

Flavio Fagundes de Paula
Tatiane Emílio Checchia

Caracterização de
Bacia Hidrográfica:
Rio Figueira em Alta
Floresta D'oeste – RO



AYA EDITORA

2024

**Caracterização de
Bacia Hidrográfica:
Rio Figueira em Alta
Floresta D'oeste – RO**

**Flavio Fagundes de Paula
Tatiane Emílio Checchia**

**Caracterização de
Bacia Hidrográfica:
Rio Figueira em Alta
Floresta D'oeste – RO**



**AYA EDITORA
2024**

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Autor

Prof.º Me. Flavio Fagundes de Paula
Prof.ª Ma. Tatiane Emílio Checchia

Capa

AYA Editora©

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora©

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva
Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof.º Dr. Aknaton Toczek Souza
Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos
Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega
Universidade São Judas Tadeu e Lab.
Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Dr. Clécio Danilo Dias da Silva
Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria de Genaro Chirolí
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota
Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis
Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira
Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig
Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos
Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva
Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza
Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso
Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues
Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão
Faculdade Santa Helena

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior
Universidade Federal de Roraima

Prof.º Me. Jorge Soistak
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti
Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim
Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap
Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues
Universidade Norte do Paraná

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa
Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes
Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Pedro Fauth Manhães Miranda
Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes
Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Parauapebas

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira
Instituto Federal do Acre

Prof.º Dr. Rômulo Damasclin Chaves dos
Santos
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA

Prof.ª Dr.ª Rosângela de França Bail
Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens
Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares
Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros
Rodrigues
Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira
Miranda Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues
Instituto Federal de Santa Catarina

© 2024 - AYA Editora

O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional **(CC BY 4.0)**. Este livro, incluindo todas as ilustrações, informações e opiniões nele contidas, é resultado da criação intelectual exclusiva dos autores. Os autores detêm total responsabilidade pelo conteúdo apresentado, o qual reflete única e inteiramente a sua perspectiva e interpretação pessoal. É importante salientar que o conteúdo deste livro não representa, necessariamente, a visão ou opinião da editora. A função da editora foi estritamente técnica, limitando-se ao serviço de diagramação e registro da obra, sem qualquer influência sobre o conteúdo apresentado ou opiniões expressas. Portanto, quaisquer questionamentos, interpretações ou inferências decorrentes do conteúdo deste livro, devem ser direcionados exclusivamente aos autores.

P324 Paula, Flavio Fagundes de

Caracterização de bacia hidrográfica: Rio Figueira em Alta Floresta D'oeste – Rondônia [recurso eletrônico]. / Flavio Fagundes de Paula, Tatiane Emílio Checchia . -- Ponta Grossa: Aya, 2024. 100 p.

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-611-9

DOI: 10.47573/aya.5379.1.315

1. Bacias hidrográficas - Rondônia. 2. Geomorfologia. I. Checchia, Tatiane Emílio. II Título

CDD:551.4830981

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora LTDA

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

WhatsApp: +55 42 99906-0630

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO II	
ESTADO DA ARTE	16
<i>Hidrologia</i>	16
<i>Bacia Hidrográfica</i>	22
<i>Legislação para Gestão Hídrica</i>	24
<i>Gestão de Recursos Hídricos</i>	26
<i>Estudo Hidrológico</i>	34
<i>Balanço Hídrico</i>	37
CAPÍTULO III	
MATERIAIS E MÉTODOS	43
<i>Metodologia</i>	43
<i>Delimitação das Características Fisiográficas da Bacia</i>	43
<i>Análise do Percentual de Desmatamento e Ações Antrópicas</i>	47
<i>Realização do Balanço de Vazões e Vazão Específica</i>	51
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
<i>Características Fisiográficas da Bacia</i>	54

<i>Planaflores e CPRM.....</i>	<i>58</i>
<i>Percentual de Desmatamento e Antropismo.....</i>	<i>62</i>
<i>Realização do Balanço das Vazões.....</i>	<i>74</i>
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXO.....	92
APÊNDICE.....	93
SOBRE OS AUTORES.....	94
ÍNDICE REMISSIVO.....	95

APRESENTAÇÃO

Apesar de o Brasil ser privilegiado em relação à oferta de água, essa fartura não aparece distribuída de maneira uniforme em toda a sua extensão, o que gera conflitos entre usuários nas regiões mais solicitadas. No município de Alta Floresta D'Oeste, no estado de Rondônia, devido à implantação de sete pequenas centrais elétricas, surgiram conflitos entre os empreendimentos e outros usuários da bacia, com destaque para as populações de diversos povos de uma reserva indígena a jusante das instalações.

O trabalho se propôs a analisar as características e condições da bacia do rio Figueira, focando no impacto das PCHs e da antropização na dinâmica hídrica. Para isso, foram realizadas a delimitação e descrição das características fisiográficas e geomorfológicas da bacia em estudo, além da análise do percentual de desmatamento e de ações antrópicas na área, juntamente com o balanço das vazões e vazões específicas.

Os principais métodos utilizados incluíram análises de dados de satélites, como modelos digitais de elevação (MDE), imagens do programa Landsat, dados de solo e geologia da CPRM, PLANAFLOORO e SIGTERON. Essas informações foram trabalhadas e analisadas por meio do software Qgis e do tratamento, via Excel, dos dados de vazão colhidos in loco ou fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) através do site HydroWeb.

Como resultados, foram obtidas as caracterizações geomorfológicas e fisiográficas da bacia, bem como atributos de ocupação e cobertura florestal entre os anos de 1988 e 2018, valores para potenciais de escoamento e infiltração, além do comportamento e distribuição das vazões médias mensais e específicas entre os anos de 2016 e 2019.

Esse trabalho permitiu conhecer e situar a região da bacia do rio Figueira, analisando sua forma, densidade de drenagem, predisposição a enchentes, distribuição do relevo e declividade. Foram consideradas as estreitas relações entre as especificidades

da bacia, sua geomorfologia e a presença de floresta, as quais influenciam a capacidade de escoamento e infiltração e, conseqüentemente, impactam nas vazões específicas e em eventos críticos de enchentes e secas.

Boa leitura!

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil possui, em números totais, uma considerável oferta de recursos hídricos cerca de 12% da oferta hídrica superficial mundial, porém apresenta uma relevante diferença entre suas regiões hidrográficas e uma considerável concentração da oferta principalmente na região Amazônica, a qual possui cerca de 73,6% dos recursos hídricos superficiais nacionais (ANA, 2019).

A região amazônica possui uma disponibilidade hídrica elevada, aliada à pequena demanda, uma vez que possui uma baixa densidade populacional, em uma análise superficial é considerada confortável quanto ao gerenciamento dos seus recursos hídricos. Diferentemente, as bacias em áreas que apresentam uma baixa disponibilidade hídrica, e grande utilização passam por situações de escassez e estresse hídrico, necessitando de um complexo programa de gerenciamento.

Mesmo em regiões onde a disponibilidade é satisfatória com a parte norte do país, devido a diversos fatores, alguns cursos d'água ou mesmo alguns trechos são mais solicitados que outros, gerando períodos de carência e conflitos entre os usuários ao longo de sua extensão. De acordo com Sales *et al.* (2017), uma das possibilidades de contabilizar a oferta de água para uma determinada região ou sistema é por meio do balanço hídrico, ferramenta importante para a avaliação do ciclo da água em uma localidade.

De acordo com a Lei 9.433 de 1997 que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em seu artigo 1º e inciso IV fundamenta que a gestão dos recursos hídricos deve favorecer o uso múltiplo

das águas, porém os diferentes usos, a quantidade e os objetivos dos usuários podem conflitar entre si trazendo problemas para a gestão e órgãos governamentais, como cita Freitas (2012), mesmo previsto na legislação o uso múltiplo acaba por propiciar conflitos de interesses quando uma atividade impacta na outra, conflitos que podem se agravar quando as atividades envolvem grandes somas de dinheiro e seus impactos causam prejuízos que podem ser quantificados em valores financeiros.

Segundo Andrade (2011), para que a gestão e os serviços de outorga sejam efetivos e tenham resultados positivos, se faz necessário a realização de muitos estudos relacionados a regimes de vazão, a incidência da precipitação, classificação dos corpos de água de acordo com seus usos preponderantes.

A região da bacia do rio Figueira é próxima a sede do município e bastante ocupada, com predominância da pecuária, agricultura familiar e presença de piscicultura, a jusante do complexo hidrelétrico ficam as comunidades indígenas instaladas na Terra Indígena rio Branco, devido à proximidade e o fato do rio Branco ser o principal corpo hídrico da reserva, a comunidade é quem mais sofre interferências do projeto.

O Município de Alta Floresta D'oeste possui na Bacia do rio Branco 7 Pequenas Centrais Elétricas (PCH), sendo 4 delas localizadas no rio Branco, PCH Alta Floresta, PCH Ângelo Cassol, PCH Cachimbo Alto e PCH rio Branco, outras 3 no rio Figueira onde estão instaladas a PCH Figueirão, PCH Saldanha e PCH Monte Belo. Todos os empreendimentos estão em uma área muito pequena instalados em cascata.

Para a instalação de empreendimentos geradores de energia a Agência Nacional de Energia Elétrica estabelece que para ser economicamente viável para o aproveitamento hidrelétrico é necessário que a vazão mínima nos períodos de estiagem atenda a necessidade de geração, e que o período ocioso seja o mínimo possível, segundo ANEEL (2003), para a produção de energia hidrelétrica é preciso compatibilizar a vazão do corpo hídrico com o volume de água disponível em determinado período de tempo com os desníveis do relevo, sejam eles naturais como as cachoeiras ou produzidos artificialmente, em Alta Floresta foram utilizados pequenas cachoeiras e corredeiras para o aproveitamento.

Para incentivar esse tipo de empreendimento diversas facilidades foram oferecidas pelo governo como a simplificação dos estudos, a autorização sem ônus financeiro instituída pelas Leis nº 9.074, de 7 de julho de 1995, e Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996 e a dispensa de compensação financeira pelo uso dos recursos hídricos introduzido pelas Leis nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, entre outros atrativos que estimulam a construção desses empreendimentos em diversos trechos do Estado.

Ainda de acordo com a ANEEL (2003), as PCH são consideradas de baixo impacto ambiental e social, devido ao seu formato com pequeno ou nenhum reservatório, funcionando a fio d'água, para a agência são admitidas na classificação com Pequenas Centrais Hidrelétricas ou PCH, os empreendimentos com potencial de geração acima de 1 MW e igual ou inferior a 30 MW e ainda com um reservatório igual ou inferior a 3,0 km², delimitado para uma vazão de cheia para um tempo de retorno de 100 anos.

Além dos problemas iniciais da instalação e construção dos empreendimentos, quando são feitas as desapropriações e indenizações, ao longo de sua construção e operação vão surgindo novos problemas e conflitos entre os usuários, em 2011 o Ministério Público Federal de Rondônia - MPF por meio da recomendação PRM/JP/6ª CCR N. 003/2011, aconselhou que a Secretaria de Meio Ambiente (SEDAM - RO), que não emitisse novas licenças ambientais e autorizações para construção de centrais de geração na microbacia do rio Branco, assim como suspendesse as eficácia das licenças de instalação em andamento, até a conclusão de uma avaliação ambiental integrada, ainda em sua recomendação o MPF pediu que os estudos fossem submetidos a aprovação e homologação, condicionados a informações claras e consistentes acerca dos impactos sofridos pelas comunidades indígenas da Terra rio Branco.

Desde o ano de 1999 já existem registros de estudos com laudos e relatórios da Sedam – RO, descrevendo que as PCHs estão trazendo impactos negativos para a região, porém não foram realizadas ações efetivas dos responsáveis pelos licenciamentos e fiscalizações. Em 2009 o MPF de Rondônia, instaurou o Inquérito nº 120, de 19/10/2009 com a denúncia relacionada ao acúmulo de água realizado durante a noite pelas empresas para utilização nos períodos de maior solicitação ou em períodos de estiagem.

Na Terra Indígena rio Branco localizada nos municípios de Alta Floresta do Oeste e São Miguel residem povos de oito etnias indígenas, que sofrem com as interferências das PCHs, instaladas na bacia. Os empreendimentos têm provocado uma diminuição no volume escoado nos rios a jusante e o desaparecimento de peixes, além de prejuízos às matas ciliares. De acordo com as lideranças indígenas, na construção da PCH rio Branco que também utiliza água do rio Figueira, na etapa de terraplanagem para a construção da usina foram destruídos cemitérios, onde ossadas foram retiradas e diversos artefatos foram quebrados pelo maquinário (Prado, 2013).

Diante das informações e do problema apresentado anteriormente, relacionados à gestão e aos conflitos associados aos recursos hídricos e empreendimentos hidrelétricos, este trabalho tem como objetivo principal realizar a caracterização e o balanço de vazões da bacia do rio Figueira, detectando o impacto dos usos múltiplos na dinâmica hídrica

Para a realização de um estudo de balanço hídrico, são necessárias diversas informações e características da região estudada, garantindo qualidade e confiança aos resultados obtidos. Nesse contexto, os objetivos específicos constituem um conjunto de atividades que, em sua totalidade, concretizam o objetivo geral. Inicialmente, será delimitada e descrita as características fisiográficas da bacia do rio Figueira no município de Alta Floresta d'Oeste. Em seguida, analisar-se-á o percentual de desmatamento e as ações antrópicas na área da bacia, visando compreender o impacto humano no ambiente. Por fim, será realizado o balanço de vazões da bacia, permitindo detectar o impacto dos usos múltiplos na dinâmica hídrica.

O rio Branco é de grande importância para os municípios de Alta Floresta D'Oeste e Alto Alegre dos Parecis, que são atravessados pelo seu curso. Na região, foram instaladas diversas pequenas usinas, uma vez que, diante do crescimento populacional e econômico, houve um aumento na demanda por energia. As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) apresentaram-se como uma maneira rápida e efetiva para promover o crescimento e disponibilizar energia elétrica, suprimindo a crescente demanda das pequenas regiões urbanas e rurais ou complementando o fornecimento realizado pelo sistema interligado. Dessa forma, o governo simplificou o processo de liberação das outorgas e concedeu diversos benefícios para estimular empreendedores e investidores.

A combinação do aumento na procura por energia elétrica e as facilidades oferecidas pelos órgãos governamentais beneficiou a implantação dos empreendimentos. No entanto, a simplificação dos projetos e dos estudos preliminares favoreceu o surgimento de conflitos entre os usuários ao longo da bacia, principalmente a jusante, onde populações indígenas e órgãos como o Ministério Público Federal denunciam prejuízos e impactos causados pela operação das pequenas usinas. Mesmo sendo caracterizadas como de baixo impacto ambiental, para as comunidades em seu entorno, bem como para os moradores e usuários a jusante, as interferências são significativas na disponibilidade hídrica. Ainda que não haja reservatórios com grandes áreas, ambientes e ecossistemas mais sensíveis reagem consideravelmente às alterações.

É relevante destacar a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), onde a água e os recursos naturais são tratados como propriedade pública, limitada em quantidade e qualidade, com valor econômico, e cuja gestão deve contar com a participação de todos os envolvidos e afetados pelos projetos (Brasil, 1997, Art. 1º, Incisos I, II e VI). Espera-se que, com a realização deste trabalho, sejam obtidas as características da bacia em estudo, sua fisiografia e vazão, assim como a quantificação da interferência do complexo hidrelétrico dos rios Figueira e Branco e da antropização na vazão a jusante nas terras indígenas.

CAPÍTULO II

ESTADO DA ARTE

Os estresses e crises hídricas tem chamado a atenção dos usuários e das autoridades, a água é um recurso finito e frágil, da qual depende manutenção da espécie humana, devido ao crescimento econômico e populacional, surgem e se acentuam diversas solicitações para os recursos hídricos, seja para saneamento, geração de energia, agropecuária e irrigação, indústria, lazer e o turismo, transportes aquaviários, e o desperdício, que acentuam significativamente a escassez em quantidade e qualidade (Zuffo; Abreu, 2010).

Ainda de acordo com Zuffo e Abreu (2010) a participação de todos os interessados no gerenciamento é fundamental para se alcançar os objetivos expressos na legislação, as políticas públicas com princípios da desburocratização, descentralização com transparência e ética, valorizando o cidadão, devem respaldar essa relação de empoderamento da população, com a criação de instrumentos como os colegiados regionais e a fortalecimentos dos Comitês. Para que ocorra um planejamento adequado que satisfaça os interesses dos usuários, do Poder Público e causem os menores prejuízos às comunidades, se faz necessário estudos para a obtenção de dados de qualidade, estudos estes que dependem de conhecimentos de hidrologia, fisiografia, legislação, gestão e balanço hídrico.

