveitar de forma racional e sustentável, a disponibilidade de solos aptos à agricultura irrigada e os recursos hídricos disponíveis sazonalmente, de forma a perenizar a oferta de água para irrigação durante todo o ano, permitindo o cultivo de mais de uma safra agrícola por ano.

Com essa iniciativa pretende-se concretizar na região um polo concentrado de produção de alimentos, atraindo agroindústrias para a região, incrementando o nível de emprego e renda e provocando o desenvolvimento regional com sustentabilidade ambiental.

Assim, é possível observar que a região é de extrema importância, fazendo parte do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso e sendo considerada área estratégica de atuação do comitê. A Bacia do Rio Pium pode ser encontrada na Figura 1, com a nomenclatura de A5.

Figura 4. Mapa de Bacias Hidrográficas do Estado do Tocantins

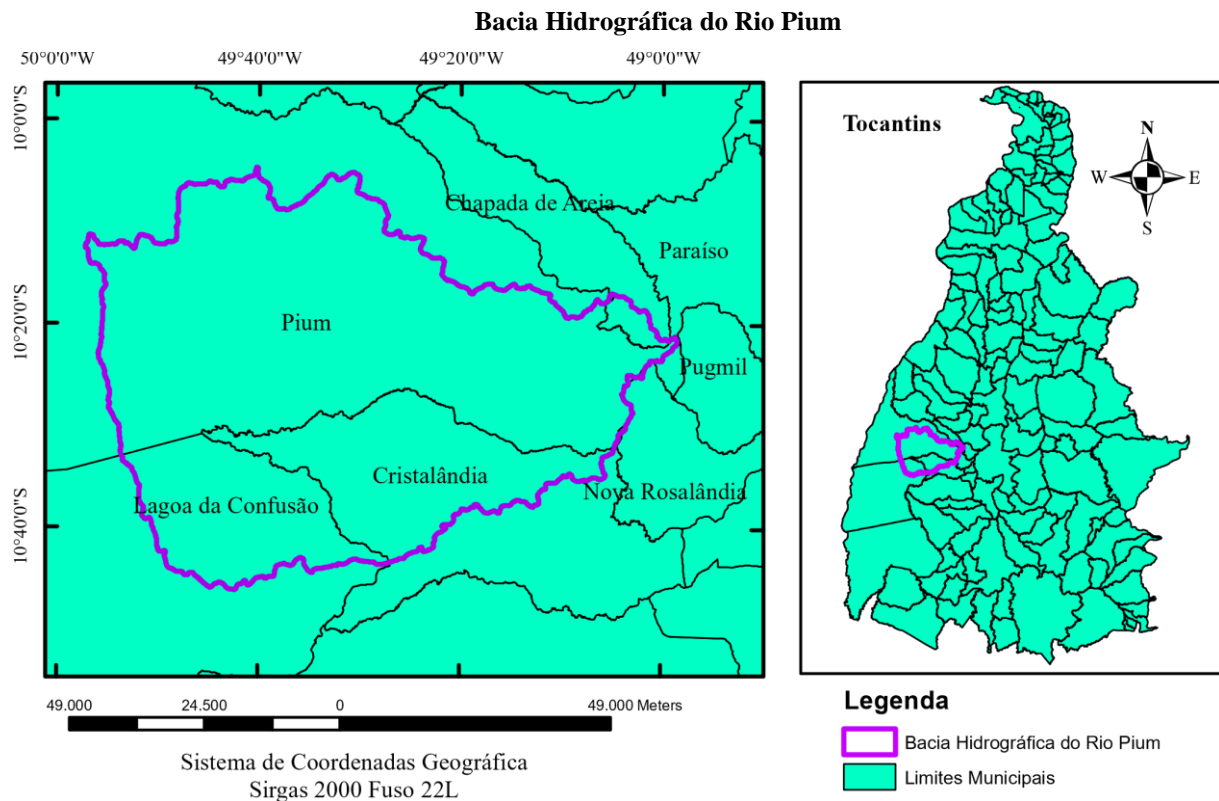


Fonte: Embrapa (2010).

3.1.2 Localização

A Bacia Hidrográfica do Rio Pium tem área de 5.045,76 km² e está situada entre as latitudes 10 10' 58,85" e 10 21' 44,91" Sul e as longitudes 49 56' 56,17" e 48 58' 26,64" Oeste, nos municípios de Pium, Cristalândia, Paraíso do Tocantins, Lagoa da Confusão, Nova Rosalândia e Chapada de Areia. A bacia se localiza na região centro-oeste do Estado, encontrando a nascente dos seus principais rios no município de Pium.

Figura 5. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pium



Fonte: Autor (2018).

3.1.3 Clima

O clima, de acordo com o Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Tocantins – LABMET, da bacia hidrográfica do Rio Pium é tropical, com temperatura média anual de 26°C, e dois períodos climáticos bem definidos: o chuvoso, de outubro a abril, com mais de 90% da precipitação, com a existência de alguns dias secos entre janeiro e fevereiro, formando o chamado veranico; e o seco, de maio a setembro, com baixa umidade relativa do ar.

Conforme Tocantins (2012) a regionalização climática do estado está dividida basicamente em clima úmido (B1wA'a') e clima úmido subúmido (C2wA'a'), divisão realizada pelo método *Thornthwaite*, procedimento que considera os índices representativos de umidade, aridez, eficiência térmica (evapotranspiração potencial) derivados diretamente da precipitação, da temperatura e dos demais elementos resultantes do balanço hídrico do método utilizado.

O clima úmido (B1wA'a') caracteriza-se pela moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial apresentando uma variação média anual entre 1.400 e 1.700 mm,

distribuindo-se no verão em torno de 390 e 480 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada (Tocantins, 2012).

O clima úmido subúmido (C2wA'a') caracteriza-se pela moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial apresentando uma variação média anual entre 1500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm ao longo de três meses consecutivos com temperatura mais elevada (Tocantins, 2012).

O regime de ventos é caracterizado por predominância de calmaria durante grande parte do ano e, conseqüentemente, pela ausência de ventos fortes, o que é explicado pela homogeneidade climática associada à geomorfologia, e à cobertura vegetal. O que é bem ilustrado pela velocidade média dos ventos encontrada no PRODIAT, em torno de 1,30 m/s, com ausência de ciclones intensos.