Hidrologia

A hidrologia desenvolve seu trabalho com o estudo da água na Terra, onde são analisadas a sua ocorrência, suas características físico-químicas e interações com o

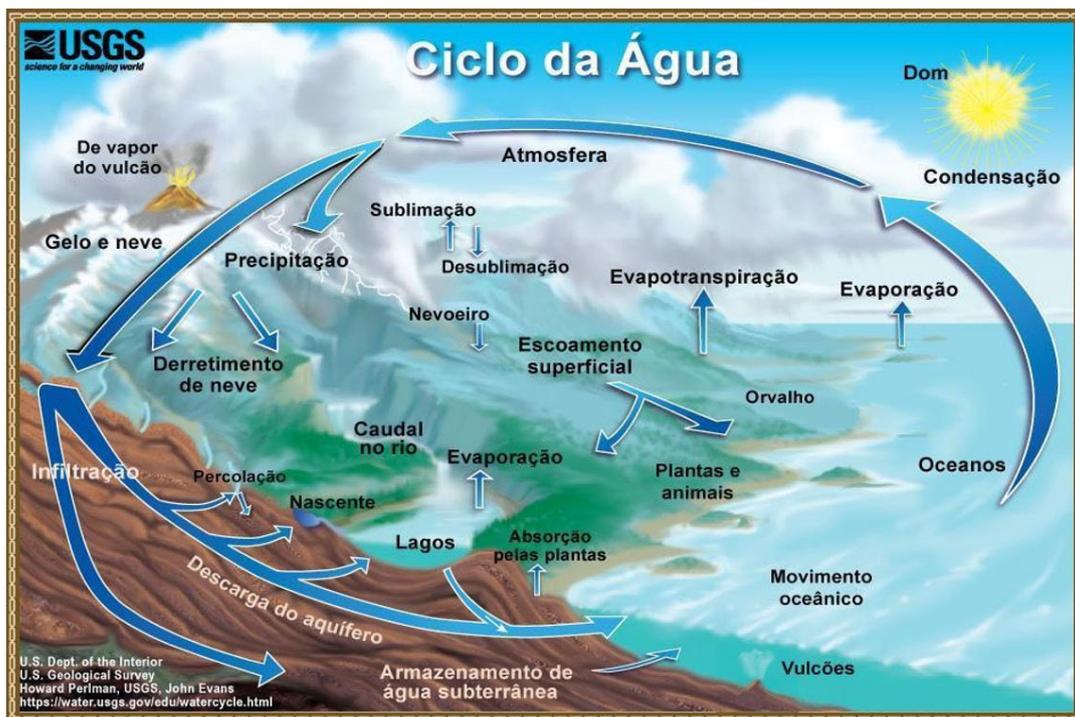
meio ambiente e seres vivos, é um ramo de pesquisa interdisciplinar que tem evoluído principalmente com os problemas observados nas bacias hidrográficas, a ocupação inadequada, o aumento da demanda por utilização de água e seus efeitos ao meio ambiente, impulsionam o desenvolvimento da ciência hidrológica. Atualmente a matéria deixou de ser basicamente descritiva e qualitativa para transformar-se com métodos quantitativos, através da matemática e da estatística, aprimorando os resultados e explorando as informações obtidas (Tucci *et al.*, 2015).

Segundo Pinto *et al.* (2017, p. 01), pode-se definir que a “ciência hidrológica trata do estudo da água na natureza, sendo parte da geografia física e abrangendo em especial, as propriedades, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, na superfície da terra e no subsolo”. A circulação e percurso da água pela terra e atmosfera constitui o ciclo hidrológico, conceito fundamental para compreensão da hidrologia.

Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico apresenta-se como um sistema pelo qual a natureza movimenta a água do oceano para a atmosfera e dela para os continentes, de onde volta na forma de escoamento para o oceano. Esse ciclo é ativado no solo e subsolo com a força da gravidade, assim como o tipo, e pela presença e densidade de cobertura vegetal. Na atmosfera e superfícies líquidas como rios e lagos ocorrem interferência dos elementos e fatores climáticos como, temperatura e umidade relativa do ar, ventos, e insolação, que são os atores no fenômeno de movimentação da água dos oceanos para a atmosfera terrestre (Tucci, 2015).

Figura 1 - Esquematisação do Ciclo Hidrológico.



Fonte: USGS, 2019.

Segundo Kobiyama *et al.* (2008, p. 46-47), o ciclo hidrológico é o principal objeto de estudo da hidrologia, é caracterizado pela movimentação da água na atmosfera, também é chamado de ciclo da água, é formado por inúmeros processos hidrológicos de maior relevância, como “condensação, a precipitação, interceptação, infiltração, detenção, percolação, escoamentos superficiais e subsuperficiais, escoamento subterrâneo, escoamento fluvial e evapotranspiração”. O ciclo mantém a água em movimento sob diferentes estados como demonstrado na Figura 1, assim está em constante renovação, alimentando os corpos hídricos neste intervalo também é utilizada pelos seres vivos.

Entre os fatores e fases mais relevantes que compõem o ciclo das águas na atmosfera temos, a precipitação, a infiltração, a evapotranspiração e a vazão. Pinto *et al.* (2017), define precipitação como a altura de água caída e armazenada sobre uma superfície plana e impermeável, mensurada por meio de leituras em locais escolhidos, esses dados são obtidos por meio de equipamentos como pluviógrafos e pluviômetros, que quantificam a altura da coluna de água armazenada no decorrer do tempo, geralmente a precipitação é fornecida em mm/h, que pode ser adaptada para meses e anos.

De acordo com Holtz (2017), a precipitação pode ser compreendida como o vapor de água vinda da atmosfera, que se deposita na superfície terrestre na forma de chuva, granizo etc. No Brasil, principalmente na região norte devido a nossa localização e características climatológicas a precipitação mais comum se dá pela forma de chuva, é também a mais significativa para o volume de vazão nos rios.

Para todo o volume que se precipita sobre uma região, parte alcança a zona de controle de vazão, na forma de escoamento superficial, parte é absorvida na interceptação, umedecem o solo, ocupam os vazios do solo ou se infiltram em direção aos aquíferos subterrâneos. Relacionando o volume escoado e volume precipitado obtém-se uma importante variável, o coeficiente de deflúvio ou de escoamento (Martins, 2017).

Para Martins (2017), a infiltração sofre interferência de inúmeros fatores, desde as características particulares de cada solo, do tamanho da camada já em regime de saturação, da umidade precedente a precipitação, o grau de compactação do solo seja pela ação dos homens ou animais, a estrutura do terreno, a climatologia do local, alterações na capacidade de infiltração, e características próprias da bacia e o desenvolvimento de sua ocupação.

O fenômeno da evapotranspiração de acordo com Martins (2017), é uma combinação das definições de evaporação e transpiração, sendo a primeira um conjunto de ações de natureza física, que transforma em vapor as águas presentes na superfície do solo e dos corpos hídricos como rios e mares, já a segunda é a evaporação ocorrida devido à ação fisiológica dos vegetais e plantas que por meio de suas raízes, extraem a água do solo para suas atividades essenciais, durante o processo parte desse volume extraído é transferido para a atmosfera na forma de vapor, por mecanismos presentes nas folhas. Outros fatores afetam a evapotranspiração, como as características climatológicas nas formas de umidade, temperatura e pressão do ar, assim como a evaporação e transpiração nas superfícies líquidas.

A vazão pode ser simplesmente definida como, um determinado volume de água que passa por uma seção do canal durante uma determinada fração de tempo, geralmente

quantificada em m³/s. Pode derivar da relação entre a multiplicação da velocidade pela área de escoamento, como também da interação da divisão vazão pela área, tratando-se da vazão ou descarga específica (Stevaux; Latrubesse, 2017). A vazão é um produto das características da bacia hidrográfica juntamente com intensidade da precipitação e as condições climatológicas.

Ecohidrologia

A hidrologia trata-se de uma área de integração, onde diversas partes e características do ecossistema estão correlacionadas, uma das relações mais significativas ocorre entre as plantas e o solo, González *et al.* (2013), traz que o planejamento e a gestão hídrica devem avançar mais do que a proteção e a recuperação das áreas, sendo necessário também identificar as capacidades de recarga dos ecossistemas e o nível de interferências das ações humanas, na busca de solução aproveitando o máximo das possibilidades da biota para a recuperação dos projetos.

O aproveitamento das propriedades ecossistêmicas como ferramentas de gestão por meio da biota para controlar os processos hidrológicos e vice-versa, aplicando a hidrologia para regular a biota e inclusive restaurar suas características naturais ou ao menos recuperá-las parcialmente (Traduzido) (Gonzalez *et al.*, 2013, p. 17).

Diversos estudos mostram a relação entre a presença de vegetação e a dinâmica do balanço hídrico, considerando as interações no ciclo hidrológico principalmente nas etapas de evapotranspiração e interceptação, e seus reflexos no escoamento superficial. Em áreas pobres em cobertura vegetal, durante a precipitação o solo se encharca rapidamente e não é possível um armazenamento mais significativo, possibilitando grandes volumes escoados causando picos de vazão, a estrutura vegetal é formada pelo dossel onde situam-se os troncos, galhos e folhas; pela serrapilheiras, estrutura de galhos e folhas caídas; e no subsolo com o sistema radicular (Checchia, 2007).

Ainda de acordo com Checchia (2007), sistemas como o dossel e as serrapilheiras atuam como obstáculos, impedindo o contato direto com a atmosfera, reduzindo o impacto da queda da água no solo, as estruturas permitem que a água escoe mais lentamente dando tempo para a infiltração, possibilitando maiores taxas de absorção, reduzindo os danos da

erosão. A presença de vegetação protege a área das ações dos ventos e da radiação solar, reduzindo o aquecimento e as perdas excessivas, o sistema radicular no subsolo estabiliza as encostas dificultando desprendimentos de massas de solo, a presença ou ausência destes elementos alteram significativamente o ciclo hidrológico.

Para Rosalém *et al.* (2016), o fenômeno da interceptação é um muito significativo no ciclo hidrológico, uma vez que influencia nas etapas posteriores, como a infiltração, escoamento superficial etc. O volume interceptado é mais propício a evaporação, tendo este como principal resultado da interceptação em regiões de florestas, conseqüentemente o volume escoado é menor. A interceptação pode ocorrer na copa das árvores, como também na parte de baixo, na serrapilheira que possui a mesma definição das liteiras são partes caídas da floresta de acordo com a Figura 2, que regulam parte do regime hidrológico em um ecossistema, sendo caracterizada como um fator relevante para a manutenção das florestas e contenção dos processos erosivos.

Em pesquisa na Bacia do rio Pimenta Bueno no estado de Rondônia, Checchia *et al.* (2016), descreveram a relação entre a presença e as alterações da cobertura vegetal no regime hídrico do local, onde embora contrário a literatura o desmatamento não produziu uma redução nos valores médios do escoamento, porém foi significativo nos dois extremos com acentuação dos picos de cheia e seca.

Embora Com relação aos períodos secos e chuvosos, o desmatamento provocou uma diminuição escoamento mínimo e um aumento no escoamento máximo. Estas características estão relacionadas à cobertura da terra e ao tipo de solo, ou seja, a substituição da área florestal por atividades agropecuárias potencializou os eventos hidrológicos críticos (Checchia *et al.*, 2016, p. 14).

Figura 2 - Serrapilheira em Região Amazônica.



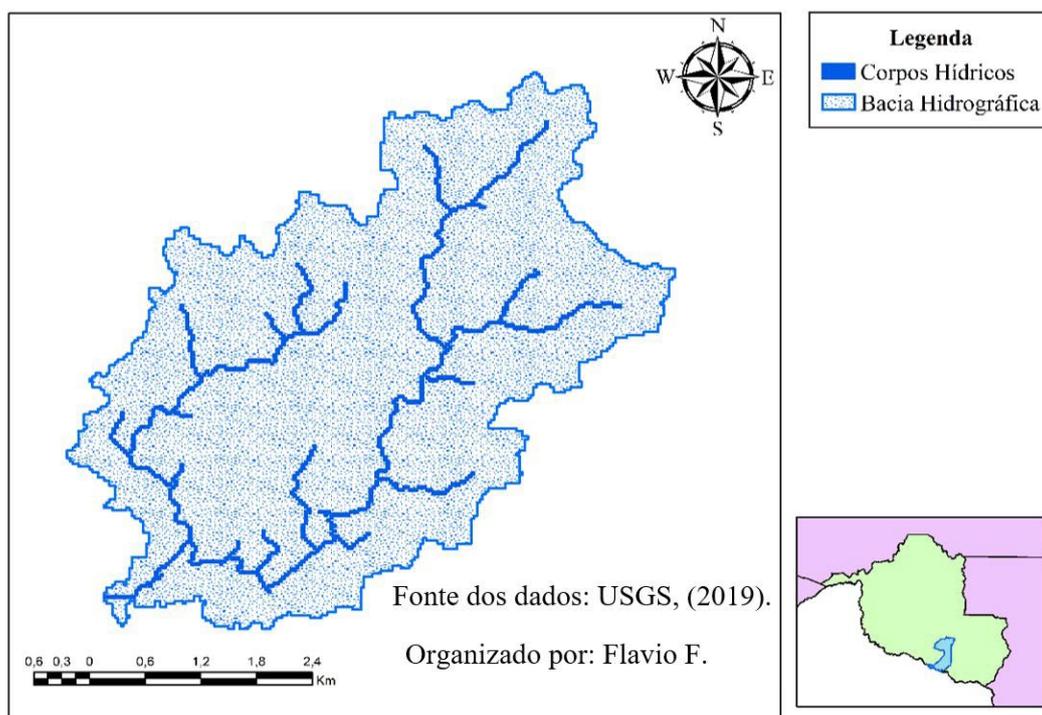
Fonte: autores, 2019.

Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica é componente essencial e centro para a gestão e balanço dos recursos hídricos, é o ponto onde ocorrem as transformações, onde vivem os principais interessados e onde são instalados os empreendimentos, dessa forma sua compreensão é imprescindível. De acordo com Silva e Santos (2016), a bacia hidrográfica é considerada como um conjunto físico, onde a entrada “*input*” é o volume de água precipitado, e a saída “*output*” é o volume de água escoado pelo exutório, sempre levando em consideração as perdas, como volumes desviados no trajeto que podem ser evaporados, transpirados ou profundamente infiltrados.

A bacia hidrográfica como demonstrado na Figura 3, também definida como rede ou bacia de drenagem, é composta por um grupo de canais de escoamento correlacionados, concebida como a região drenada por um canal ou rede de drenagem, do qual o volume escoado através dos canais depende de diversos fatores como, a área da região delimitada pela bacia, da precipitação sobre a região, de seu regime e ciclo hidrológico e das perdas ocasionadas pela evapotranspiração e a infiltração (Franco; Souza, 2016).

Figura 3 - Exemplo de Bacia Hidrográfica.



Fonte: autores, 2019.

Para Netto e Fernández (2015, p. 471), pode-se relacionar bacia hidrográfica com seção de drenagem, onde esta é a seção transversal de um curso d'água, onde é possível determinar a variação de vazão resultante de precipitação, uma bacia hidrográfica também chamada de bacia de contribuição, é uma área geográfica constituída pelas vertentes que coletam a água precipitada que escoam superficialmente até atingir a seção de drenagem. “A correspondência entre a bacia hidrográfica e a seção de drenagem é biunívoca, ou seja, a uma determinada seção de drenagem corresponde uma (e só essa) bacia hidrográfica e vice-versa” (Netto e Fernández, 2015, p. 471).

Características da Bacia

Para a caracterização de uma área de drenagem são utilizados diversos métodos de acordo com os objetivos de estudo, como softwares de imagem como Google Earth¹, QGIS², e de sites como IBGE³, Earth Explorer⁴, são obtidas imagens para caracterização, destes dados podem ser extraídas informações como: Área, Perímetro, Comprimento do Canal, Comprimento Axial da Bacia, Declividade. A utilização do geoprocessamento permite a execução de diversas atividades relacionadas a gestão do território e o estudo ambiental, possui uma abordagem vasta e produz resultados rápidos e precisos, felizmente contamos com muitos órgãos e empresas que fornecem informações e dados que podem ser trabalhados (Fonseca *et al.*, 2013).

Para desenvolver estratégias e ações para a gestão e planejamento hídrico, a utilização dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) apresenta-se como uma ferramenta importante, permitindo alcançar informações por meio da análise espacial de bacias hidrográficas, como a extração dos cursos de drenagem e delimitação de áreas drenadas, bem como o uso de curvas de nível para representação da superfície. De acordo com Trentin *et al.* (2015), o uso dos MDE em processos de cálculos geomorfológicos, facilita a aquisição de variáveis associadas ao relevo com rapidez e precisão. Almeida *et al.* (2013), aponta o uso das técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, como ferramentas que podem ser agregadas às técnicas de fotointerpretação e imagem, para explorar dados de bacias hidrográficas.

¹ Marca Registrada da Google Inc.

² Marca Registrada OSGeo Project.

³ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

⁴ Site U.S. Department of the Interior.

Os dados sobre as características fisiográficas da bacia hidrográfica são extremamente relevantes para a concepção de um estudo hidrológico adequado, a área da bacia influencia a quantidade de água produzida como deflúvio. A forma e o relevo, no entanto, atuam sobre o regime e velocidade da produção de água, assim como as condições sedimentológicas. Da mesma forma que a bacia em si, o seu comportamento hidrológico ocorre em função de suas características geomorfológicas, de uso e ocupação do solo, e situação da cobertura vegetal. Desse modo, as características fisiográficas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e subsuperficial (Silva; Santos, 2016).

A partir dos dados conseguidos, é possível calcular as características fisiográficas da bacia, o método dos cálculos foi desenvolvido por Horton (1932) e adaptados por diversos autores como Strahler (1952) no Estados Unidos e Otto Pfafstetter no Brasil, os atributos mais relevantes são: Ordem da Bacia, Fator de forma (F); Índice de Conformação (Fc); Índice de Compacidade (Kc); Índice de circularidade (Ic); Índice de Sinuosidade (Is) e Densidade Hidrográfica (Dh) (Stevaux; Latrubesse 2017, adaptado de Strahler 1952).

Legislação para Gestão Hídrica

Nas primeiras décadas do século XX, foi criado o Código Brasileiro de Águas (CBA) em 1934, sua prioridade maior era a geração de energia elétrica para atender ao processo de industrialização e crescimento populacional, essa priorização dos empreendimentos hidrelétricos foi em detrimento dos outros usos da água, como o abastecimento e o saneamento. O CBA de 1934 também proporcionou o aumento do controle do poder público e o apoio ao uso industrial dos corpos hídricos (Buriti; Barbosa, 2014).

Ainda de acordo com Buriti e Barbosa (2014), o Código de Águas Brasileiro discorria principalmente sobre a utilização do potencial para a produção de energia elétrica em território nacional, trouxe também uma política de recursos hídricos moderna para a época descrita como muito bem concebida, dedicando-se aos muitos aspectos relacionados à água: como o controle e a propriedade, assuntos associados ao solo e sua propriedade

inclusive desapropriações, serventia das águas, uso para navegação, sobre as águas prejudiciais, assim como a fiscalização e atribuição de multas e penalidades.