3.1.4 Vegetação

A Bacia Hidrográfica do Rio Pium está inserida no bioma cerrado. É um bioma de grande biodiversidade. Configura-se em um grande mosaico de paisagens naturais, dominado por diferentes fisionomias, ocorrendo em solos pobres com aspecto xeromórfico e aberto. Apresenta fitofisionomias como cerradão, cerrado sentido restrito, mata ciliar, mata de galeria, campo sujo, campo rupestre, campo limpo, parque de cerrado, palmeiral e vereda. Estimativas apontam a existência de mais de 6 mil espécies de árvores, 800 espécies de aves, além da grande variedade de peixes e outras formas de vida (SEMARH, 2018).

Devido a esta excepcional riqueza biológica, o Cerrado, ao lado da Mata Atlântica, é considerado um dos biomas mais ricos e ameaçados do planeta. O cerradão é uma formação florestal caracterizada pela presença de espécies que ocorrem no Cerrado sentido restrito e também por espécies de mata onde a cobertura arbórea pode variar de 50 a 90%, proporcionando condições de luminosidade que favorecem a formação de estratos arbustivo e herbáceo. O Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares, retorcidas e geralmente com evidências de queimadas (SEMARH, 2018).

A mata ciliar é definida como vegetação florestal que acompanha as margens dos rios de médio e grande porte, sendo relativamente estreita em ambas as margens, onde esta largura é proporcional ao leito do rio, embora, em áreas planas, essa largura possa ser maior. A mata de galeria é definida como vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre os

cursos de água. Estas vegetações destacam-se por desempenhar importantes funções ecológicas e hidrológicas no ambiente, protegendo as margens dos rios, evitando o assoreamento e garantindo qualidade e quantidade de água de seus leitos (SEMARH, 2018).

3.1.5 Geologia

O arcabouço geológico do estado do Tocantins é formado por rochas Arqueanas e do Proteozóico inferior, incluindo sequências de *greenstone belts*, faixas de dobramentos do Protozóico médio e superior, bacias sedimentares Paleozóicas e Mesozóicas e coberturas Sedimentares Cenozóicas (TOCANTINS, 2012).

A partir da análise da base de dados geográfica disponibilizada pela Secretaria de Planejamento do estado do Tocantins – SEPLAN (2015), a Bacia do Rio Pium está localizada no ambiente geológico de Depósitos Sedimentares inconsolidados.

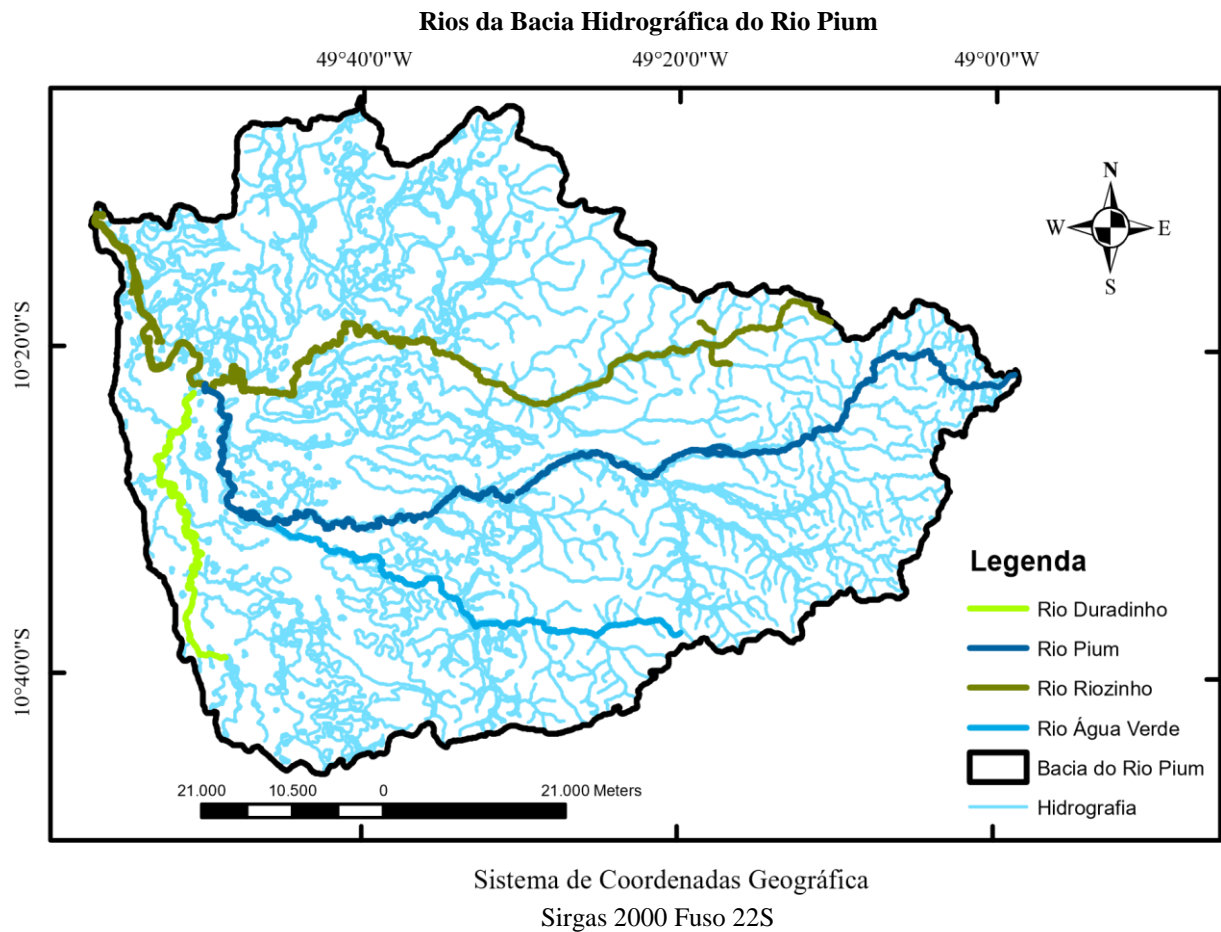
De acordo com Tocantins (2008), os Depósitos sedimentares inconsolidados englobam a bacia sedimentar (Bacia do Bananal) e coberturas diversas. Este ambiente geológico é constituído por sedimentos da Formação Araguaia, representada por sucessão de camadas que inicia com conglomerados basal, seguidas por siltes e areias mal estratificadas, parcialmente laterizadas, com espessura entre 170 a 320 m.

3.2 MATERIAIS

A Bacia Hidrográfica do Rio Pium encontra-se no banco de dados da Secretaria de Planejamento e Orçamento do Tocantins – SEPLAN, que disponibiliza o arquivo de todas as bacias do estado em formato *shapefile*. Os dados altimétricos foram buscados no Banco de Dados do projeto Topodata, presente do site do INPE, onde se encontra o Modelo Digital de Elevação - MDE de todo o Brasil.