Em paralelo a elaboração a Constituição de 1988, internacionalmente já ocorriam debates e discussões a respeito do ideal de governança, assim no início dos anos de 1980, o Brasil aderiu aos primeiros fundamentos de democracia nas leis ambientais, assim foi promulgada a Lei nº 6.938 de 1981 que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), desta lei surgiu o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com atribuição de criar normas e padrões relativos ao controle e qualidade do meio ambiente, objetivando o uso racional dos recursos ambientais em geral, priorizando os recursos hídricos (Brasil, 1981).

A Constituição Federal do Brasil (1988), possui diversos trechos e artigos tratando da água e sua gestão, em seu artigo 20, determina através do inciso III, que são bens da União os corpos hídricos em terreno de sua jurisdição, os que banhem mais de um estado ou que sirva como fronteira internacional, os que venham ou que se prolonguem para terras estrangeiras. Mais adiante a Carta Magna traz como competência da União a exploração direta ou por autorização, assim como a concessão ou permissão para instalação de serviços de energia elétrica ou aproveitamento energético que utilizem os cursos de água, essa exploração será em ação participativa com as unidades federativas onde se encontrem os potenciais hidroenergéticos. Em seu artigo 26 inciso I, define como bens dos estados, todas as águas que não se enquadrem nas condições anteriores e que não sejam consequências de obras desenvolvidas pela União.

Ainda de acordo com carta constitucional em seu artigo 22 inciso IV, define como atribuição do governo federal de criar dispositivos legais a respeito das águas e energia. Através deste instrumento foi aprovada em 1997 a Lei nº 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Através da Lei, a política nacional de gestão hídrica reconheceu a importância de um sistema descentralizado, por meio da bacia hidrográfica, assim como também a participação dos muitos que afetam e os que são afetados pelas políticas públicas, como forma a propiciar os usos múltiplos da água, com a ampliação da

participação pública juntamente com a busca pela garantia do acesso e da disponibilidade hídrica para os múltiplos usos, o instrumento legal em seu artigo primeiro estabeleceu que gestão das águas deve ocorrer de forma descentralizada, compartilhada e com ampla participação de todos os interessados (Brasil, 1997).

Após a volta do regime democrático e a promulgação da Constituição Cidadã, ocorreu nos anos 1990 uma reforma nos programas de gestão hídrica para Brasil, normas foram alteradas e ferramentas implantadas, foi instituído o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, composto por um conjunto de meios jurídico-administrativos, através da Lei nº 9.984 de 2000, criou-se dispositivos, como o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; a Agência Nacional de Águas; os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica; agentes dos poderes federal, estadual, Distrital e municipal com funções relacionadas ao gerenciamento hídrico; e as Agências de Água em âmbito estadual (Buriti; Babosa, 2014).

Apesar de passando mais de duas décadas da vigência da PNRH, a implementação de seus equipamentos de gestão ainda não se encontra concluída na totalidade do nosso território, principalmente nos estados da região amazônica, região de grande importância devido a sua relação com os corpos hídricos. Ainda é importante observar que, na região amazônica, os estados do Acre, Rondônia, Amazonas, Roraima, Amapá e Pará têm a outorga de direito de uso da água implementada, porém, apenas o Maranhão possui a cobrança pelo uso da água, e o Amazonas realizou o enquadramento dos seus corpos hídricos (ANA, 2017).

Gestão de Recursos Hídricos

A água é fundamental para a manutenção da vida, e está relacionada com praticamente todos os processos de produção, sendo tão essencial é importante sua gestão, os recursos hídricos são bens de grande valor para a promoção do bem estar social, uma vez que a água é bem de consumo final ou intermediário na quase totalidade das atividades humanas. Diversas vezes com o aumento do consumo e a variedade dos

usos ocorrem conflitos entre os usuários, felizmente a gestão integrada do uso, juntamente com o controle e a preservação dos recursos hídricos são uma forma eficiente de evitar e administrar esses embates (Lanna, 2015).

Lira (2015), traz novidades relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos, baseados na sustentabilidade e na manutenção da qualidade ambiental, juntamente com a redução gradual da qualidade de vida e da possível falta dos recursos naturais, se fortalecem os modelos novos de desenvolvimento com o objetivo de manter a qualidade ambiental para as futuras gerações. O monitoramento da gestão dos corpos hídricos é justificado pela importância da água para a sobrevivência da humanidade e para o equilíbrio do meio ambiente.

Os recursos hídricos desenvolvem um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico de modo geral. Desta forma, torna-se imprescindível o desenvolvimento de instrumentos capazes de gerenciar os diversos tipos de uso da água. A gestão de recursos hídricos no Brasil apresentou um salto significativo após a Constituição Federal de 1988, constituindo-se como ferramenta fundamental para um desenvolvimento pleno, em consonância com os padrões ambientais e econômicos adequados (Freitas, 2011).

O planejamento dos recursos hídricos é uma atividade com objetivo de adequar o uso, controlar e proteger a água, às demandas sociais e governamentais, fornecendo subsídios e informações para o gerenciamento. Para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, são pressupostos os conhecimentos sobre as condições hidrológicas da bacia em consideração, dando prioridade para programas de obtenção de dados, avaliação e pesquisa (Lanna, 2015).

De acordo com Ferreira *et al.* (2017), os usos humanos da água, sejam eles diretos ou indiretos, causam impactos que se acumulam sobre o ciclo hidrológicos, podendo gerar consequências, que variam de acordo com a intensidade podendo ser locais ou globais. Após a realização da Conferência da Água em *Mar del Plata* na década de 1977, a comunidade internacional percebeu os desafios gerados pelo enredamento da gestão da água, tornou-se necessário um modelo, que permitisse que as decisões fossem tomadas por diversos

atores. Esse modelo para a gestão das águas só ganhou destaque internacional a partir dos anos 2000, fazendo da água uma responsabilidade de todos, onde a governança adotou como missão vencer as limitações impostas pelos modelos adotados anteriormente.

No Brasil a CF de 1988, abriu caminho para a criação de uma legislação que tornasse mais participativa a gestão das águas, anteriormente a gestão hídrica era fixada no Poder Público, o qual muitas vezes favorecia as intenções dos grandes usuário e agente empreendedores em suas decisões, com ações que limitavam a participação dos pequenos usuários, e excluía a sociedade das decisões, para suprir essa necessidade foi implantada a Política Nacional de Recursos Hídricos (Ferreira *et al.*, 2017).

Política Nacional de Recursos Hídricos

A implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos foi desenvolvida e fundamentada pelos princípios da água como propriedade pública, como um recursos limitado com valor econômico, priorizando em tempos de insuficiência o atendimento a necessidades humanas e dos animais, a gestão de recursos voltada para a promoção da multiplicidade dos usos, ratificando a importância da bacia como centro do cenário de ação com gestão descentralizada e participativa com ações das comunidades atingidas, dos usuários, e do Governo (Silva, 2018).

Ainda de acordo com Silva (2018), o PNRH criado por instrumento da a normativa nº 9433/1997, traz um aparato específico de órgãos e entidades para a gestão hídrica, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), o qual é formado pelos: Comitês de Bacia; o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); a Agência Nacional de Águas (ANA); os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; As Agências de Água.

De acordo com a Agência Nacional de Águas, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), é um procedimento essencial para o controle e a gestão dos recursos hídricos no Brasil, instituída pela Lei nº 9.433/1997, estabelece que a coordenação das

águas não deve se limitar a particularidades relacionadas apenas a quantidade e qualidade, devendo priorizar também a diversidade socioeconômica e geográfica das diferentes regiões, favorecer a integração dos setores usuários com a gestão ambiental, assim como uso e ocupação do solo nas regiões continentais e costeiras (Brasil, 1997).

A PNRH é implantada por meio da atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH). Sendo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) um colegiado que é o mais alto na hierarquia do SINGREH. O CNRH já publicou, até 2017, 192 resoluções e 68 moções e possui 10 câmaras técnicas voltadas para temas especiais. Em 2017, 26 Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados estavam atuantes (ANA, 2019). Atores importantes nos Conselhos estaduais são os Comitês de Bacia.

Comitê de Bacia Hidrográfica

De acordo com Lei nº 9.433/1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é fundamentada pela gestão descentralizada e com a participação do Governo, dos usuários e das comunidades, o CBH descrito em seu Capítulo III, é uma importante dispositivo para estimular as discussões a respeito dos recursos hídricos e a articular a atuação dos membros participantes, assim os CBHs desempenham a função de moderador, evitando a vantagem dos interesses privados de grandes corporações com poder financeiro e político para influenciar as decisões do Estado Regulador, reduzindo prejuízo dos interesses múltiplos e coletivos (Silva, 2018).

Segundo Buriti e Barbosa (2014), os Comitês de Bacia surgem como um instrumento de compatibilização e adequação dos usos dos recursos hídricos, e promoção da gestão descentralizada, de acordo com as características e realidades locais, contando com um maior número de participantes e organizações sociais para favorecer a multiplicidade das ideias e interesses.

Ainda de acordo com Silva (2018), a Constituição Federal, denominou a água como de “dupla dominialidade”, onde alguns corpos hídricos pertencem aos estados e outros a União, envolvendo as esferas estaduais e federal nos cuidados com os recursos, associando

ao fato de que o setor para a gestão deve ser a bacia hidrográfica, onde o conjunto é planejado levando em consideração condições naturais de configuração dos fluxos de água, e não necessariamente divisões políticas e territoriais fato que pode favorecer o aumento da ocorrência de conflitos.

De acordo com Brasil (1997), dentre as atribuições dos CBHs encontram-se, a promoção de debates sobre questões relacionadas a recursos hídricos onde são arbitrados os conflitos em primeira instância; ocorre a supervisão da execução do Plano de Recursos Hídricos da bacia para garantir que as metas sejam atingidas; propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos condições para a efetiva isenção de outorga de direito de uso; criar as ferramentas para a cobrança pelo uso de recursos hídricos, sugerindo a serem cobrados; propiciar o uso múltiplo favorecendo o interesse comum e coletivo (Lei 9.433/1997, artigo 38, incisos I a IX).

De acordo com a ANA (2019), o número e nível de institucionalização dos CDBHs vêm aumentando desde a criação da PNRH, em 1997. Na atualidade, existem 9 (nove) Comitês no âmbito federal e 224 (duzentos e vinte e quatro), no âmbito estadual. Nesta circunstância Silva (2018), cita como importante investigar o papel que se tem atribuído aos CBHs, e como tem sido articulada a participação dos usuários de água essas instituições.

É importante reforçar a necessidade de superação das distorções do acesso à informação, sendo necessário construir uma inovação na cultura política e, ainda, a mudança de comportamento do cidadão para que este se torne mais participativo. Uma vez que simples implementação de uma nova política pública colegiada, integrada, descentralizada e participativa, não é o suficiente para promoção da mudança social, ainda mais em uma sociedade cujo modelo de política anterior concentrava as responsabilidades no Estado (Ferreira *et al.*, 2017).

Instrumentos da Gestão de Recursos Hídricos

O Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos possui um grupo de instrumentos ou ferramentas de gestão, que possibilitam a implementação da Política Nacional

e das Políticas Estaduais de Recursos Hídricos. Estes materiais têm base na Lei nº 9.433 de 1997, presente no Art. 5º, que estabelece nova determinação legal para a gestão das águas. Esses tópicos podem ser divididos inicial em dois agrupamentos: um com viés de planejamento, formado pelos Planos de Recursos Hídricos e de Bacia Hidrográfica, o enquadramento dos corpos de água e Sistema de Informações sobre os Recursos Hídricos: e outro grupo voltado para os instrumentos de controle administrativo, como a outorga, e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos (Buriti; Barbosa, 2014).

Os Planos de Recursos Hídricos dão suporte a concretização dos instrumentos de gestão, criados pelas Políticas Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos. Os planos fundamentam e orientam o gerenciamento hidrológico. Podem ser entendidos como documentos com a intenção de potencializar a Gestão de Recursos Hídricos em três camadas governamentais: Nacional, Estadual e os Planos de Bacias Hidrográfica, assim como também, fornecer dados aos órgãos gestores de informações estratégicas auxiliando-os em sua tomada de decisões (Freitas, 2011).

De acordo com Brasil (1997), apresenta-se como Instrumento de Gestão instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos através da Lei Federal 9.433/1997, o enquadramento dos corpos de água de acordo com usos preponderantes, assegurando as gerações atuais e futuras a disponibilidade adequada da água, em padrões de quantidade e qualidade adequadas aos usos necessários, como também a referida lei prevê a serventia racional e integrada dos recursos hídricos, assim como o transporte aquaviário e o desenvolvimento sustentável, o enquadramento se mostra importante para atingir os objetivos legais.

A outorga é um instrumento com o objetivo de assegurar o controle, quantitativo e qualitativo sobre os usos de águas, como também a garantia de acessibilidade à água, para os rios que pertencem à União esse controle outorga é feito pela Agência Nacional de Águas (ANA), já nos rios onde a gestão é realizada pelos Estados estes são responsáveis por conceder o direito de uso da água. Outra ferramenta é a cobrança pelo uso, que reconhece a água como um recurso natural limitado e possuidor de valor econômico, dando aos usuários uma demonstração de seu valor, favorecendo a economia e racionalização,

a cobrança também permite a captura de recursos financeiros para a manutenção dos programas implementados pelo plano de recursos hídricos (Freitas, 2011).

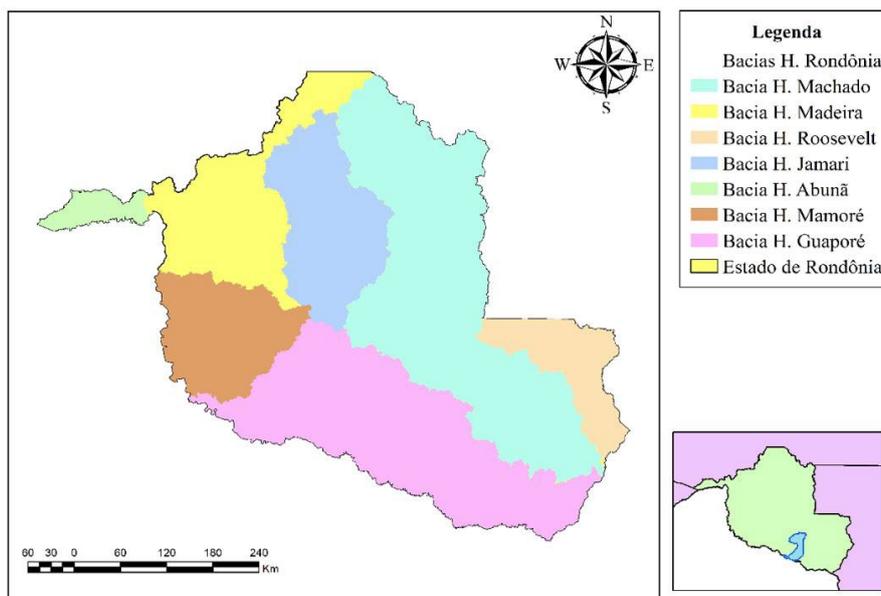
Buriti e Barbosa (2014), descrevem um instrumento de publicidade para a gestão de recursos, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, presente no Art. 25, da Lei nº 9.433/1997, como sendo um conjunto de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores relacionados em sua gestão. Os dados provenientes dos órgãos integrantes do SINGREH serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e servirão para apoiar a gestão e contribuir para a disseminação de informações sobre as águas.

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia

O estado de Rondônia, assim como os territórios amazônicos, passou por uma grande campanha de ocupação das décadas de 30 até meados da década de 80, buscou-se um povoamento das terras amazônicas, assim como a apropriação e exploração do espaço. Nos anos 1970 e 1980 o território rondoniense passou por uma onda migratória, mais de meio milhão de pessoas chegaram à região buscando fixar residência. Teve início o Ciclo da Agricultura incentivado e executado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), através dos Projetos Integrados de Colonização e Projetos de Assentamento Dirigido, que distribuiu lotes e terras para os recém chegados, muitos destes ocupados por populações indígenas (Rondônia, 2018).

Após todo o processo de ocupação do estado, apenas após os anos 2000, estimulado pela lei federal 9.433 de 1997, através da Lei Complementar Estadual nº 255, de 25 de janeiro de 2002, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 10.114, de 20 de setembro de 2002, foi instituída a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia, definindo como ferramentas de gestão dos recursos hídricos estaduais, dentre elas temos: o Plano Estadual de Recursos Hídricos– PERH/RO; os Planos de Bacias Hidrográfica; a permissão para utilização das águas; a cobrança pela utilização das águas; divisão dos corpos hídricos de acordo com seus usos principais; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Instrumentos presentes na lei das águas (Rondônia, 2002).

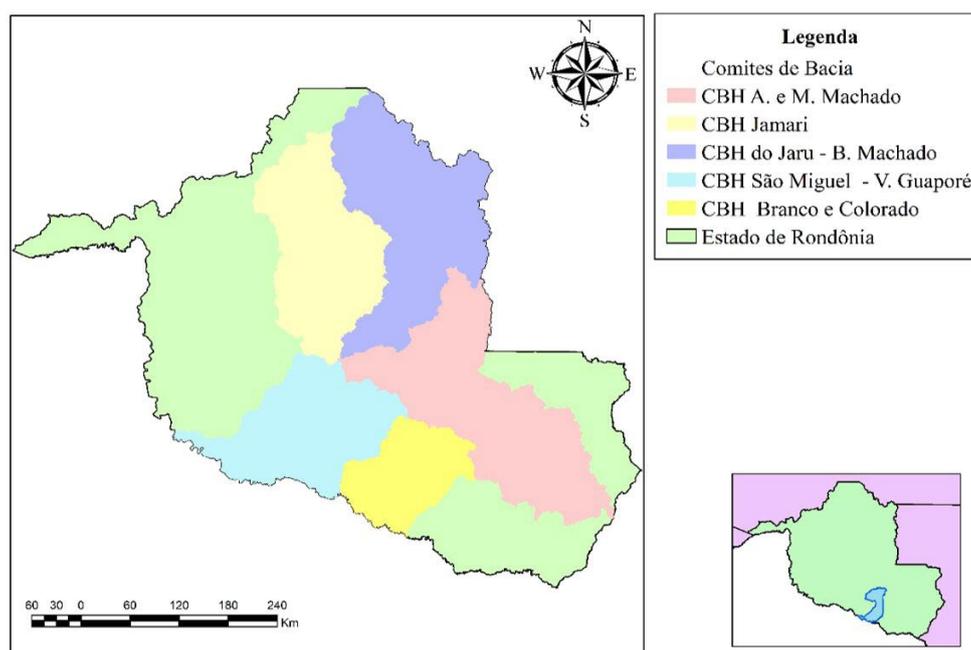
Figura 4 - Divisão Hidrográfica do Estado de Rondônia.