No estudo foram utilizadas as folhas 10s51 e 10s495 encontradas no *site* em formato geotiff. As variáveis geomorfométricas se encontram disponíveis em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, com resolução espacial de 30 m.

Figura 6. Mapa dos Principais Rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pium



Fonte: Autor (2018).

O Estudo foi desenvolvido utilizando o *software* ArcGis 10.3 desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute* - ESRI, sendo utilizado para o processamento de dados e imagens, além de produção de mapas e cartas. Para a produção dos mapas e caracterização da bacia, foram utilizados os dados fornecidos pela SEPLAN, imagens do Landsat 8.

Para a devida hierarquização dos rios, atribuindo a sua devida ordem, foi utilizada a classificação de Strahler, - Classificação dos elementos de um sistema fluvial (Strahler): Canais de Primeira Ordem: ligados diretamente à nascente; não possuem tributários; Canais de Segunda Ordem: confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem; Canais de Terceira Ordem: surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de ordenação inferior, e assim por diante. Tal classificação foi feita usando a ferramenta Hydrology do ArcToolbox no *ArcGis 10.3*.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Modelo de Elevação Digital e Modelo de Declividade Digital

Utilizando o site do INPE, na plataforma Topodata foram baixadas as folhas 10s51 e 10s495 em formato geotiff, foram adicionadas ao *ArcGis 10.3* pelo campo *Add Data*, juntamente com o *shapelif* da bacia do Rio Pium. Em seguida foi feito um mosaico com as imagens *Raster*, no *ArcToolBox*, utilizando o *Data Management Tools*, no campo *Raster*, *Raster Dataset*, e *Mosaic to New Raster*, é feita da definição da referência espacial, geográficas WGS 84, e com formato *Float 32 bits*. No campo *Copy Raster* a imagem é transformada para 16 bits, com valores inteiros.

O *raster* é em seguida reprojeto para o sistema plano, SIRGAS 2000 UTM Zone 22S, utilizando a ferramenta *Project Raster* de *Projections and Transformations*, onde o pixel é reprojeto para 30 metros. Para finalizar é feita a delimitação da imagem de acordo com o contorno do polígono da bacia, por meio das ferramentas, presente no campo *Spatial Analyst Tools*, *Extraction*, *Extract by Mask*. No fim deste processo, o programa apresenta a maior e a menor altitude presente na bacia, chegando então ao modelo de elevação digital – MDE.

Para o Modelo de Declividade Digital – MDD, o processo é feito com o mesmo mosaico obtido no processo anterior e com o mesmo sistema de referência espacial. Assim, a partir do MDE, utiliza-se a ferramenta *Fill* do campo *Hydrology*, para preencher algumas imperfeições que poderiam existir na imagem.

Em seguida é feita a modelagem de terreno por meio da ferramenta *Slope*, campo de *Surface*, presente no *Spatial Analyst Tools*, neste momento é escolhida a unidade da declividade, graus ou porcentagem.

3.3.2 Caracterização Morfométrica

Utilizando o *shapefile* da bacia do Rio Pium foi determinada a amplitude altimétrica e os intervalos de declividade da bacia utilizando o MDE, como descrito anteriormente.

A amplitude altimétrica da bacia é a diferença entre a altitude mínima e a altitude máxima da bacia hidrográfica. Como mostra a equação:

$$\Delta a = h_1 - h_2 \quad (1)$$

Onde:

Δa = Amplitude altimétrica; h_1 = Altitude máxima e h_2 = Altitude mínima.

Com a utilização da Tabela de Atributos, no campo *Table Options*, Add Field, cria-se o campo perímetro e o campo área, em seguida tais dimensões são calculadas no campo *Calculate Geometry*, no *software* ArcGis 10.3. Assim, foram definidas características físicas e geométricas da bacia do Rio Pium, a) Área de drenagem da bacia (A) em km² e b) Perímetro da bacia (P) em km.

Os parâmetros morfométricos, todos descritos por Christofolletti (1998), e as equações utilizadas foram:

c) Coeficiente de Compacidade (Kc):

$$Kc = 0,28 \times P / \sqrt{A} \quad (2)$$

Onde:

P = perímetro da bacia (km);

A = área da bacia (km²).

d) Fator de Forma (Kf):

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Onde:

A = área da bacia (km²);

L = comprimento axial da bacia hidrográfica (km).

e) Índice de Circularidade (Ic):

$$Ic = 12,57 \times A / P^2 \quad (4)$$

Onde:

A = área da bacia (km²);

P = perímetro (km).

f) Razão de Elongação (Re):

$$Re = 1,128 \left(\frac{A^{0,5}}{L} \right) \quad (5)$$

Onde:

A = área da bacia (km²);

L = comprimento axial da bacia hidrográfica (km).

g) Tempo de concentração (Tc):

$$Tc = 0,633L^{0,77}S^{-0,385} \quad (6)$$

Onde:

Tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (km);

S = declividade média do talvegue (m/m).

h) Densidade de drenagem (Dd):

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (7)$$

Onde:

Lt = somatório do comprimento de todos os cursos d'água (km);

A = área da bacia (km²).

i) Densidade hidrográfica (Dh):

$$Dh = \frac{N}{A} \quad (8)$$

Onde:

N = número de cursos d'água da ordem 1;

A = área da bacia (km²).

j) Índice de rugosidade (Hd):

(9)

$$Hd = \Delta a \times Dd$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem;

Δa = amplitude altimétrica (km).

k) Razão de relevo (Rr):

(10)

$$Rr = \frac{\Delta a}{L}$$

Onde:

Δa = amplitude altimétrica (km);

L = comprimento axial da bacia hidrográfica (km).

3.3.3 Hierarquização dos Cursos d'água

A hierarquização foi feita com base no arquivo MDE anteriormente gerado. Para essa etapa foi utilizado o *ArcGis 10.3*, no campo *ArcToolBox*, *Spacial Analyst Tools*, *Hydrology*. Inicia-se uma série de passos no campo *Hydrology*, primeiramente usa-se o campo *Fill*, seguido do *Flow Direction*, *Flow Accumulation*. Saindo do campo *Hydrology*, ainda em *Spacial Analyst Tool*, usa-se o campo *Conditional*, *Con*. Neste campo é digitada a fórmula: “VALUE” > 1000. Ao final deste processamento, já são gerados os *Raster* dos rios.

Voltando para o campo *Hydrology*, usa-se a ferramenta *Stream Order*, dando entrada no *Flow Direction*, e escolhendo o método de Strahler, neste momento são gerados os rios divididos por ordens. Por fim o *Raster* é convertido para *Feature*, no campo *Stream to Feature*, passando de *raster* para linhas de uma feição.

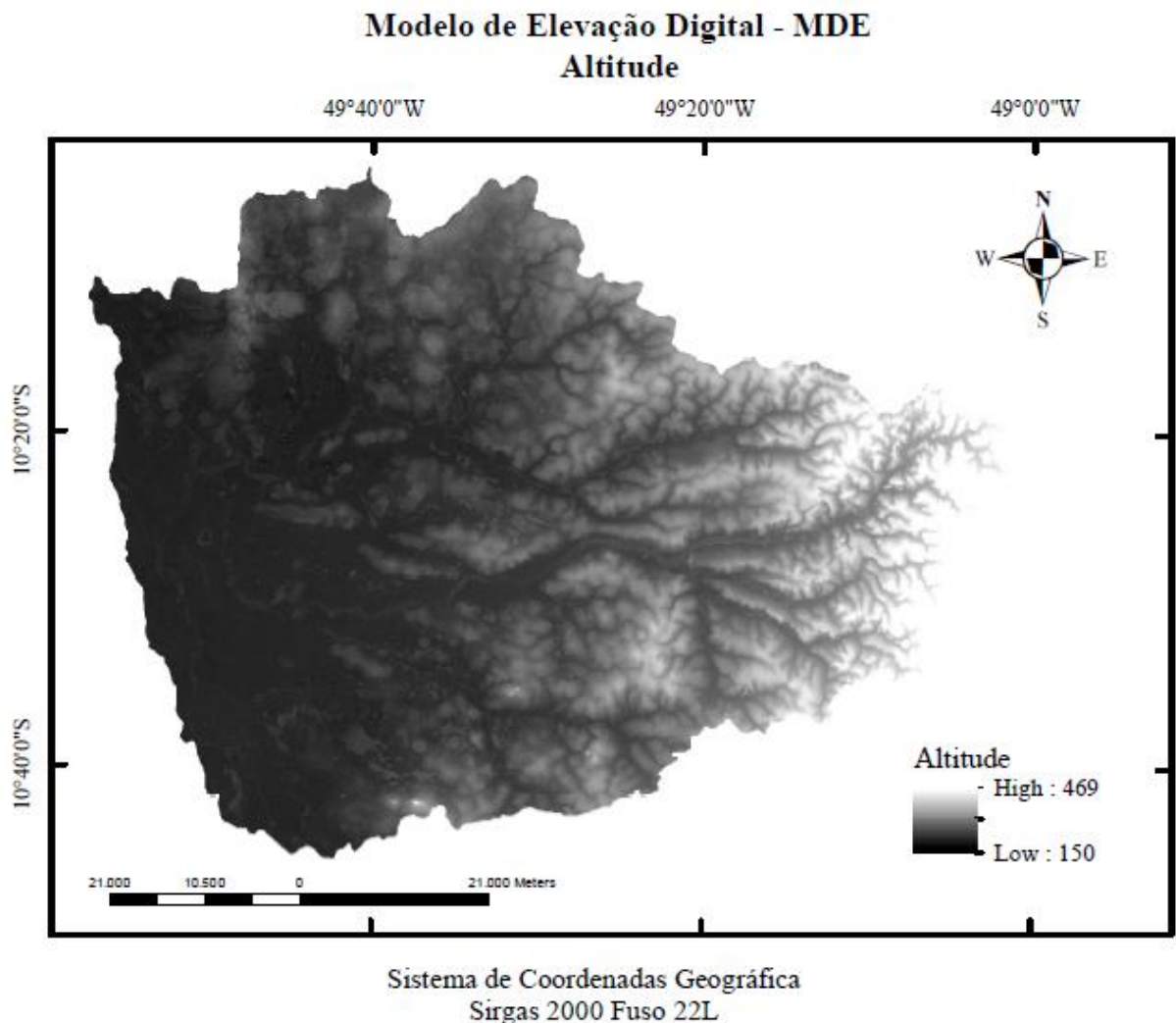
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO E DECLIVIDADE

As altitudes na Bacia Hidrográfica do Rio Pium variaram de 150 a 469 m, apresentando uma amplitude altimétrica de 319 m, como apresentado abaixo. A declividade da bacia variou de 0 a 54% aproximadamente, sendo sua maior representatividade observada na classe de 0 a 3%, o que caracteriza uma bacia com um relevo plano a suavemente ondulado. A figura 7 apresenta o Modelo Digital de Elevação – MDE e a figura 8 representa o Modelo Digital de Declividade – MDD.

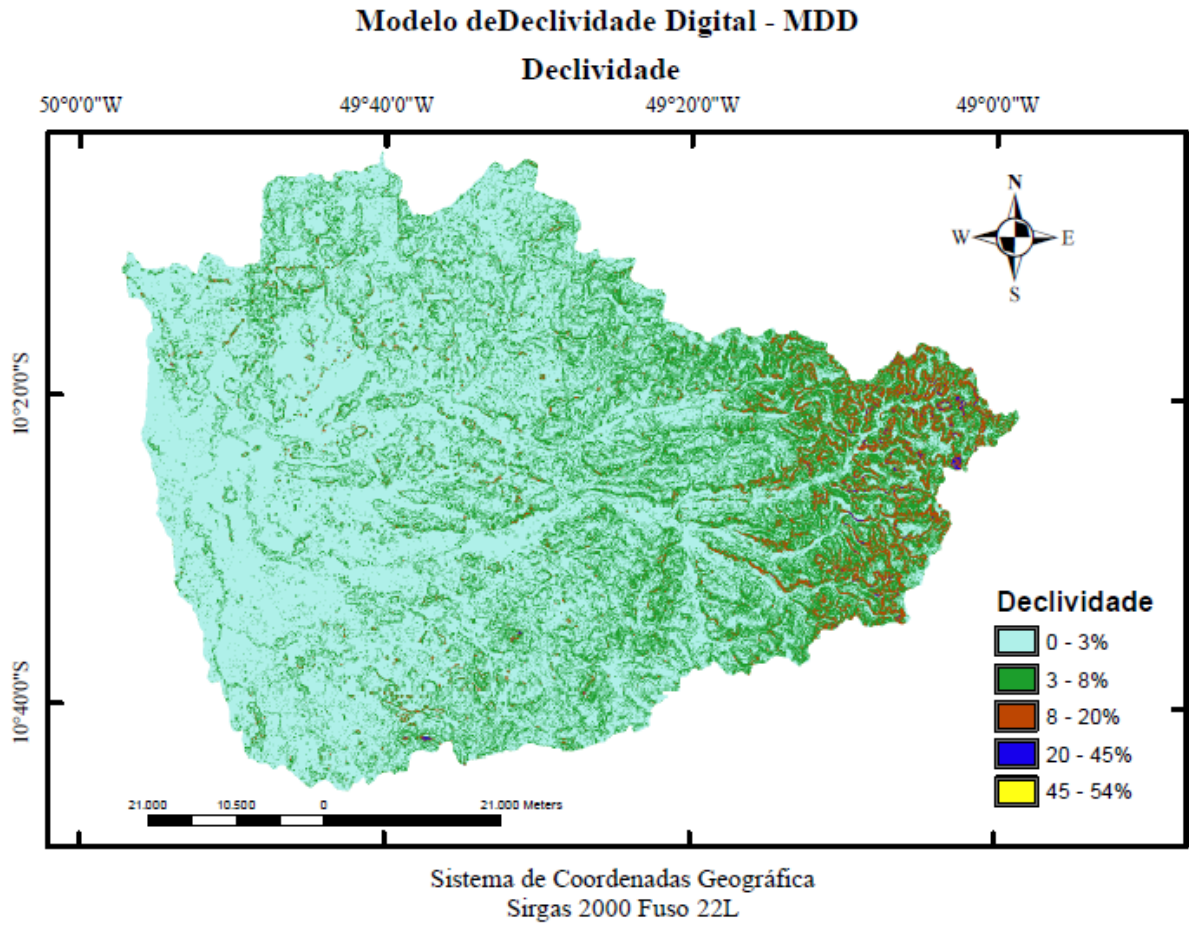
$$\Delta a = 469 - 150 = 319 \text{ m}$$