Fonte: autores, adaptado de Governo do Estado de Rondônia, 2012.

Por meio do Decreto nº 10.114/2002, ficou estabelecido uma Divisão Hidrográfica do Estado de Rondônia em sete bacias hidrográficas, representadas na Figura 4: I – Bacia Hidrográfica do Rio Guaporé; II – Bacia Hidrográfica do Rio Mamoré; III – Bacia Hidrográfica do Rio Abunã; IV – Bacia Hidrográfica do Rio Madeira; V - Bacia Hidrográfica do Rio Jamari; VI - Bacia Hidrográfica do Rio Machado; e VII - Bacia Hidrográfica do Rio Roosevelt (Rondônia, 2002).

Figura 5 - Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado de Rondônia.



Fonte: autores, adaptado de CRH/RO, 2014.

Em 2014, aprovou-se a implantação de cinco CBHs no Estado de Rondônia, sendo eles: i) Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Jamari (CBH-JAMARI-RO), instituído pela Resolução CRH/RO nº 05, de 11 de junho de 2014; ii) Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Jaru e Baixo Machado (CBHJBM-RO), instituído pela Resolução CRH/RO nº 06, de 11 de junho de 2014; iii) Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Alto e Médio Machado (CBH-AMMA-RO), instituído pela Resolução CRH/RO nº 07, de 11 de junho de 2014; iv) Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Branco e Colorado (CBHRBC-RO), instituído pela Resolução CRH/RO nº 08, de 11 de junho de 2014; e v) Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios São Miguel e Vale do Guaporé (CBH-RSBVG-RO), instituído pela Resolução CRH/RO nº 09, de 11 de junho de 2014. A delimitação das áreas de atuação dos CBHs do Estado de Rondônia é ilustrada na Figura 5 (Rondônia, 2018).

Para Zuffo e Abreu (2010), levando em consideração o aprendizado na elaboração do plano nacional, onde a gestão participativa é gradualmente construída, desenvolveu-se em Rondônia, um programa de participação social e projeto de pesquisa, denominado *Acqua Viva Rede UNIR*, com objetivo de contribuir para a gerência das águas. De acordo com a legislação enquanto não for definido e implantado o Comitê de Bacia, as alterações e planejamentos realizados pelo Governo devem ser planejadas com os representantes dos residentes, da sociedade civil organizada presente na bacia, dos que representam os municípios de abrangência da bacia, e dos usuários de suas águas.

A microbacia em estudo pertence à bacia do rio Branco, contemplada pelo comitê RO5, criado através do Decreto Estadual 19.061/2014, abrangendo 8 municípios, uma área de 17.702 km² e aproximadamente 43.000 habitantes (ANA, 2019).

Estudo Hidrológico

Para a realização do estudo hidrológico segundo Pinto (2017), são necessários principalmente a observação e coleta de dados medidos em campo, por meio de estações ou postos pluviométricos e fluviométricos, essa observação manutenção devem ocorrer de maneira ininterrupta ao longo do tempo para solidificação das séries históricas, tanto de

vazão, precipitação ou qualquer outro parâmetro.

Segundo Tucci *et al.* (2015), no passado o homem ocupou a bacia de maneira pouco planejada, tendo como objetivos o mínimo de custo e máximo de benefícios, com pouca ou nenhuma preocupação com a preservação do meio ambiente, posteriormente com o aumento da população os prejuízos ficaram mais evidentes, surgiu a necessidade de medidas preventivas que minimizem os danos ao meio ambiente, até os anos de 1970 essa preocupação era na escala da bacia hidrográfica, atualmente o problema está na escala globalizada devido aos potenciais efeitos das modificações no clima, a complexidade cresceu devido a diminuição da disponibilidade hídrica.

Histórico do Estudo Hidrológico

A água e os corpos hídricos sempre estiveram presentes na história da humanidade, para Pimentel (2017), influenciaram em diversas atividades e etapas do desenvolvimento dos povos antigos, pois a água é um elemento básico para a garantia da vida e para o desenvolvimento humano, foi um elemento presente desde o início dos primeiros registros da vida humana e seu desenvolvimento, influenciando o desenvolvimento socioeconômico, a migração de contingentes humanos, a ocupação e a fixação do homem, o surgimento de aglomerados humanos, cidades, e também, tecnologias, conflitos e o meio ambiente.

Segundo Stevaux e Latrubesse (2017), a civilização humana buscou montar seus assentamentos em regiões com disponibilidade e acesso a água, destacam a agricultura e a comunicação como atividades que mais necessitavam do conhecimento sobre o comportamento das variáveis hídricas, como a precipitação e o nível de água dos rios, egípcios já coordenavam as águas do rio Nilo para irrigação e controle de enchentes, a Pedra de Palermo de 2800 a.C., que contém mais de 5 décadas de leitura contínuas do nível deste rio, sendo considerada a mais antiga publicação hidrológica.

São rotineiras as citações as sociedades antigas da região Ásia e do Oriente Médio, são povos que possuíam registros e puderam transmitir seus estudos e conhecimentos, são recorrentes as indicações sobre os povos da Mesopotâmia os sumérios e babilônios, assim

como do Egito, da China, com menções a Índia. Estudos mostraram que na China antiga, entre 1.200 e 1.000 a.C., já possuíam dados de observações pluviométricas, bem como instrumentos para quantificar as chuvas. Em 200 a.C. já se observam registros sistemáticos das precipitações” (Pimentel, 2017).

Para que a hidrologia se desenvolvesse, os métodos empíricos precederam em muito o tratamento teórico-matemático e suas principais equações. No século IV e III a.C. filósofos gregos especularam teorias dos fenômenos hidrológicos, baseadas em fundamentações filosóficas e místicas com pouca observação de campo. A idade média retardou ainda mais o desenvolvimento da ciência hidrológica, só depois na renascença, Leonardo da Vinci talvez o maior estudioso do assunto na época, elaborou cartogramas com representação de relevo fazendo observações sobre a formação de canais e modificações do fluxo ao longo de sua extensão. Mesmo que não realizados, os projetos de Da Vinci mostravam profundo conhecimento em hidrologia e hidráulica (Stevaux; Latrubesse, 2017).

A noção de bacia hidrográfica apareceu no período renascentista, concebido por L. Coulon que publicou em 1644 *Les rivières de France*, posteriormente P. Buffon em 1749, definiu bacia como um conjunto de pendentes das águas que se reúnem a um rio. Estudos na região do rio Sena na França, como também País de Gales e Inglaterra consolidaram os estudos hidrológicos (Stevaux; Latrubesse, 2017).

Tratando-se do Brasil, teve início na década de 1970, uma parceria entre o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) e o *United States Geological Survey (USGS)*, para a implantação do Sistema de Informações Hidrológicas (SIH). O Sistema criou o Projeto Hidrologia, e instituiu a divisão de oito bacias hidrográfica sendo elas: Amazônica, Tocantins-Araguaia, Paraíba, São Francisco, Paraguai, Leste, Sul e Tietê-Paraná, cada uma delas subdivididas em 10 sub-bacias. Em 2017 a ANA possuía mais de 4,5 mil estações de monitoramento, e suas informações hidrometeorológicas podem ser vistas na plataforma online HidroWeb, toda a rede de monitoramento possui cerca de 21 mil unidades. Há uma escassez de informação na Região Norte do Brasil e uma concentração maior nas Regiões Sul e Sudeste (Damasceno, 2017).

Também na década de 1970, teve início a rede hidrometeorológica da Bacia Amazônica. Os trabalhos de operação e manutenção foram iniciados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, através da Superintendência Regional de Manaus, que no período era uma prestadora de serviço ao extinto DNAEE, posteriormente a atividade foi desenvolvida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e, atualmente sob controle da ANA (Damasceno, 2017).

Balanço Hídrico

O balanço hídrico ou estudo hidrológico é fundamental para o desenvolvimento de diversas atividades, a hidrologia aplicada busca soluções para os diferentes problemas envolvidos na utilização dos recursos hídricos, assim como também a preservação do meio ambiente e a ocupação ordenada da bacia. Durante os estudos diversos aspectos são observados, a disponibilidade hídrica, planejamento, operação e gerenciamento dos recursos hídricos, por conseguinte os hidrologistas normalmente são envolvidos em projetos voltados para o aproveitamento hidrelétrico, abastecimento de água, irrigação, regularização para navegação, é importante observar a ainda, o impacto do homem sobre a bacia com a degradação do meio ambiente e o impacto do meio sobre o homem através de enchentes, secas e outros desastres ambientais (Tucci *et al.*, 2015).

Para Moraes (2016) adaptado de WWAP (2015), é relevante que se tenha um equilíbrio na utilização dos recursos, é importante se atentar para a relação entre a demanda e a disponibilidade para que não ocorram déficits ou conflitos, a bacia hidrográfica é composta por um sistema heterogêneo e complexo de interações antrópicas e naturais, que se desenvolvem dentro de seus limites, dessa forma as interferências devem ser responsáveis e respeitadas.

Como atividade estratégica para o gerenciamento dos recursos hídricos, a Agência Nacional de Águas, investe na avaliação da disponibilidade juntamente com as demandas levantadas pelos diversos usos da água. Da atividade desenvolvida pela agência o principal produto é o balanço hídrico, material que é divulgado no Plano de Bacias. O Balanço hídrico,

entre a oferta e produção de água, das demandas quantitativas como as retiradas e das qualitativas como o lançamento de efluentes, contribuem para a elaboração do diagnóstico das bacias brasileiras (Conceição *et al.*, 2013).

Ainda de acordo com Conceição *et al.* (2013), para o desenvolvimento de políticas públicas efetivas, com o objetivo de minimizar os conflitos de interesse em zonas rurais, é requisito que se conheça, além do ciclo hidrológico as correspondências e as relações entre o balanço hídrico e os usos consuntivos.

A água é primordial a sustentação da vida, assim como também ao desenvolvimento de forma direta ou indireta de todas as atividades humanas, precisamos de água para abastecimento público, produção industrial, agricultura e pecuária, navegação, recreação, geração de energia elétrica, manutenção de questões ambientais e saneamento. A união entre aumento populacional e desenvolvimento econômico, reivindicam cada vez mais acesso a água, essa deve ser encarada como um bem de valor econômico. Para que seja possível determinar a oferta hídrica ou vazão disponível para o uso em diversos projetos, devem ser consideradas algumas variáveis como: chuva, água superficial proveniente de rios e lagos, água subterrânea e a água doce poluída. Para obtenção destas informações é primordial conhecer as regras do ciclo hidrológico da região objeto de estudo, uma vez que as diferenças climáticas ao redor do planeta afetam as variáveis (Zuffo; Zuffo, 2016).

A respeito do balanço hídrico Liberato e Brito (2010), descrevem sobre a sua realização que pode ocorrer na atmosfera, no solo e no sistema terra-atmosfera. As condições hídricas de um local tendem a permanecer sem muitas modificações ou alterações naturais, porém com o crescimento demográfico e o uso desordenado da água, as atitudes humanas interferem no ciclo hidrológico afetando o volume de precipitação, de infiltração no solo, da evapotranspiração e dos escoamentos superficiais e profundos.

Estudos mostram uma tendência, de clima mais seco que o atual na Amazônia Ocidental, ocasionado pela redução da umidade na atmosfera e do solo cada vez mais descoberto, e uma redução na vazão dos rios aumentando risco de incêndios e secas severas. A tendência é que o clima da parte leste da Amazônia Ocidental e dos estados de Rondônia e Acre, se torne subúmido ou subúmido seco devido ao aumento do grau de aridez da região (Liberato; Brito, 2010, p. 179).

Balanço de Vazões e Volumes

Os dados de volumes gerados ou disponíveis em determinado corpo hídrico pode ser determinado por diversos meios, pequenos cursos d'água permitem leituras diretas ou por vertedouros, rios maiores diante da inviabilidade das leituras diretas ou *in loco* sejam diretas ou por instrumentos, faz-se o uso de estimativas de vazão por equações de curva-chave, uma vez que “o nível d'água é considerado uma variável de fácil medição e de baixo custo, enquanto que a vazão, ao contrário, é uma variável de difícil obtenção e de alto custo, pois necessitam de profissionais capacitados, equipamentos e de tempo para a sua coleta/determinação” (Maldonado; Gamaro, 2013, p. 2). Segundo Correntino (2011), para se construir uma equação de curva-chave, deve-se escolher uma determinada seção do córrego, instalar uma régua linimétrica, e relacionar a altura lida na régua com os volumes de vazão, posteriormente é traçada a curva que melhor representa os valores lidos e calculados, analisando os desvios e erros entre os valores com tolerância de erro inferior a 10%.

A validade de uma curva-chave em canais naturais não é perpétua, sendo alterada sempre que houver alterações na seção medidora, ou nas réguas e equipamentos, assim como o “passar dos anos ou por fatores externos, como desmatamentos, barragens, enchentes, etc” (Correntino, 2011, p. 45).

Ainda de acordo com Correntino (2011), para consistência das equações de curva-chave, a Agência Nacional de Águas, recomenda que a série analisada tenha um histórico de 15 anos, onde todos os níveis máximos e mínimos, e suas vazões correlacionadas estão presentes, as principais causas para divergências nos resultados oferecidos por uma curva-chave são: Volume reduzido de dados deixando a relação cota-descarga mal definida ou com erros; Poucas medições para níveis mínimos e máximos, prejudicando a compreensão dos fenômenos críticos de secas e cheias.

De acordo com Marcuzzo (2015), é importante verificar a validade das equações, podendo ser “necessário estabelecer mais de uma curva-chave para o intervalo de cotas observado ao longo da série, a fim de melhorar a representação dos dados medidos”. As curvas podem variar no decorrer do tempo, uma vez que ocorrem alterações no leito

do rio modificando sua seção e suas características hidráulicas e geométricas. “Com isso observa-se a grande importância da realização contínua das medições de profundidade e vazão ao longo dos anos, mantendo a validade da curva-chave para possível utilização no planejamento hídrico da bacia” (Marcuzzo, 2015, p. 2).

Maldonado e Gamaro (2013), relatam que longo prazo devido às alterações nas características da seção, assim como falta de atualização dos dados da curva ou sua elaboração com poucos dados, pode apresentar problemas principalmente, “durante a ascensão do nível d’água, a curva-chave indica valores inferiores ao real e durante o descenso do nível d’água, a curva-chave indica valores superiores ao real” (Maldonado; Gamaro, 2013, p. 2).

De acordo com Maldonado e Gamaro (2013), pode ocorrer das seções e pontos em estudo apresentarem “histerese”, situação a qual não ocorre relação linear entre o aumento do nível e aumento da vazão, ou quando um mesmo nível pode apresentar mais de um dado de vazão e a relação não é biunívoca. Para Marcuzzo (2015) a consolidação da curva-chave é difícil quando não ocorre biunivocidade, onde em situações extremas de cheia ou de vazante, um mesmo nível pode resultar em diferentes vazões.

A realização dos estudos hidrológicos e do balanço de vazões e volumes se faz necessário para a gestão seja qual for o uso destinado às águas, quando se trata da geração de energia por meio de PCHs que são empreendimentos de uso a longo prazo, estas ferramentas são imprescindíveis.

Pequenas Centrais Elétricas – PCH

De acordo com Filho *et al.* (2011), o desequilíbrio entre o consumo e a oferta de energia, associado ao sucateamento das redes de transmissão, a falta de investimento e entrada de novas concessionárias do setor, o Brasil viveu uma crise energética em 2001, com a crise o Ministério de Minas e Energia (MME), interveio para garantir condições para que investimentos privados fossem realizados em novas unidades geradoras, de forma rápida e eficiente ressurgiram as micro e pequenas centrais elétricas, com as mudanças institucionais e a diminuição das barreiras, ocorreu um incentivo para pequenos e médios

empreendedores, para que estes projetos menores atendam às regiões mais afastadas e as originadas da expansão agropecuária.

Em relação aos empreendimentos tradicionais de grande porte, micro e pequenas centrais trazem algumas vantagens como, menor impacto ambiental e social, devido a sua característica de pequenos ou nenhum reservatório, funcionando a fio d'água, possibilita a instalação em local próximo ao consumo, podem atender a centros isolados, podem gerar somente em horários de pico, otimizando o sistema e também levam menos tempo de construção. Como desvantagens são apontadas, a precariedade na regularização da vazão sujeitando a geração ao regime hidrológico do rio e, para que ocorra geração contínua é necessária uma sofisticação dos equipamentos, que pode elevar os custos de instalação e operação (Ferreira *et al.*, 2013).

Dentre as alternativas de geração de energia elétrica Albarello (2014), destaca as Pequenas Centrais Hidrelétricas PCH, como usinas geradoras de energia, de pequeno porte, empregadas principalmente em rios ou canais de tamanho médio ou pequeno, que apresentem em seu curso desníveis, com capacidade de fornecer potência hidráulica mínima para acionar os rotores das turbinas e de modo consequente, gerar energia. Em uma comparação abreviada as PCHs, possuem algumas vantagens econômicas e ambientais em relação às Usinas Hidrelétricas de Energia UHEs, tais como: Por serem menores se adaptam com mais facilidade nos pequenos cursos d'água, e necessitam de projetos mais simples; Menor prazo de implantação; Menores impactos ambientais; Menos burocracia na implantação requerendo apenas autorização da ANEEL.