Figura 7. Representação do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Pium, por altitude.



Fonte: Autor (2019).

Figura 8. Representação do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Pium, por declividade.



Fonte: Autor (2019).

4.2 Caracterização Morfométrica

Os índices morfométricos provenientes da caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Pium, estão descritos segundo o memorial de cálculo a seguir e encontram-se identificados em resumo na tabela 5. A bacia apresenta área de drenagem de aproximadamente 5063,10 km², com perímetro de 379,46 km e comprimento axial de 108,48 km, dados estes obtidos por vetorização no *ArcGis 10.3* possuindo características de uma bacia de médio porte.

Coefficiente de Compacidade:

$$Kc = 0,28 \times \frac{379,46}{\sqrt{5063,10}}$$

$$Kc = 1,49$$

Fator de Forma:

$$Kf = \frac{5063,10}{108,48^2}$$

$$Kf = 0,43$$

Razão de Elongação:

$$Re = 1,128 \left(\frac{5063,10^{0,5}}{108,48} \right)$$

$$Re = 0,74$$

Índice de Circularidade:

$$Ic = 12,57 \times \frac{5063,1}{379,46^2}$$

$$Ic = 0,44$$

Tempo de Concentração (CHRISTOFOLETTI, 1988):

$$Tc = 0,633(108,48)^{0,77} 0,3^{-0,385}$$

$$Tc = 37,15 \text{ horas}$$

Densidade de Drenagem:

$$Dd = \frac{3651,61}{5063,10}$$

$$Dd = 0,72 \text{ km/km}^2$$

Densidade Hidrográfica:

$$Dh = \frac{781}{5063,10}$$

$$Dh = 0,15 \text{ /km}^2$$

Índice de Rugosidade:

$$Hd = 0,319 \times 0,72$$

$$Hd = 0,23$$

Razão de Relevo:

$$Rr = \frac{0,319}{108,48}$$

$$Rr = 0,003 \text{ km/km}$$

O Rio Pium é o Rio Principal e tem 189268,86 m de comprimento, e a variação altimétrica de sua nascente até a foz é de 120 m, apresenta uma declividade de 0,06%.

Os resultados apresentam uma tendência para uma bacia ovalada-alongada e estão organizados na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5. Índices morfométricos ligados a geometria da Bacia do Rio Pium

Parâmetros	Valor
Altitude mínima	150 <i>m</i>
Altitude máxima	469 <i>m</i>
Amplitude Altimétrica	319 <i>m</i>
Área da Bacia	5063,10 <i>km</i> ²
Perímetro da Bacia	379,46 <i>km</i>
Comprimento Axial	108,78 <i>km</i>
Declividade Média	3%
Soma do comprimento dos cursos d'água	3651,61 <i>km</i>
Nº de cursos d'água de 1ª ordem	781
Coefficiente de Compacidade	1,49
Fator de Forma	0,43
Razão de Elongação	0,74
Índice de Circularidade	0,44
Tempo de Concentração	37,15 horas
Densidade de Drenagem	0,72 <i>km/km</i> ²
Densidade Hidrográfica	0,15 <i>/km</i> ²
Índice de Rugosidade	0,23
Razão de Relevô	0,003 <i>km/km</i>

A forma da bacia é determinada por índices que relacionam com formas geométricas conhecidas como fator de forma (Kf), coeficiente de compacidade (Kc), e índice de circularidade (Ic). A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação. Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características (Villega e Mattos, 1975).

O coeficiente de compacidade (Kc) para a Bacia Hidrográfica do Rio Pium foi de 1,49, o que indica uma bacia ovalada, significa que têm possibilidades de chuvas intensas, ocorrerem simultaneamente em toda sua extensão, apresentando um fluxo distribuído e possui uma tendência média de ocorrer enchentes.

Quanto ao fator de forma (Kf), o valor encontrado para a bacia foi de 0,43, indicando que a bacia apresenta uma forma alongada na sua maior extensão, chamado forma elíptica, isso pode não favorecer a concentração do fluxo fluvial, fazendo com que os fluxos dos

contribuintes cheguem ao exutório da bacia em tempos diferentes durante as chuvas. O índice de circularidade (I_c) apresentou um valor de 0,44.

É possível observar que para dois parâmetros ligados a forma, a bacia apresentou resultados distintos, sendo ovalada e alongada simultaneamente. Desta forma, ela possui características entre esses dois formatos, confirmado pelo índice de circularidade, que tem um valor mediano, porém ela apresenta maior tendência para o formato alongado devido ao resultado dos demais parâmetros.

A razão de alongação (R_e) determinada para a área de estudo foi de 0,74, determinando que a bacia possui um formato alongado. O tempo de concentração para a bacia foi de 37,15 horas, isso significa que a chuva que cai na nascente mais distante da foz leva este tempo para chegar em sua foz, ou seja, se trata de um alto tempo de concentração.

A Densidade de Drenagem da Bacia (D_d) foi de 0,72 km de rios/km², mostrando que sua capacidade de drenagem é regular e possui uma resposta lenta da bacia em relação às chuvas. De acordo com os estudos de Strahler (1957, apud NARDINI et al., 2013), a densidade de drenagem regular representa um solo permeável e que tem infiltração da água eficiente.

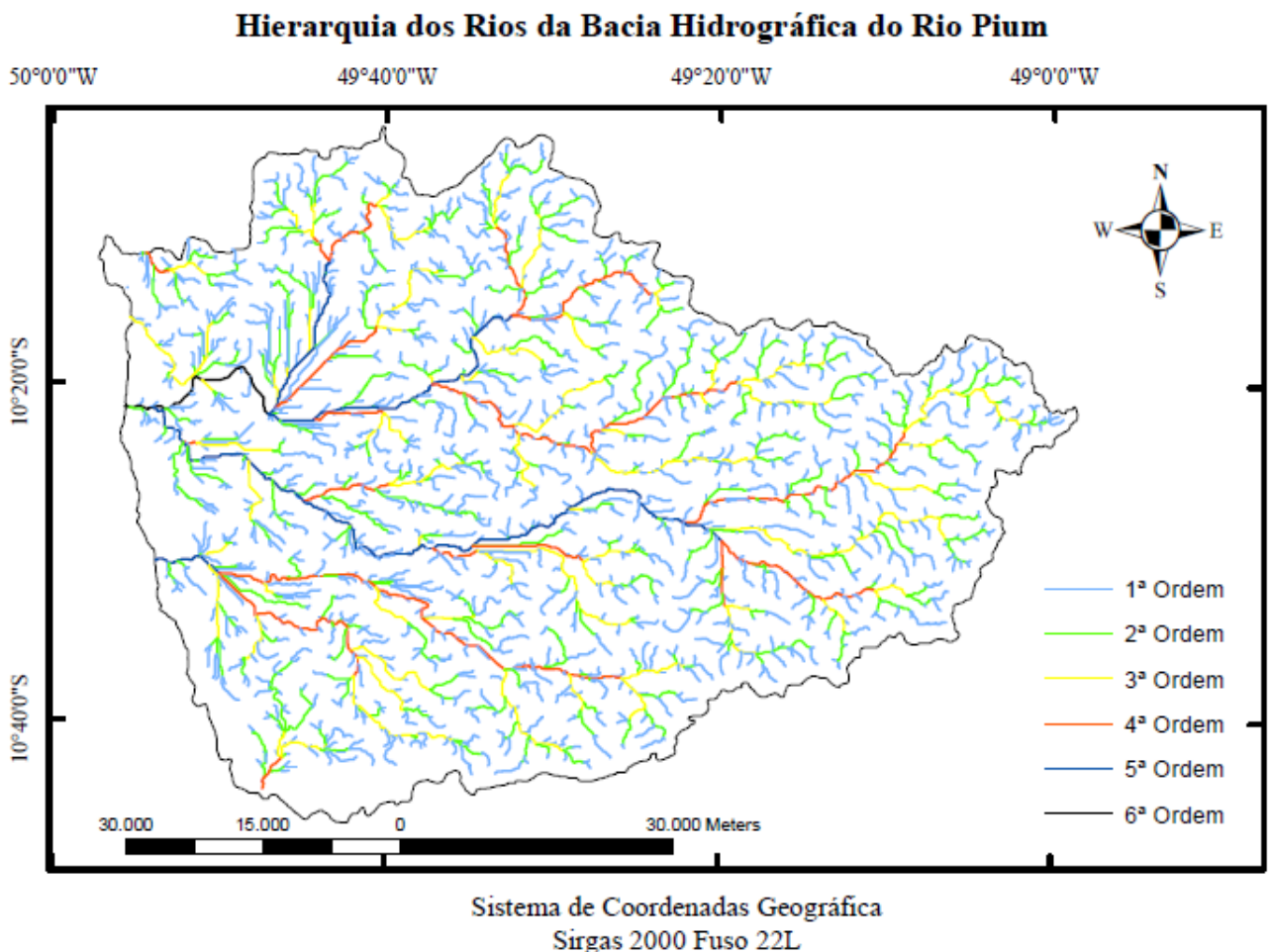
A densidade hidrográfica (D_h) da bacia foi de 0,15 /km², constituindo menos de um canal por km², demonstrando que a quantidade de cursos d'água na bacia não é muito grande em relação a sua área, mesmo apresentando um número elevado de cursos d'água em sua totalidade, facilmente percebidos visualmente na Figura 9. Os rios de primeira ordem representam mais de 50% do total presente na área, a distribuição dos rios em suas ordens pode ser melhor observada na Figura 10.

O índice de rugosidade (H_d) encontrado para a bacia foi de 0,23, indicando que o relevo apresenta característica mais suave, com baixo indicativo de encostas. A razão de relevo (R_r) da bacia foi de 0,003 km/km, o que sugere uma velocidade de escoamento superficial lenta. Assim, com uma velocidade de escoamento mais lenta é possível uma maior e melhor infiltração de água no solo.

Diante das análises relacionadas à forma da Bacia Hidrográfica do Rio Pium, pode-se inferir que a bacia apresenta forma alongada, o que caracteriza maior tempo de concentração do escoamento superficial, indicando que a precipitação pluviométrica tende a se concentrar em diferentes pontos sobre a bacia hidrográfica, contribuindo para amenizar a influência da intensidade de chuvas. Quanto a hidrografia, a bacia apresenta poucos cursos de água e uma densidade de drenagem regular, o que pode caracterizar um relevo pouco declivoso, conseqüentemente, maior capacidade de infiltração no solo.

A Bacia do Rio Pium é do tipo dendrítica, de acordo com a classificação de Christofolletti (1974), pois seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore. Através do método de Strahler (1952) pode-se relacionar que quanto menos ramificada for a rede de drenagem menor será a eficiência na integração entre os diversos componentes e processos que ocorrem no interior da bacia hidrográfica. Em estudo similar, Silva e Tonello (2014) descrevem que bacias hidrográficas de ordem inferior ou igual a quatro são características de bacias pequenas e médias. A Bacia do Rio Pium possui rios até de 6ª ordem, sendo ele um rio de 5ª ordem, o que mostra que a bacia possui um alto grau de ramificação e se trata de uma bacia de médio porte.