De acordo com Albarello (2014), a política de incentivo à implementação e construção de PCHs teve início a partir do ano de 1997, com a extinção do monopólio estatal no setor energético, desse período até 2014 foram investidos mais de R\$ 1 bilhão no setor. No sistema brasileiro as Pequenas Centrais Hidrelétricas são classificadas de acordo com a capacidade de regularização: A fio d'água; Acumulação diária com regularização diária do reservatório; Acumulação diária com regularização mensal do reservatório. Classificam-se também quanto ao potencial de geração podendo atingir até 30 MW.

De acordo com a ANEEL (2003), em seu Manual para empreendedores, as PCHs, representam, uma maneira rápida e eficaz de promover a expansão da oferta

de energia elétrica, para atender a demanda apresentada pelo no mercado nacional. Estes empreendimentos facilitam o atendimento dos pequenos centros urbanos e rurais, complementando o fornecimento do sistema interligado. Desta forma o governo simplificou os processos de autorização e outorga, como também concedeu diversos benefícios aos futuros empreendedores como forma de estímulo aos investimentos.

Para que os potenciais hidráulicos sejam aproveitados, ocorrem uma série de implicações legais e administrativas, uma vez que os cursos d'água são bens da União, mesmo simplificados são necessários inventários hidrelétricos com avaliação do potencial de geração, o aproveitamento ótimo considera além das questões energética também as medidas para minimizar os impactos observados, priorizando o uso múltiplo dos recursos. O modelo de geração por PCH possibilita que qualquer empreendedor pode realizar estudos de inventários de potenciais hidráulicos em uma bacia hidrográfica, assim como também construir e operar, diferentes das UHEs em que é preciso um processo licitatório para a instalação e operação, nos dois casos observa-se que os cursos d'água são bens da União, a geração de energia elétrica é considerada uma atividade de interesse público (ANEEL, 2003).

De acordo com Prado (2013), esse tipo de empreendimento é viável como uma solução ao problema energético na região, porém diversos fatores devem ser observados, principalmente os relacionados às questões ambientais e as comunidades locais.

Devido à necessidade por energia elétrica, fontes renováveis e menos danosas ao meio ambiente, as PCHs - Pequenas Centrais Hidrelétricas se tornaram alternativa viável para solução destes problemas no estado de Rondônia, em especial para região da Zona da Mata, em que se encontra o município de Alta Floresta do Oeste. Apesar dos diversos benefícios trazidos com as PCHs Alta Floresta, Ângelo Cassol e Rio Branco, deve ser feita uma análise minuciosa das referidas obras, com intuito de preservar a biodiversidade animal e vegetal existentes em seu entorno, assim como manter os proprietários e populações atingidas pelo rio, sem impactos que sejam prejudiciais às suas atividades de trabalho e/ou culturais (Prado, 2013, p. 20).

Prado (2013), sugeriu para a região do município de Alta Floresta, a implementação de projetos para minimizar os danos nas áreas afetadas pelos projetos, e que os *royalties* gerados permaneçam no local através do Comitê de Bacia, onde os atores do processo pudessem buscar as melhores soluções para a região.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

Metodologia

Para a concretização dos objetivos propostos no projeto além da realização da consulta bibliográfica, também foram utilizados dados de satélite como as imagens e os modelos digitais de elevação (MDE), para o tratamento dos dados foi utilizado o software de processamento de imagens Qgis, em sua versão 3.4 (Madeira) e suas diversas ferramentas de acordo com os objetivos do projeto.

Delimitação das Características Fisiográficas da Bacia

Para a obtenção das características fisiográficas da bacia em sua totalidade foram utilizados dois Modelos Digitais de Elevação (MDE), de acordo com o Quadro 1. Os dados de elevação foram obtidos do site *EarthExplorer (USGS)*.

Quadro 1 - Modelos Digitais de Elevação Utilizados.

MDE	ID	Data	Resolução	Coordenadas
1	SRTM1S12W063V3	11/02/00	1-ARC	-12, -63
2	SRTM1S13W063V3	11/02/00	1-ARC	-13, -63

Fonte: autores, adaptado de USGS, 2019.

Posteriormente os modelos foram analisados e tratados por meio do programa de

geoprocessamento Qgis em sua versão estável 3.4, do qual através de suas ferramentas (*plugins*) se obtiveram diversas informações gráficas da bacia como demonstrado no quadro 2.

Quadro 2 - Plugins e resultados no Qgis 3.4 para fisiografia da bacia.

Qgis 3.4 (Madeira)		
Dado de Entrada	Plugin	Resultados
Modelo Digital de Elevação	<i>r.watershed</i>	Rede de Drenagem (<i>Stream Segments</i>); Direção de Drenagem (<i>Drainage Direction</i>)
<i>Drainage Direction</i>	<i>r.water.outlet</i>	Bacia Delimitada

Fonte: autores, 2020.

De posse das informações iniciais fornecidas pelo programa de geoprocessamento, depois de delimitada a área de estudo obteve-se os atributos mais relevantes como: Ordem da Bacia, Fator de forma (F); Índice de Compacidade (Kc); Índice de circularidade (Ic); Índice de Sinuosidade (Is) e Densidade Hidrográfica (Dh).

a) Ordem da Bacia:

A Ordem da Bacia é o índice de ramificação do rio principal da bacia. Segundo Strahler (1952) *apud* Stevaux e Latrubesse (2017), todos os trechos de nascente recebem o número 1, quando 2 trechos de ordem 1 se encontram, o trecho a jusante toma o número 2, só mudando para 3 se encontrar outro trecho de mesma ordem assim sucessivamente. De acordo com Shreve (1966) ordena-se pelo número de bifurcações presentes, representado pelo total de rios de primeira ordem.

b) Fator de Forma (Ff):

O Fator de Forma compara a forma da bacia com um retângulo, através da relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (Lm), sendo;

$$Lm = \frac{A}{Cb} \quad (1)$$

Onde: Lm: Largura Média; A: Área e Cb: Comprimento Axial da Bacia.

$$Ff = \frac{Lm}{Cb} \quad (2)$$

Onde: Ff: Fator de Forma; Lm: Largura Média; Cb: Comprimento Axial da Bacia.

c) Índice de Compacidade (Kc):

Relaciona a forma da bacia com um círculo, sendo calculado pela relação entre o perímetro da bacia hidrográfica (P) e a circunferência com área igual à da bacia. Em bacias circulares as águas atingem quase que simultaneamente o leito do rio, provocando as enchentes. Quanto mais próximo de 1, maior será a propensão da bacia a enchentes.

$$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (3)$$

Onde: Kc: Coeficiente de Compacidade; P: Perímetro; A: área da Bacia.

d) Índice de circularidade (Ic):

O Índice de Circularidade (Ic) tem o mesmo conceito e interpretação que o Índice de Compacidade (Kc), divergindo a equação.

$$Ic = \frac{12,57 * A}{P^2} \quad (4)$$

Onde: Ic: Índice de Circularidade; A: Área; P: Perímetro.

e) Índice de Sinuosidade (Is):

O Índice de Sinuosidade (Is) é a relação entre o comprimento do rio principal tomado em linha reta (L) e o comprimento do seu talvegue (Lt). Fator para controle de escoamento, quanto menos sinuoso maior é a velocidade de escoamento.

$$Is = \frac{L}{Lt} \quad (5)$$

Onde: Is: Índice de sinuosidade; L: Comprimento do rio Principal em Linha Reta; Lt: Comprimento do seu talvegue.

f) Densidade Hidrográfica (Dh):

Relaciona o somatório dos comprimentos dos rios ou canais com a área do local, a

densidade de drenagem exemplifica a hidrologia do local. A classificação de Strahler (1952) é descrita no Quadro 3.

$$Dh = \frac{CN}{A} \quad (6)$$

Onde: Cn: Somatório dos Comprimentos dos Canais; A: Área da bacia.

Quadro 3 - Densidade Hidrográfica.

Dh (km/km²)	Classificação
Dh < 0,5	Pobre
0,5 a 1,5	Regular
1,5 a 2,5	Boa
2,5 a 3,5	Muito Boa
Dh ≥ 3,5	Bem Drenada

Fonte: Stevaux e Latrubesse, 2017.

Ainda de acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), os valores da densidade de drenagem retratam tanto o clima quanto às condições de solo e vegetação na região, em regiões de baixa precipitação consequentemente tem pouca vegetação, o que contribui para o escoamento rápido formando canais, em regiões intermediária com precipitação em torno de 1500 mm ocorre um equilíbrio entre o precipitado e o escoado, causando uma diminuição na formação de canais, em grandes precipitações acima de 2500 mm a vegetação não é suficiente para conter o escoamento favorecendo o aumento da quantidade de canais. Quanto ao solo, em solos pouco drenantes como os argilosos é facilitado a formação de canais, em contrapartida os solos arenosos favorecem a infiltração e o escoamento subsuperficial.

g) Geologia, geomorfologia e pedologia:

Os aspectos fisiográficos como geologia, geomorfologia, vegetação e pedologia foram retirados do banco de dados do Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia - PLANAFLORO, disponibilizados pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - SEDAM e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, utilizou-se também o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBAPA, 2018), juntamente com o banco de dados do Sistema de Informação Geográfica Para Terrenos e Solos do Estado

de Rondônia – SIGTERON (Cochrane, 1998), para a caracterização pedológica. Foram analisados por meio do software Qgis, os arquivos Shapefile (.shp) e suas respectivas tabelas de atributos, que foram recortados de acordo com a abrangência da área ocupada pela bacia do rio Figueira.

Análise do Percentual de Desmatamento e Ações Antrópicas

Percentual de Floresta e Antropização

Para os cartogramas de caracterização da ocupação decenal para os anos de 1988, 1998, 2008 e 2018 foram escolhidas cenas de acordo com Quadro 4, dos meses de julho e agosto por possuírem imagens nítidas com poucas nuvens e ainda não são numerosos os focos de incêndio, foram utilizadas imagens fornecidas pela NASA, capturadas pelo programa Landsat também tratadas através do Qgis e suas ferramentas, das imagens foram utilizadas as bandas 4, 5 e 6 para o ano de 2018 (Landsat 8) e as bandas 3, 4 e 5 para os anos de 1988, 1998 e 2008 (Landsat 5) onde foram destacados e contabilizados os percentuais dos trechos de superfície com água, região antropizada e região não antropizada, de acordo com o Quadro 5. Foi utilizado o plugin *Dzetsaka* que permite a diferenciação dos pixels atribuindo-lhes características pré-estabelecidas possibilitando a caracterização.

Quadro 4 - Cenas Utilizadas Para Classificação Antrópica da Bacia.

Imagens Landsat USGS			
Ano	Satélite	Cena	Data
2018	LC08	231-068	jul/18
2008	LT05	231-068	jul/08
1998	LT05	231-068	jul/98
1988	LT05	231-068	ago/88

Fonte: autores, 2020.

Quadro 5 - Plugins e Resultados no Qgis 3.4 Para Classificação Antrópica da Bacia.

Qgis 3.4 (Madeira)		
Dado de Entrada	Plugin	Resultados
Imagem Landsat 8 (2018) bandas B4, B5 e B6, Imagem Landsat 5 (2008-1998-1988), bandas B3, B4 e B5	<i>Dzetsaka</i>	Imagem Classificada

Fonte: autores, 2020.

Para a análise do percentual de desmatamento e antropização na área da bacia, também foram utilizados dados fornecidos pelo INPE, através do Programa de Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), que disponibiliza informações em arquivos Shapefile (.shp) de 2005 ao ano de 2018, onde podem ser observados as mudanças da cobertura vegetal e a transformação das florestas em regiões antropizadas. Os percentuais de antropização de 2005 foram comparados com as informações do ano de 2018, para que se possa observar sua progressão, as informações foram tratadas por meio do software Qgis onde a área da bacia foi recortada do shape original possibilitando a classificação e geração das imagens. Foram contabilizadas áreas com a presença de florestas e áreas antropizadas nos dois anos em estudo.

Cálculo do Coeficiente de Deflúvio

Após os cálculos dos valores e percentuais relacionados a cobertura de floresta e área de antropizada, juntamente com as informações pedológicas do Planaflo e CPRM obtidas no item 3.2, alínea g), foi possível obter o coeficiente de infiltração ou número de armazenamento CN.

Quadro 6 - Classificação de solos SCS (1972).

Grupo	Classificação
Grupo A	Solos com baixo potencial de deflúvio. Inclui areias em camadas profundas, com muito pouco silte ou argila, inferior a 8%.
Grupo B	Solos arenosos com camadas menos profundas que as do tipo A e com maior teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. Este grupo de solo em seu todo, tem uma capacidade de infiltração acima da média
Grupo C	Solos argilosos com teor total de argila de 20% a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras, até a profundidade de 1,2 m. No caso das Terras Roxas, estes dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5 m. Os solos do grupo C possuem baixa taxa de infiltração quando completamente úmidos.
Grupo D	Solos argilosos, com 30% a 40% de argila total, com camada densificada a uns 50 cm de profundidade e quase impermeável. São solos com elevado potencial de escoamento e baixa taxa de infiltração

Fonte: Tucci et al. 2015, adaptado de SCS, 1972.

A agência norte americana *Soil Conservation Service - SCS (1972)*, separou em seu método 4 grupos hidrológicos de solos. Em uma adaptação do método para o Estado de São Paulo, classificou 4 tipos de solos como apresentado no Quadro 6, mesmo adaptada para as condições do Estado de São Paulo a classificação permanece bastante geral e poderá ser aplicada a outras regiões do Brasil (Tucci *et al.*, 2015).

Os tipos de solos ABCD são relacionados com os tipos de cobertura vegetal ou tipo de uso do solo que podem ser: Arado quase sem cobertura Vegetal; Cultivos de ciclo curto e arações frequentes; Cultivo de ciclo médio, arações anuais; Semeação densa ou a lanço, cobertura curta, mas densa, como a das leguminosas e dos pastos em rodízio; Pastagem velha com arbusto; Mata, capoeira velha; Gramados tratados; Estradas de terra e Sulcos retos. Com a relação das informações no entre a classe de solo e os tipos de cobertura demonstradas no Quadro 1 do (ANEXO I) resumido no Quadro 7, obtém-se o CN para utilização no método da Curva Número (*Curve Number*), SCS (1972) adaptado por Tucci *et al.* (2015).

Quadro 7 - Resumo do Quadro I, Anexo I.

Cobertura Vegetal ou tipo de uso do solo.	Defesa contra a erosão	Situação hidrológica da infiltração	Grupo hidrológico do solo				
			A	B	C	D	E
Pastagem velha com arbusto (Antropizado)	*	Más	65	70	78	85	90
	*	Médias	60	66	75	82	87
	*	Boas	56	62	72	79	84
	C	Más	55	62	70	78	86
	C	Médias	42	59	67	75	85
	C	Boas	50	56	64	72	79
Mata, capoeira velha	C	Más	32	40	55	67	76
	C	Boas	18	25	42	58	70

Fonte: Tucci *et al.* 2015.

Na bacia foram classificados solo em três categorias B, C e D, onde para compatibilização com o Quadro I (Anexo I), as áreas antropizadas foram classificadas como “pastagem velha com arbusto”, e a áreas de florestas classificada como “mata, capoeira velha”. Devido à variedade de solo e cobertura, os valores iniciais de CN foram ponderados pelos seus percentuais de área tanto do solo quanto da cobertura presente, buscou-se relacionar as áreas hidrologicamente homogêneas, separando em percentuais os trechos

que apresentavam a mesma classe de solo e cobertura.

Os dados fornecidos no Quadro 1 (Anexo I) são para a condição de umidade II, valores que devem ser adaptados para as outras duas condições de umidade antecedente do solo Quadro 7. Para obtenção de valores através da Curva Número (CN), o método do SCS (1972) distingue 3 condições de umidade antecedente do solo:

Quadro 8 - Condições de Umidade para CN.

Condição	Classificação
Condição I	Solos secos - as chuvas nos últimos 5 dias não ultrapassam 15mm.
Condição II	Situação média na época das cheias - as chuvas nos últimos 5 dias totalizaram entre 15 e 40 mm.
Condição III	Solo úmido (saturação) - as chuvas nos últimos 5 dias superiores a 40mm e as condições meteorológicas foram desfavoráveis a altas taxas de evaporação.

Fonte: Bellinaso e Schneider, 2017; adaptado de SCS, 1972.

De acordo com as condições anteriormente citadas os valores são obtidos com as equações a seguir:

$$CN (I) = \frac{4,2 * CN II}{10 - 0,058 * CN II} \quad (7)$$

$$CN (III) = \frac{23 * CN II}{10 + 0,13 * CN II} \quad (8)$$

Valores para a infiltração nas três condições.

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad (9)$$

Onde: S: Infiltração; CN: Condição adotada I, II ou III.

De posse dessas informações podemos simular o escoamento para uma precipitação qualquer.

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \quad (10)$$

Onde: Q: Escoamento efetivo; P: Precipitação; Ia: Perda inicial (S/5); S: Armazenamento (Infiltração).

Realização do Balanço de Vazões e Vazão Específica

Para a determinação das médias mensais de nível, vazão e vazão específica foram utilizados dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas, por meio de sua rede de monitoramento hidrometeorológico e estações fluviométricas, localizadas a jusante das PCHs instaladas no rio Figueira e Rio Branco relacionadas no quadro 8.

Foram escolhidos para estudo os meses de março, junho, setembro e dezembro para que fosse representado cada trimestre do ano hidrológico, março com a cheia, junho com a vazante, setembro com a seca e dezembro com a enchente. Foram quantificados os níveis médios mensais para cada estação entre os anos de 2016 e 2019.

Quadro 9 - Estações Utilizadas.

Estação (HidroWeb)		
Estação	Descrição	Coordenadas
15170200	PCH Cachoeira Cachimbo Alto Jusante	11°55'37.89"S 62° 8'54.14"O
15170700	PCH Rio Branco Jusante	11°54'22.40"S 62°11'3.10"O
15171100	PCH Saldanha Jusante	11°57'23.50"S 62°10'53.20"O

Fonte: autores, 2020.