Figura 9. Representação da hierarquia do sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Pium.

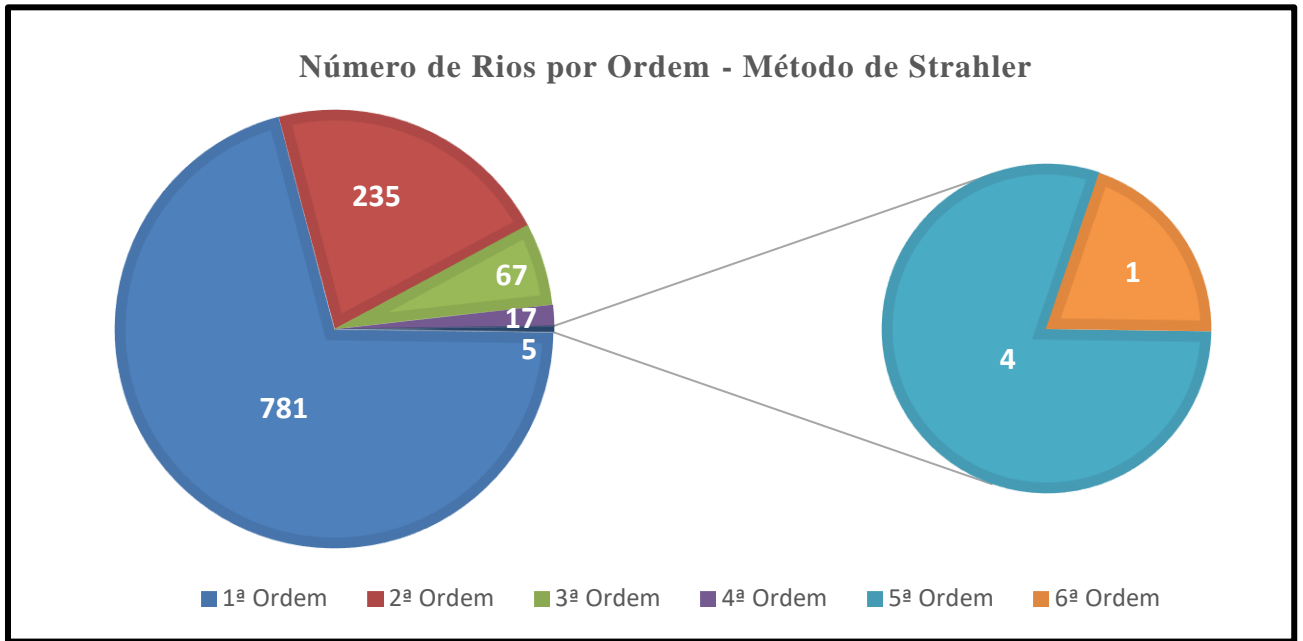


Fonte: Autor, ArcGis 10.3 (2019).

A Figura 10 mostra o comparativo do número de rios presentes em cada ordem, segundo Strahler. Há 1105 rios na bacia hidrográfica do Rio Pium, dentre estes, 781 são de primeira

ordem, 235 de segunda ordem, 67 de terceira ordem, 17 de quarta ordem, 4 de quinta ordem, e 1 de sexta ordem.

Figura 10. Quantitativo dos rios da bacia hidrográfica do Rio Pium, por ordem.



Fonte: Autor (2019).

5 CONCLUSÃO

A caracterização morfométrica de bacia hidrográficas é de grande importância, não somente para estudos hidrológicos, mas também ambientais; corrobora para o planejamento, manejo e cuidados com a captação e gestão dos recursos hídricos, garantindo assim a qualidade de vida e desenvolvimento das sociedades em seu entorno, além de dar suporte para a avaliação do potencial hídrico da região.

Quanto à Bacia Hidrográfica do Rio Pium, constatou-se que apresenta forma ovalada-alongada, baixa densidade de drenagem, e elevado tempo de concentração. O que significa que esta bacia, em condições naturais, possui baixa suscetibilidade a inundações, pois dificilmente um evento hidrológico será efetivo em toda a extensão da bacia. Tal característica pode ser vantajosa no dimensionamento de projetos civis e agrícolas, uma vez que eventos extremos, geralmente, são menos intensos que os que ocorrem em bacias com menores tempos de concentração, como instalação de barramentos para acúmulo de água e preservação dos cursos d'água, instalação de medidores de vazão monitorados nas bombas dos agricultores pra controle e fiscalização. O relevo e características físicas contribuem para instalação de grandes lavouras e obras de indústrias de produção de grãos.

A partir deste trabalho, usando os dados obtidos com a análise morfométrica constatamos que a quantidade de rios na bacia é pequena em proporção à sua extensão. Tem um relevo pouco declivoso, e bom desempenho quanto à infiltração no solo, o que permite a bacia ter capacidade de acúmulo de água, não perdendo a água por escoamento superficial, nem provocando enchentes, desta forma, o que leva à conclusão que a escassez de água no período da seca, se dá pelo clima severo da região associado a grande quantidade de captações implantadas na região.

REFERÊNCIAS

ALDEN ELESBON, A. A.; et al. **Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfológica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus-Brasil.** Rem: Revista Escola de Minas, v. 64, n. 3, 2011.

ALVES, J. M. P., CASTRO, P. T. A. **Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfológicos e análise de padrões de lineamentos.** Revista Brasileira de Geociências, v. 33, n. 2, p. 117-127, 2003.

ALVES, T. L. B.; DE AZEVEDO, Pedro Vieira; SILVA, Madson Tavares. **Análise Morfológica da Microbacia Hidrográfica Riacho Namorado, São João do Cariri-Pb: Uma Ferramenta ao Diagnóstico Físico.** Revista de Geografia (UFPE), v. 31, n. 3, 2014.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Hidroweb - Sistema de Informações Hidrológicas.** Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em outubro de 2018.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Brasília - DF. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/planos/pnrh/VF%20DisponibilidadeDemanda.p df>. 2005.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. **Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista.** Revista Caminhos da Geografia, v.8 (n.21), p.46-58, 2007.

BIER, F. B. et al. **Caracterização morfológica e hidrologia da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição,** Florianópolis-SC. 2013.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. **Análise morfológica e geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo – GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Scientia Plena, v. 5, n. 2, 2009.

CAVALLARI, R. L. **A importância de um Sistema de Informação Geográfica no Estudo de Microbacias Hidrográficas.** Revista Científica Eletrônica de Agronomia, v. 6, n. 11, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1974. 149p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1974, 186p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia** (2ª ed.). São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial** – São Paulo: Edgard Blucher: FAPESP 1981, 313 p.