As estações da região são recentes e não possuem uma série histórica longa, nem apresentam dados de vazão para todos os períodos no intervalo de 2016-2019, desta forma foi necessário a utilização das equações de curva-chave, para sua elaboração foram utilizados os dados dos períodos disponíveis, fornecidos pela Agência Nacional de Águas através do portal HidroWeb resumidos no Quadro 10, foram extraídas as equações de curva-chave mais adequada para cada uma das estações analisadas, sendo escolhidas as equações com o maior grau de correspondência R^2 .

Quadro 10 - Quadro Resumo dos Dados Analisados.

Estações	Intervalos			
	Código	Data	Nível (cm)	Vazão (m³)
Rio Branco	15171100	10/05/2019	124	10,610
		21/10/2018	473	819,810

Cachoeira Cachimbo	15170200	10/12/2017	31	0,200
		16/11/2016	159	49,830
Saldanha	15170700	10/05/2019	32	1,960
		03/10/2018	228	542,530

Fonte: autores, 2020.

Posteriormente com as equações de curva-chave e com os níveis médios mensais para cada estação, foram estimados os valores de vazão média mensal, foram calculadas médias para os meses de março, junho, setembro e dezembro, para os anos de 2016, 2017, 2018 e 2019.

Para a vazão específica como apresentado anteriormente por Tucci (2015), foi calculada através da razão entre a vazão obtida em m³ pela área e m², sendo a capacidade de produção de água e escoamento de uma bacia, dado fundamental para o planejamento e gestão de empreendimentos e usos múltiplos.

$$Ve = \frac{V}{A} \quad (11)$$

Onde: Ve a vazão específica; V a vazão em m³; A área em km².

Após os cálculos dos volumes de vazão, foram calculadas a relação entre área e vazão a montante dos pontos estudados de acordo com a equação 11, os dados obtidos foram comparados entre os pontos analisado no Complexo Figueira P3, com dados de área e vazão da Pch Cachoeira Cachimbo Alto P2, com os dados da estação Rio Branco P1, que engloba a área das duas regiões, de acordo com o Quadro 11.

Quadro 11 - Pontos Relacionados Para Vazão Efetiva.

Pontos de Coleta e Referência		
Ponto	Descrição	Área (km ²)
P1	PCH Rio Branco Jusante (15170700)	2022,72
P2	PCH Cachoeira Cachimbo Alto Jusante (15170200)	1406,448
P3	PCH Saldanha Jusante (15171100)	552,235

Fonte: autores, 2020.

Além das informações disponibilizados pela ANA, também foram trabalhados dados coletado *in loco*, nos anos de 2015 e 2016 para os pontos P1, P2 e P3, com os

valores obtidos nas coletas relacionados com as áreas já calculadas obteve-se a vazão específica das áreas estudadas. Os valores coletados são referentes a leitura para um dia, diferentemente dos parâmetros anteriores que foram trabalhados com base em médias mensais.

As leituras já contemplavam nível e vazão, que foram relacionados com as respectivas áreas para vazão específica. Os valores obtidos a partir das leituras realizadas foram comparados com os oferecidos pelas estações fluviométricas automáticas.

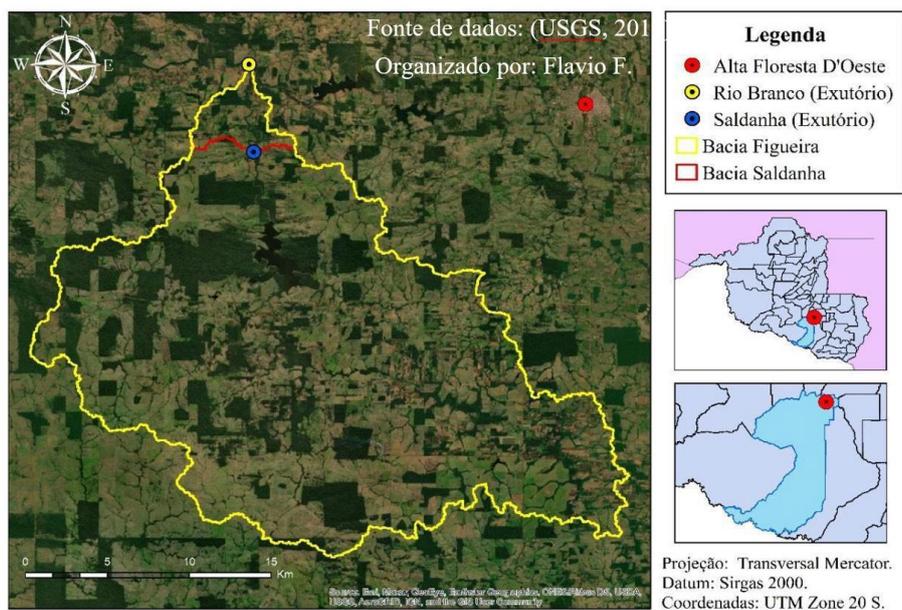
Posteriormente os dados de nível lidos *in loco*, foram utilizados para estimar a vazão por meio de curva chave em cada uma das três estações analisadas, os resultados obtidos foram comparados com as vazões obtidas por meio das leituras, um percentual de erro foi extraído entre os resultados do comparativo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sub-bacia em estudo está localizada no município de Alta Floresta D' oeste, zona da mata rondoniense, tendo exutório na foz do rio Figueira com o rio Branco nas coordenadas 11°54'26.20"S e 62°10'57.02"O, como mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Localização da Sub-Bacia do Rio Figueira.



Fonte: autores, 2020.

Características Fisiográficas da Bacia

Após o processamento feito por meio dos Qgis e suas ferramentas, diversos parâmetros fisiográficos foram extraídos para o trecho em estudo de acordo com o Quadro 12, em sua maioria valores obtidos de maneira direta. Dos dados fornecidos no quadro abaixo apenas o valor da largura média (Lm) foi calculado, sendo obtido através de equação

relacionando a área (A) e comprimento (C) da bacia de acordo com a equação (E. 1), a largura média obtida por meio de equação é mais adequada a bacias com um formato mais irregular e com presença de estreitamentos (Stevaux; Latrubesse, 2017).

Quadro 12 - Características Iniciais da Bacia.

Parâmetro	Unidade	Valor
Área	Km ²	568,971
Perímetro	Km	204,525
Largura Média	Km	13,866
Comprimento do Rio Principal em Linha Reta	Km	41,600
Comprimento Axial da Bacia	Km	41,031
Comprimento do Talvegue	Km	51,540
Comprimento dos rios	Km	344,307
Número de Rios	Und	162

Fonte: autores, 2020.

Após as informações iniciais, outros fatores puderam ser obtidos a partir das correlações entre os parâmetros e equações anteriores, dentre eles os demonstrados a seguir no Quadro 13, características que contribuem para a compreensão da relação entre a bacia, sua forma, hidrografia e comportamento diante da precipitação e cheia.

Quadro 13 - Principais Informações morfométrica.

Parâmetro	Valor
Fator de Forma (Kf)	0,338
Índice de Compacidade (Kc)	2,401
Índice de Circularidade	0,171
Índice de Sinuosidade	0,807
Declividade do Rio Principal (m/km)	4,85
Densidade Hidrográfica (Dh) (km/A)	0,605

Fonte: autores, 2020.

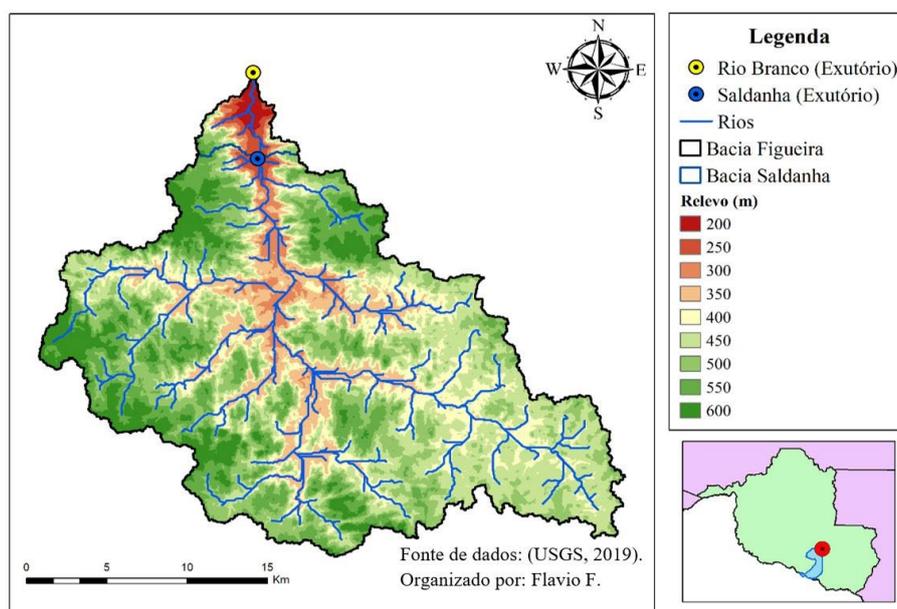
De acordo com a morfometria apresentada no Quadro 13, a região apresenta um fator de forma de 0,338 (Eq. 2) mais próximo de 0 que de 1, representando uma bacia mais para alongada demonstrando menor suscetibilidade a picos de cheia, onde o canal principal leva mais tempo para coletar a água dos rios tributários. Da mesma maneira um índice de compacidade de 2,4 (Eq. 3), distância a bacia de um formato circular representada por um Kc próximo de 1, a morfologia apresentada nos dois coeficientes Kf e Kc relacionam a área com a forma mais alongada e menos propícia a picos de cheia (Stevaux; Latrubesse, 2017).

De acordo com Ferreira *et al.* (2010), o índice de circularidade que na bacia foi calculado em 0,171 (Eq. 4), classifica a forma da bacia como alongada, confirmando os coeficientes de compacidade (K_c) e o fator de forma (K_f) apresentados anteriormente. Seu valor se distancia da unidade, demonstrando um menor risco para fenômenos de cheias em condições normais de pluviosidade anual.

O índice de sinuosidade (S) de 0,807 (Eq. 5), foi obtido através da relação entre os comprimentos do rio principal em linha reta e o comprimento do talvegue. O índice S de 0,8 representa uma área de considerável declividade, uma vez que quanto menor o valor de S menor será a declividade da bacia (Ferreira *et al.*, 2017).

A figura 7 apresenta um resumo da distribuição do relevo na área da bacia, onde as cotas mais baixas em tons de vermelho demonstram os canais e fundos de vale, os tons mais esverdeados representam os pontos mais altos do topo dos talvegues e divisores de água, considerando o comprimento do rio principal de 51,54 km, e uma variação da altitude de 450 m no extremo sul e 200m ao norte, a declividade fica em torno de 4,85 m/km.

Figura 7 - Cartograma Hipsométrico.

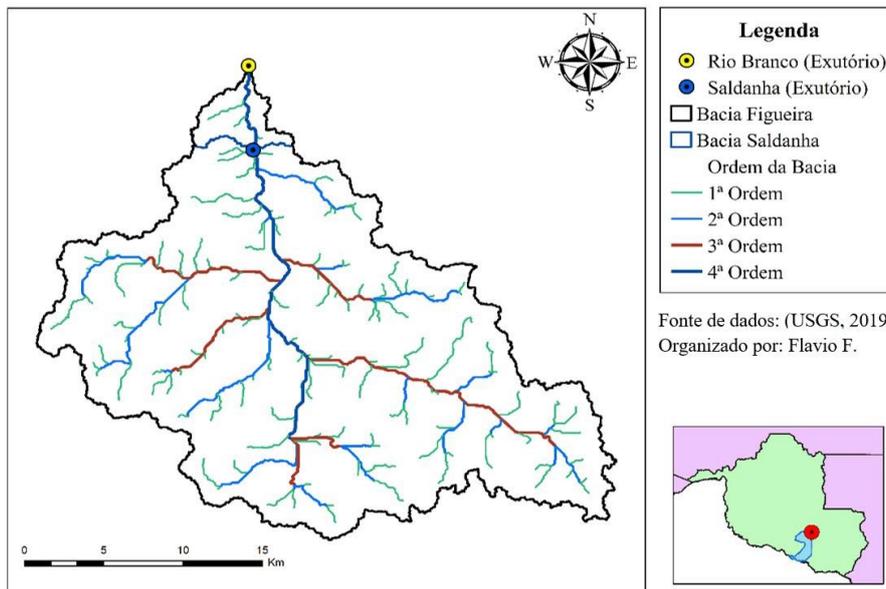


Fonte: autores, 2020.

A densidade hidrográfica demonstrada na figura 8, calculada (Eq. 6, p. 41), apresentou 0,605 km de rios por km^2 de área, de acordo com Stevaux e Latrubesse (2017), no Quadro 3, p. 41, representa uma área regularmente drenada com valor maior que 0,5

(km/km²) e menor que 1,5 (km/km²), fatores como a geologia, pedologia e distribuição da precipitação influenciam diretamente na distribuição da drenagem (Stevaux; Latrubesse, 2017).

Figura 8 - Densidade Hidrográfica e Ordem da Bacia.



Fonte: autores, 2020.

A ordem dos rios da bacia também é um retrato importante para o estudo, demonstrando a complexidade da distribuição espacial de seus corpos hídricos ao longo da bacia. De acordo com a figura 8, a bacia em estudo apresentou uma relação de 4ª ordem para o método de Horton (1945) e Strahler (1952). De acordo com Shreve (1966), a ordem da bacia deriva do número de bifurcações representado pelo total de rios de primeira ordem, como demonstrado no Quadro 14, a área possui 132 corpos hídricos de primeira ordem (Stevaux; Latrubesse, 2017).

Quadro 14 - Distribuição dos Rios na Bacia.

Ordenação	Número	Comprimento (km)
1- Ordem	132	187,117
2- Ordem	23	74,989
3- Ordem	6	52,195
4- Ordem	1	30
Totais	162	344,301

Fonte: autores, 2020.

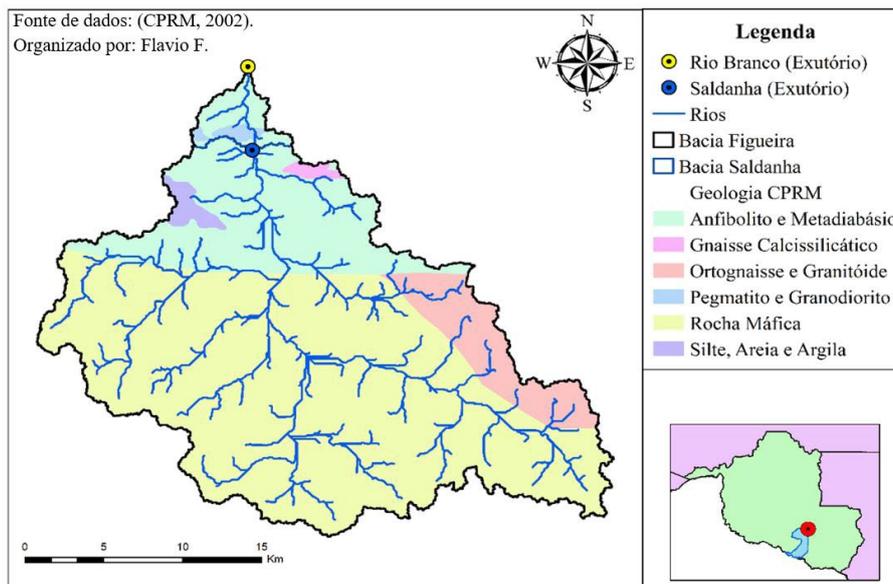
Planaflo e CPRM

Com o material oferecido pelo Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia – PLANAFLO (Rondônia, 2002), complementado pelo conteúdo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018), juntamente com indicadores do Sistema de Informação Geográfica Para Terrenos e Solos do Estado de Rondônia – SIGTERON (Cochrane, 1998), a bacia foi classificada quanto à geologia, geomorfologia e pedologia.

Geologia

Na figura 9 pode-se observar que, a área abrangida pela sub-bacia do rio Figueira conta com a presença de pelo menos seis principais formações geológicas, grande parte da área é ocupada pela rocha máfica da unidade Granito Alto Saldanha, seguidos na porção norte pela presença de anfibolito e metadiabásio, a porção sudeste é composta por ortognaisse e granitóides da unidade São Felipe, mais nordeste em um pequena área conta com a presença das rochas como gnaisse calcissilicático da unidade Rio Branco, pegmatito e granodiorito, assim como também uma pequena região composta por significativa quantidade de silte, areia e argila.

Figura 9 - Geologia.

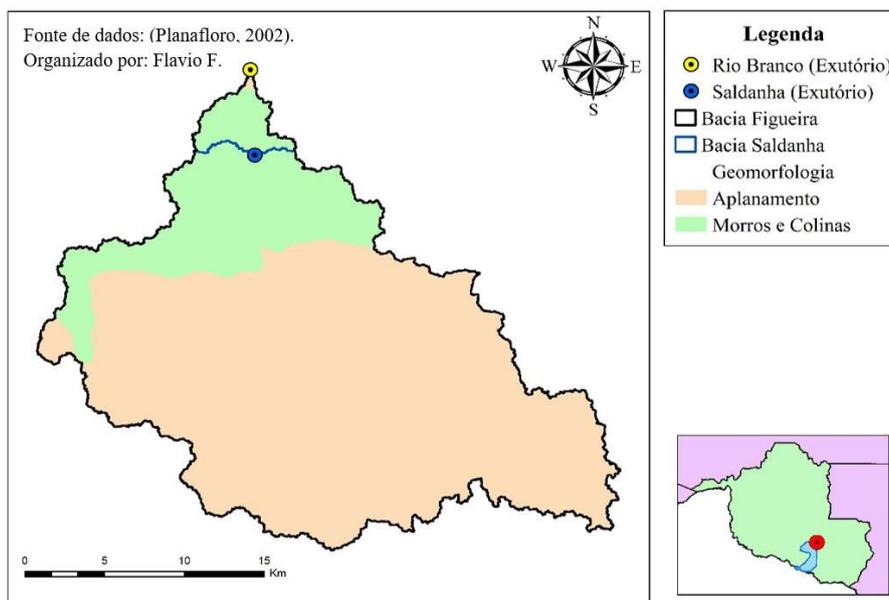


Fonte: autores, 2020.

Geomorfologia

De acordo com o mapeamento realizado pelo projeto Planaflo (Rondônia, 2002), a bacia do rio Figueira encontra-se sobre as seguintes unidades geomorfológicas cartografadas: Planalto dos Parecis Chapada dos Parecis e Planalto Dissecado dos Parecis; Depressão Interplanáltica da Amazônia Meridional; Depressão do Guaporé (superfícies pediplanadas e relevos residuais) e Planícies e Pantanaís do Médio e Alto Guaporé (Planícies e afluentes do rio Guaporé e Pantanaís do Médio Guaporé). Localizadas nas folhas Porto Velho (livro 16) e Guaporé (livro 19), conforme pode se observar na figura 10. Do ponto de vista de subunidades geomorfológicas, a área da bacia em estudo enquadra-se em sua porção norte Agrupamentos de Morros e Colinas, de tipologia aberto com colinas ou denso com colinas; e Agrupamentos de Morros e Colinas com Controle Estrutural, apresentando agrupamentos densos e abertos.

Figura 10 - Geomorfologia.



Fonte: autores, 2020.

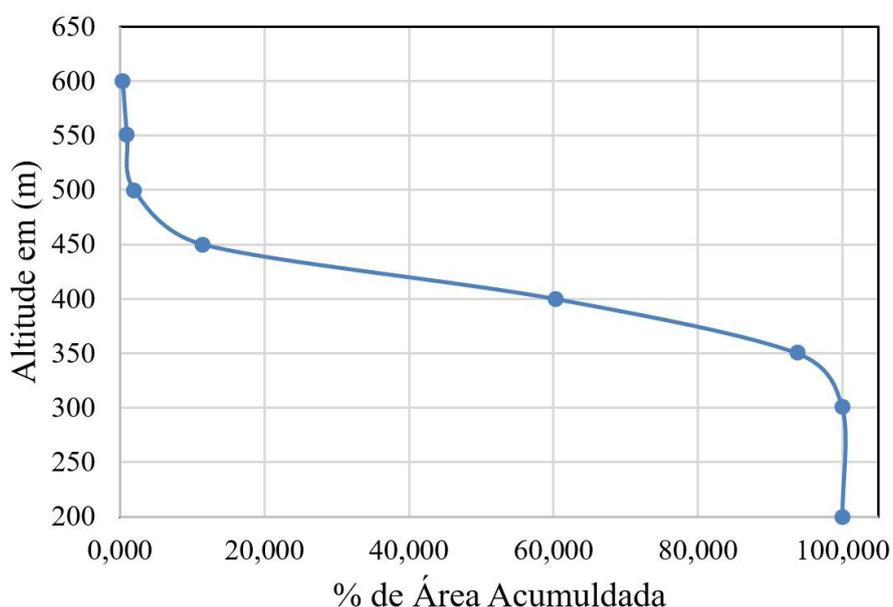
Em grande parte da área nas porções oeste, central, leste e sul apresentam-se como Superfície de Aplanamento, caracterizada com dissecação alta (nível I >300m). A província geomorfológica da área do PCH apresenta unidades estruturais e erodidas. A altitude média observada é acima dos 400 m, para a região com valores máximos próximos de 600 m e mínimos de 200 m, como observado na figura 11 e quadro 15.

Quadro 15 - Tabela de Cálculo da Curva Hipsométrica.

Elevação	Área	% Área	Áreas Parciais	Área Acima da Cota	% A/P	% A. Ac.
200-250	2,048	0,360	2,048	566,923	0,360	0,360
250-300	5,405	0,950	3,357	563,566	0,590	0,950
300-350	11,063	19,520	5,658	557,908	0,994	1,944
350-400	65,198	11,459	54,135	503,773	9,515	11,459
400-450	342,748	60,240	277,550	226,223	48,781	60,240
450-500	533,524	93,770	190,776	35,447	33,530	93,770
500-550	568,914	99,990	35,390	0,057	6,220	99,990
550-600	568,971	100,000	0,057	0,000	0,010	100,000

Fonte: Autor (2020).

Figura 11 - Curva Hipsométrica.



Fonte: autores, 2020.

Pedologia

Conforme se observa na figura 12, os solos presentes na área de influência do rio Figueira são os latossolos, cambissolos e argissolos que apresentam e em grande parte textura argilosa alta à média, em pequena parte solos arenosos como neossolos de areias quartzosas e pedregosos, como os litólicos.

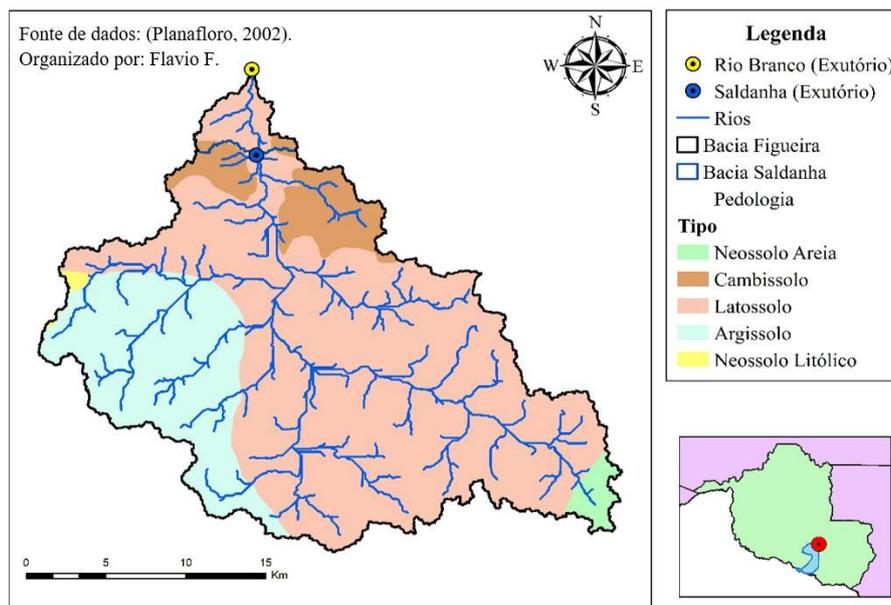
Os solos pertencentes às classes dos latossolos, presente na maior área da bacia, de maneira geral apresentam solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de

200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura.

Localizado na porção oeste da área o argissolo compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B com textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila maiores que 350g/kg de solo a partir do horizonte A, estrutura em blocos subangulares ou angulares, ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva nas superfícies dos agregados ou caráter retrátil.

Na porção norte da região encontram-se os cambissolos, de maneira abrangente são solos constituídos por material mineral com horizonte B pouco profundos subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, exceto de cor escura com 40 cm ou mais de espessura.

Figura 12 - Pedologia.



Fonte: autores, 2020.

Uma pequena porção de área apresenta areias quartzosas constituem solos com material mineral, ou material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição química, ou dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos, pertencentes à classe dos Neossolos, identificados na porção sul da área.

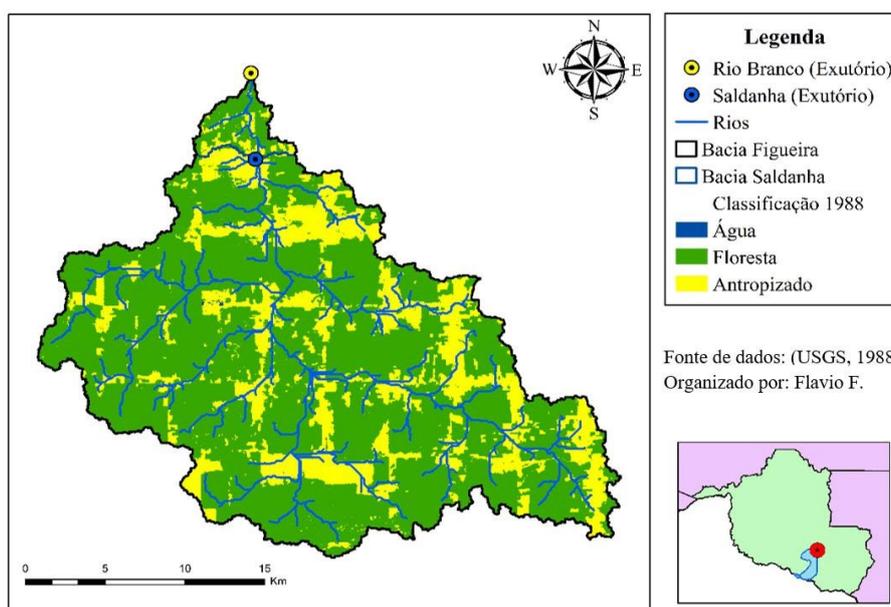
Com predominância em pequena área da porção oeste o solo litólico, solo de textura argilosa e pedregosa, pouco evoluída, com predominância de características devidas ao material orgânico, de coloração preta, cinzenta muito escura, resultantes de acumulação de restos vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes mal a muito mal drenados), ou em ambientes úmidos de altitudes elevadas, saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso.

Percentual de Desmatamento e Antropismo

Percentual de Floresta e Antropização

Após o tratamento realizados nas imagens descritas no Quadro 4, foram obtidas as figuras e quadros a seguir para os anos de 1988, 1998, 2008 e 2018 através das imagens Landsat e *plugin* do Qgis, e para os anos de 2005 e 2018 com dados do PRODES.

Figura 13 - Classificação Para o Ano de 1988.



Fonte: autores, 2020.

A figura 13 retrata a situação e grau de antropização para o ano de 1988, a década de 1980 foi o período de expansão da ocupação do estado de Rondônia para além do eixo da BR 364, nesta etapa municípios da região da zona da mata como Alta Floresta D'Oeste passaram a ser intensivamente ocupados, incentivados por meio de órgãos

governamentais como o INCRA e seus programas de ocupação e povoamento na região do estado de Rondônia (Rondônia, 2018). O Quadro 16 demonstra os percentuais de água e antropização, em 1988 ainda não havia uma presença significativa de reservatórios ou porções de acumulação de água, a região antropizada era crescente, porém ainda representava pouco mais de 27%, no local a floresta correspondia a quase 73% da área total.

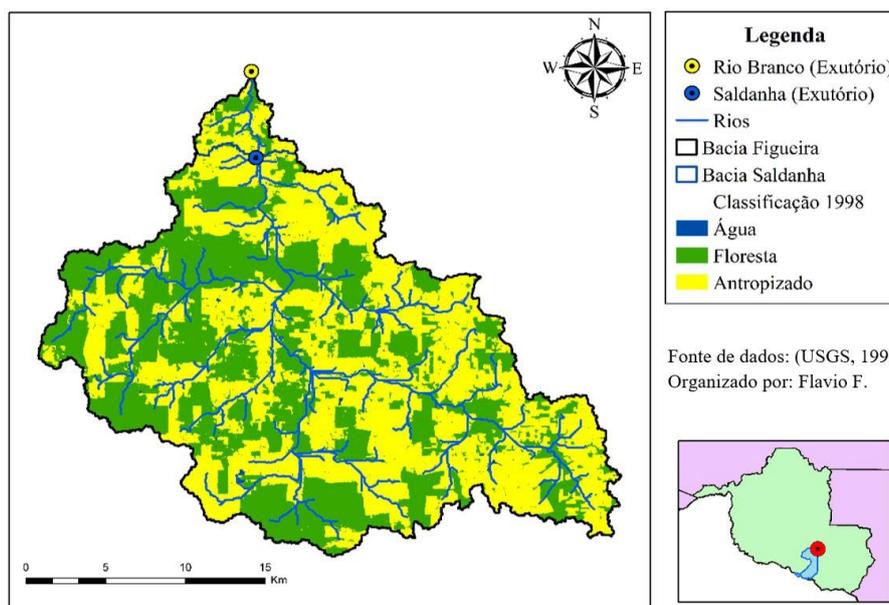
Quadro 16 - Classificação Para o Ano de 1988.

Ano	1988	
	Área km ²	Percentual
1 - Água	0,597	0,10%
2 - Floresta	413,206	72,63%
3 - Antropizado	155,148	27,27%

Fonte: autores, 2020; adaptado de USGS, 1988.

De acordo a figura 14, a bacia já demonstra um avanço significativo das atividades antrópicas, o percentual de área ocupada pela acumulação de água ainda permanecia baixo próximo de 1%, porém em apenas 10 anos o percentual de antropização teve um salto ocupando maior parte da bacia chegando a 53%, restando a área não antropizada um quantitativo de pouco mais de 45%, como demonstrado no quadro 17.

Figura 14 - Classificação Para o Ano de 1998.



Fonte: autores, 2020.

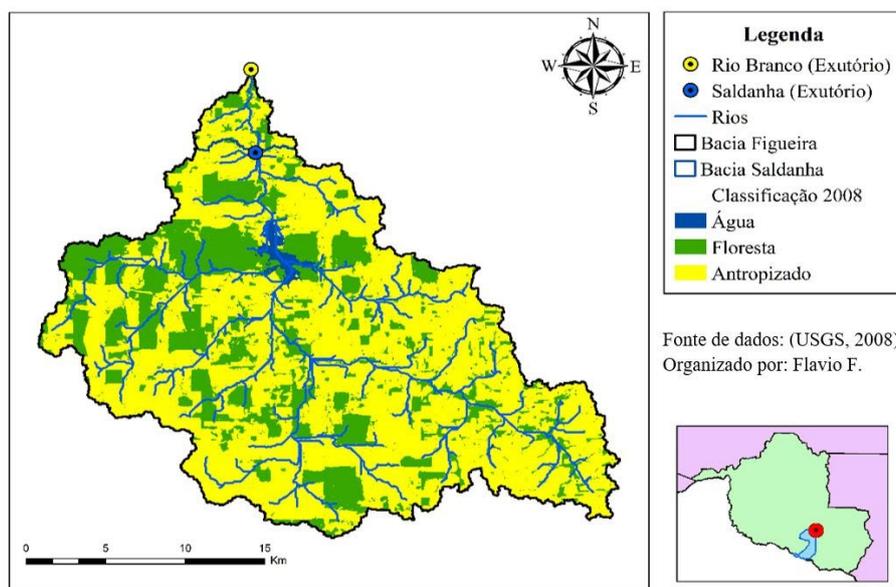
Quadro 17 - Classificação Para o Ano de 1998.

Ano	1998	
Classe	Área km ²	Percentual
1 - Água	4,923	0,87%
2 - Floresta	258,441	45,43%
3 - Antropizado	305,551	53,71%

Fonte: autores, 2020; adaptado de USGS, 1998.

Para o ano de 2008, observa-se o crescimento da área antropizada atingindo cerca de 67%, nota-se também a presença do reservatório da PCH Figueira recém instalada na época, dessa forma a superfície ocupada pela água atinge 1,75% ocupando aproximadamente 10 km², no decênio 1998 a 2008 a área não antropizada perdeu uma participação de 15% na área total, tanto para a antropização como para a implantação do reservatório, ocupando na época cerca de 173 km², como demonstrados na figura 15 e quadro 18.

Figura 15 - Classificação Para o Ano de 2008.



Fonte: autores, 2020.

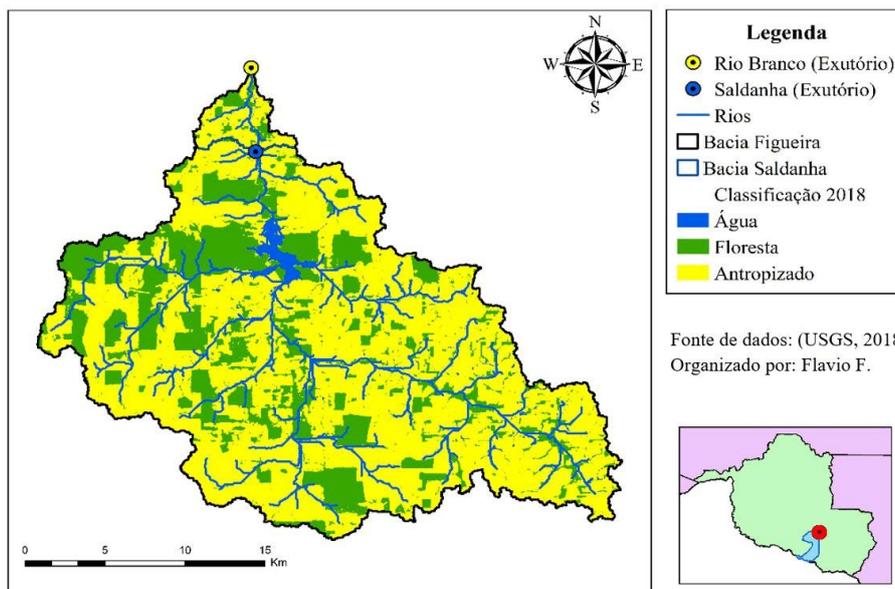
Quadro 18 - Classificação Para o Ano de 2008.

Ano	2008	
Classe	Área km ²	Percentual
1 - Água	9,958	1,75%
2 - Floresta	173,305	30,46%
3 - Antropizado	385,669	67,79%

Fonte: autores, 2020; adaptado de USGS, 2008.

Para o ano de 2018 apresentado na figura 16, temos uma superfície de quase 12 km² cobertos por lâmina d'água devidos ao reservatório da central hidrelétrica e a diversos pontos de acumulação distribuídos na bacia muitos ligados a piscicultura. A área antropizada ocupa mais que o dobro da não antropizada somando pouco mais de 385 e 171 quilômetros quadrados respectivamente, a área de floresta caiu para 30% pouco mais de 171 km², conforme o quadro 19.

Figura 16 - Classificação Para o Ano de 2018.