FINKLER, R. **Planejamento, gestão e manejo de bacias hidrográficas: Unidade 1 - A Bacia Hidrográfica**. Caxias do Sul: Ana - Agência Nacional das Águas, 2012.

FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; HERMANO, V. M. **Geoprocessamento aplicado á análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG**. Revista de Geografia (UFPE), v. 30, n. 3, 2013.

FURRIER, M. **Análise De Parâmetros Morfológicos E Morfométricos Para Avaliação De Influência Neotectônica Nas Microbacias Dos Riachos Timbó E Marmelada, Afluentes Do Rio Itapororoca–PB**. Cadernos de Geociências, v. 10, n. 1, p. 23-33, 2013.

GAIDA, W.; et al. **Dinâmica da vegetação e uso da terra com uso do NDVI na bacia hidrográfica do alto Jacuí**. Geo UERJ, v. 2, n. 23, p. 684-698, 2012.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia** (2. ed.). São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

GUARIZ, H.R. **Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. 275p.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Formação continuada de professores: Curso astronáutica e Ciências do Espaço**. São Paulo – SP, 2008.

LANNA, A. E. L.; et al. **Os novos instrumentos de planejamento do sistema francês de gestão de recursos hídricos: II – reflexões e propostas para o Brasil**. RBRH, v.7, n.2, Abr./Jun. 2002.

LEAL, M.S., TONELLO, K.C. **Morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Ipaneminha de Baixo**, Sorocaba/SP. FLORESTA, v.46, n.4, p.439-446,2017.

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; SANTOS, J. M. **Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso (semiárido da Bahia) através da aplicação de parâmetros morfométricos da rede de drenagem**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, 2010.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Editora UNIDERP. Campo Grande, 2006. p 217, 218, 220, 417, 811.

LOPES, A. V.; FREITAS, M. A. S. **A alocação de água como instrumento de gestão de recursos hídricos: experiências brasileiras**. REGA, v.4, n.1, p.5-28, jan./jun. 2007.

MARCOLINI, F. C. P.; **A influência das captações de águas superficiais consideradas insignificantes na vazão do Ribeirão Água Fria**, Palmas-TO. 2016.

MOSCA, A.A.O. **Caracterização Hidrológica de Duas Microbacias Visando a Identificação de Indicadores Hidrológicos para o Monitoramento Ambiental do Manejo de Florestas Plantadas**. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP. 2003.

PINTO, N. L.; HOLTZ, A. C.; MARTINS, J. A. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgar Blucher, 2003.

SANTOS, A. R.; PARADELLA, W. R.; VENEZIANI, P; MORAIS, M. C. **A estereoscopia com imagens RADARSAT-1: uma avaliação geológica na Província Mineral de Carajás**. Revista Brasileira de Geociências. v. 29, n. 4, p. 627-632, 1999.

SANTOS, C. A. G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V. S. **Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 92-96, 2000.

SEMARH. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://semarh.to.gov.br/>
Acesso em: 10 de outubro de 2018.

SEPLAN - **Secretaria do Planejamento e Orçamento**. Visão estratégica do agronegócio no Tocantins. SEPLAN, Palmas, 73 p. 2015.

SEPLAN. **Indicadores Sócio Econômicos do Estado do Tocantins**. 2013. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br>> Acesso em: 15 de janeiro de 2019.

SILVA, C. F. et al. **Estimativa da evapotranspiração na bacia da Lagoa da Conceição**. 2013.

SILVA, J. A. **Gestão de recursos hídricos e sistemas de informações geográficas: contribuições para a organização sócio-espacial do Pontal do Paranapanema-SP**. (Tese de Doutorado). Presidente Prudente: Unesp, 2006.

SILVA, M. L. N.; OLIVEIRA, A. H.; LIMA, G. C.; CURI, N. **Sistemas de informações geográficas no planejamento de uso do solo**. Agrária (UFRPE), Pernambuco, v. 9, p. 316-323, 2013.

SOUZA, C. G. et al. **Caracterização e manejo integrado de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER, 2002. 124p.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** - 3. Ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 2005.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, Ricardo Aparecido; CAVIGLIONE, João Henrique. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara—Uma contribuição para o estudo das ciências ambientais**. Portal de Cartografia das Geociências, v. 3, n. 1, p. 105-124, 2010.

TOCANTINS. **Zoneamento Agroecológico (ZAE) do Estado do Tocantins**. Embrapa, Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE), Secretaria de Planejamento (SEPLAN). Disponível em: < <http://www.zaeto.cnpm.embrapa.br/clim.html> > Acesso em: 12 de janeiro de 2019.

TEODORO, V. L. I. et al. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Brasileira Multidisciplinar-Brazilian Multidisciplinary Journal, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K.C.; DIAS, H.C.T.; SOUZA, A.L.; RIBEIRO, C.A.A.S.R.; LEITE, F.P. **Análise hidroambiental da bacia hidrográficas da cachoeira das Pombas, Gunhães – MG**. Revista Árvore, v.5, n.30, p.849-857, 2006.

TOTTI, M. E.; AZEVEDO, S. **Gestão de recursos naturais de uso comum: peculiaridades e abordagens teóricas**. RBRH, v.18, n.3, p.41-51, Jul./Set. 2013.

TUCCI, C. E. M.; et al. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. dos Autores, 2003.

TUCCI, C. E. M.; CORDEIRO, O. M. **Diretrizes estratégicas para ciência e tecnologia em recursos hídricos no Brasil**, 2004.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 943p.

TUCCI, C. E. **Hidrologia: Ciência e Aplicação** (4ª ed.). Porto Alegre, Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

TUNDISI, J. G. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. Revista USP, São Paulo, n.70, p. 24-35, jun./ag. 2006.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. 1975. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245p.

Relatório Anti-Plágio

Arquivo de entrada: TCC II - Angélica de Souza Freitas.docx (8854 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
trabalhosfeitos.com/...	Visualizar	3430	62	0,5	
unasp-ec.com/unasp/E...	Visualizar	3178	51	0,42	
eventos.abrh.org.br/...	Visualizar	1253	35	0,34	
fdci.br/arquivos/13/...	Visualizar	639	22	0,23	
evangelicagoianesia....	Visualizar	1437	19	0,18	
sisbi.ufpel.edu.br/a...	Visualizar	150	14	0,15	
en.wikipedia.org/wik...	Visualizar	1910	2	0,01	
esri.com/en-us/home	Visualizar	151	0	0	
superprof.com.br/eng...	-	-	-	-	Download falhou. HTTP response code: 0