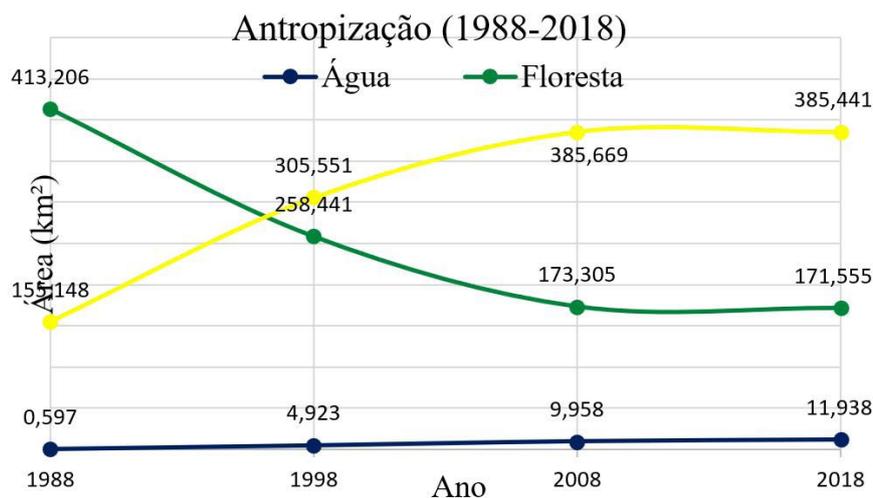
Fonte: autores, 2020.

Quadro 19 - Classificação Para o Ano de 2018.

Ano	2018	
	Área km ²	Percentual
1 – Água	11,938	2,10%
2 - Floresta	171,555	30,15%
3 – Antropizado	385,441	67,75%

Fonte: autores, 2020; adaptado de USGS, 2018.

Figura 17 - Evolução da Antropização (1988-2018).

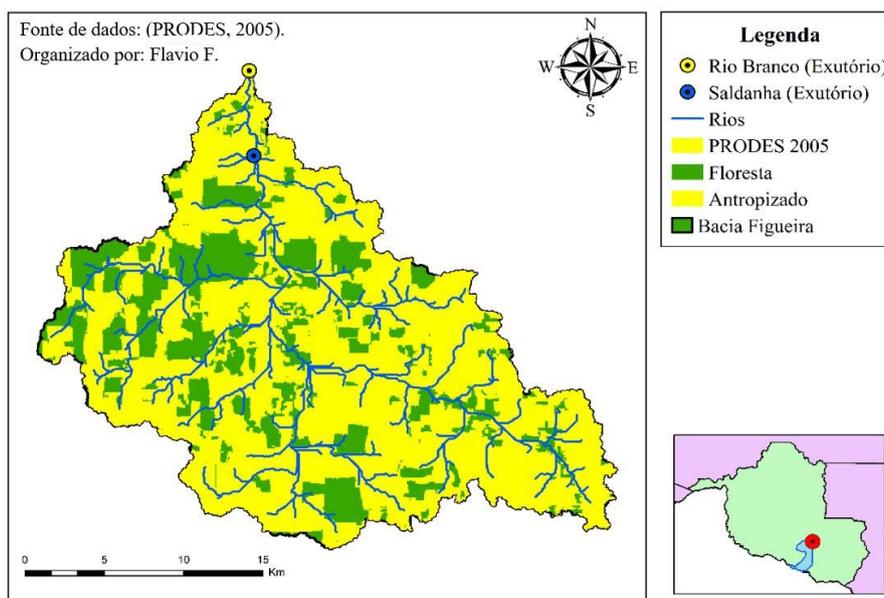


Fonte: autores, 2020.

A figura 17 é um resumo da transformação ocorrida na bacia, entre os anos de 1988 e 2018, a primeira década de ocupação já foi suficiente para que área antropizada fosse maior que a área de florestas, entre 1998 e 2008 ocorreu a consolidação do processo com o crescimento da ocupação, na última década a redução tanto nas áreas de florestas quanto nas antropizadas para acomodar o crescimento das áreas cobertas com água.

Diferentemente da classificação feita nas figuras anteriores com base na imagens de satélite Landsat, onde cada pixel foi identificado e classificado pelo *plugin* e posteriormente contabilizado em valores de área e percentual, as figuras 18 e 19 foram trabalhadas após o tratamento realizado pela metodologia do programa PRODES (INPE, 2019), onde são consideradas florestas ou regiões não antropizadas áreas com mais de 5000 m² ou 0,5 hectare, a metodologia também não distingue superfícies cobertas por água, resultando assim em maiores áreas antropizadas. Dessa forma optou-se por duas classes, uma sendo uma área de floresta e outra área antropizada.

Figura 18 - Classificação PRODES Para o Ano de 2005.



Fonte: autores, 2020; adaptado de PRODES, 2006.

Para o ano de 2005, a região delimitada pela bacia apresentou uma área de aproximadamente 132 km² cobertos por florestas totalizando cerca de 23%, a região desflorestada representou mais que o triplo, somando 436 km² representando quase 77% da área da bacia de acordo com o quadro 20.

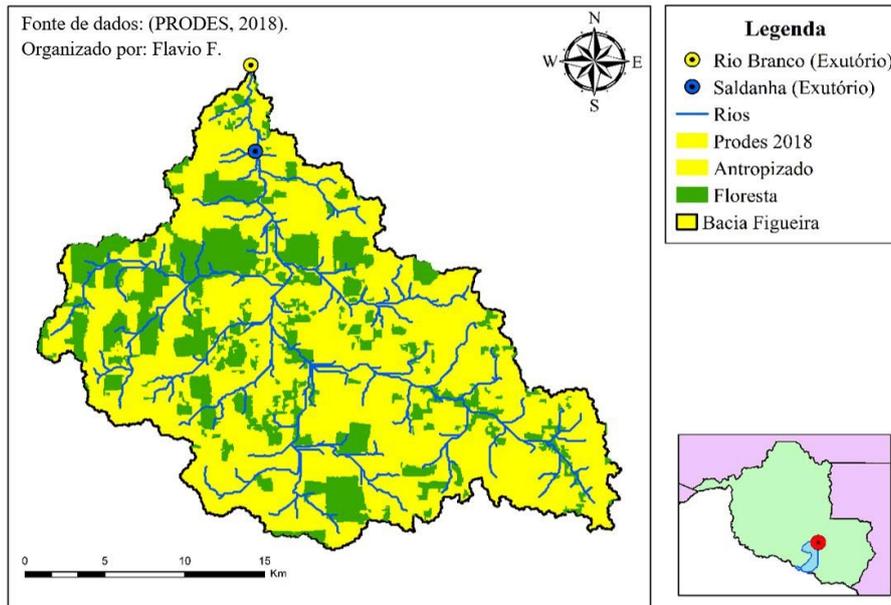
Quadro 20 - Classificação PRODES Para o Ano de 2005.

Ano	2005	
	Área km ²	Percentual
1- Floresta	132,114	23,22%
2 – Antropizado	436,857	76,78%

Fonte: autores, 2020, adaptado de PRODES, 2019.

Os dados mais recentes do ano de 2018 apresentado na figura 19, apresentam uma pequena diminuição da área de floresta desde o ano de 2005 uma redução entorno de 2% ocupando atualmente um total próximo de 120 km² com 21% do total, a consolidação do total antropizado atingiu mais de 449 km² quase 80% da bacia, como apresentado no Quadro 21. Observa-se que por questões metodológicas que a área antropizada registrada pelo PRODES é bem maior que a obtida pela classificação anterior de 67,75 %.

Figura 19 - Classificação PRODES Para o Ano de 2018.



Fonte: autores, 2020; adaptado de PRODES, 2019.

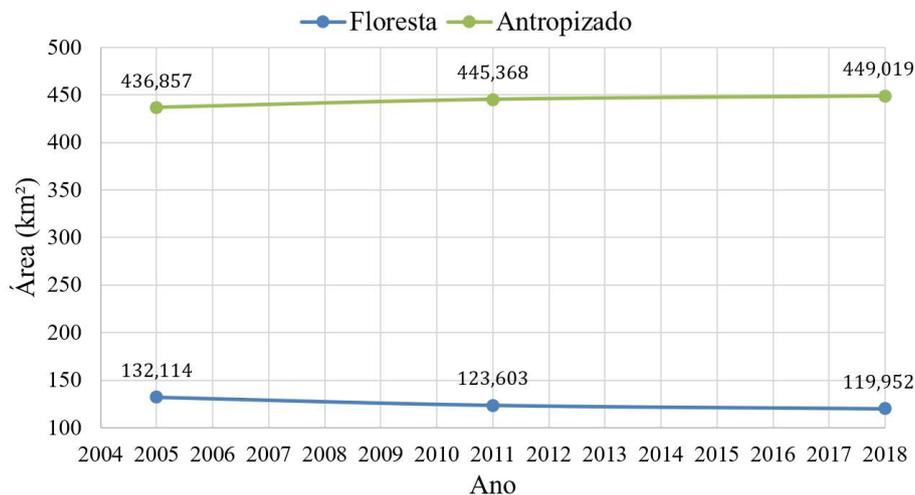
Quadro 21 - Classificação PRODES Para o Ano de 2018.

Ano	2018	
Classe	Área km ²	Percentual
1- Floresta	119,952	21,08%
2 - Antropizado	449,019	78,92%

Fonte: autores, 2020; adaptado de PRODES, 2019.

Na figura 20, observamos a evolução da ocupação na bacia do rio Figueira entre os anos de 2005 e 2018, o processo já estava bem consolidado e não houve aumentos tão significativos quanto no resumo anterior. Após todo o processo analisado a área de floresta restante é de menos de 120 km² em torno de 21% da área total.

Figura 20 - Evolução da Antropização (2005-2018).



Fonte: autores, 2020.

Apesar de apresentarem valores ligeiramente diferentes em números, os dois conjuntos de imagens nos oferecem uma demonstração de como foi a dinâmica da ocupação e transformação paisagem desta região, desde o fim da década de 80 até 2018, nestes 30 anos analisados ficou consolidado o projeto governamental de ocupação instalado pelo INCRA na segunda metade do século XX (Rondônia, 2018). Nos 10 primeiros anos de 88 a 98 grande parte do processo antrópico já estava instalado, processo esse que se expandiu e se consolidou nas décadas seguintes.

As áreas antes ocupadas de florestas foram transformadas em pastagens em sua maioria, ou culturas agrícolas, a superfície coberta por água teve aumento devido aos empreendimentos hidrelétricos pós anos 2000, assim como projetos de piscicultura e pequenos pontos de acumulação para irrigação cafeeira e dessedentação animal.

De acordo com Checchia (2007) e Rosalém *et al.* (2016), modificações na distribuição das florestas e coberturas vegetais impactam diretamente no ciclo hidrológico, interferindo na dinâmica hídrica, principalmente em como se comporta o escoamento superficial, onde sem a presença do dossel das árvores, nem de suas raízes as gotas de chuvas caem diretamente no terreno e escoam rapidamente, uma vez que o solo é menos poroso devido à falta dos canais radiculares. Os solos desprotegidos também são mais sujeitos a perda de massa aumentando o volume de sedimentos transportados.

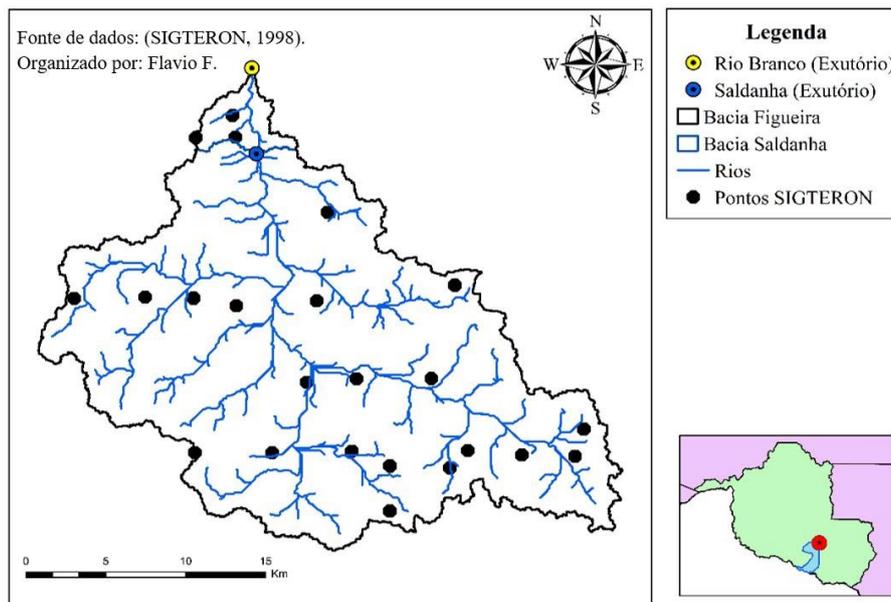
As imagens anteriores demonstram que ações antrópicas causaram significativa alteração da paisagem e da biota da região, conseqüentemente essas transformações impactam no regime hídrico local, González *et al.* (2013) destacou integração da hidrologia com os ecossistemas correlacionados, com destaque para a relação entre vegetação e solo que influenciam a dinâmica hidrológica.

Em estudo mencionado anteriormente realizado na bacia do rio Pimenta Bueno Checchia *et al.* (2016), identificaram alterações semelhantes na cobertura vegetal e na área de floresta, que apesar de não resultar em uma diminuição significativa da vazão média, resultou em picos de cheia e picos de seca, uma vez que a retirada da floresta resultou um aumento no escoamento superficial e uma diminuição na capacidade de recarga de água do sistema.

Cálculo do Coeficiente de Deflúvio

Após a classificação pedológica e cálculo dos percentuais de ocupação realizados anteriormente, foram separados os pontos registrados pelo SIGTERON presentes nas adjacências da bacia Figura 21, como também no Quadro I (Apêndice I) onde estão relacionadas as áreas de solo e suas classes com os pontos coletados, relaciona-se também com percentual de floresta e área antropizada.

Figura 21 - Pontos Coletados e Cadastrados Pelo SIGTERON.



Fonte: autores, adaptado de SIGTERON, 1998.

Os dados apresentados no Quando 23 são resultados da relação entre os pontos coletados pelo SIGETERON que se encontravam dentro da área da bacia, com as informações de pedologia fornecidas pelo PLANAFLORO mostradas na Figura 12, e informações a respeito do percentual de floresta e antropização obtidas por meio do PRODES, como demonstrado pela Figura 19.

Devido a variação do tipo de solo e de cobertura vegetal ao longo da bacia, foi necessário obter um valor de CN para cada área e cobertura correspondente Quadro 22, que posteriormente foram somados para compor o CN da bacia em sua totalidade, quadro 23.

Quadro 22 - Resumo do Quadro I, Anexo I.

Cobertura Vegetal ou tipo de uso do solo.	Defesa contra a erosão	Situação hidrológica da infiltração	Grupo hidrológico do solo				
			A	B	C	D	E
Pastagem velha com arbusto	*	Más	65	70	78	85	90
	*	Médias	60	66	75	82	87
	*	Boas	56	62	72	79	84
	C	Más	55	62	70	78	86
	C	Médias	42	59	67	75	85
	C	Boas	50	56	64	72	79
Mata, capoeira velha	C	Más	32	40	55	67	76
	C	Boas	18	25	42	58	70

Fonte: Tucci et al. 2015.

A bacia apresentou solos de três tipos B, C e D de acordo com os percentuais de argila observados no Quadro I do Apêndice I, a área coberta pelo latossolo e argissolos devido a percentuais de argila acima de 30% foram classificados como do tipo D, e devido a suas áreas representarem 68,93% e 21,64% da área da bacia, como demonstrado no quadro 23 e na figura 12 foram os trechos que mais influenciaram na classificação do CN.

Quadro 23 - Valor do CN Para a Bacia.

Classificação	Tipo	Área (Km ²)	% Solo	Flor. (km ²)	%Flor.	%Antr.	CN/Área	CN Bacia
Neossolo Litólico	B	2,192	0,39%	1,247	56,89%	43,11%	42,676	0,164
Cambissolo	C	41,738	7,34%	5,021	12,03%	87,97%	71,030	5,211
Neossolo Areias	B	9,719	1,71%	0,701	7,21%	92,79%	63,043	1,077
Argissolo	D	123,145	21,64%	31,951	25,95%	74,05%	75,773	16,400
Latossolo	D	392,175	68,93%	81,03	20,66%	79,34%	77,041	53,102
							CN Total	76

Fonte: autores, 2020.

Com o número do CN para a condição normal de umidade CN II, foram obtidos os valores para as condições de solo seco e saturado, CN I e CN II respectivamente, os valores foram calculados de acordo com as equações (Eq. 7 e 8, p. 45) e demonstrados no quadro 24.

Quadro 24 - CN Para Condições de Umidade.

Deflúvio	
CN I	57,08
CN II	76,00
CN III	87,93

Fonte: autores, 2020.

De porte dos valores de CN I, CN II e CN III, calculou-se os valores para o potencial de armazenamento ou infiltração, de acordo com a equações (Eq. 9 p. 45), resultando coeficientes do quadro 25.

Quadro 25 - Potencial de Infiltração (S).

Armazenamento	
Infiltração CN I	190,98
Infiltração CN II	80,21
Infiltração CN III	34,87

Fonte: autores, 2020.

Com o potencial de armazenamento demonstrado no Quadro 25, juntamente com a equação (Eq. 10, p. 45) é possível estimar o total de escoamento superficial para uma precipitação qualquer, no Quadro 26 é demonstrado um volume precipitado de 100 mm, que de acordo com os valores calculados nas condições atuais da bacia, o escoamento superficial pode variar de pouco mais de 15 mm em situação em que o solo da bacia se encontra seco, até mais de 67 mm quando o solo já apresenta grau de saturação.

Quadro 26 - Potencial de Escoamento Para uma Precipitação.

Escoamento Para P = 100 mm	mm
CN I	15,11
CN II	42,94
CN III	67,66

Fonte: autores, 2020.

Os valores apresentados nos Quadros de 24 a 26 são retratos da relação das condições pedológicas da bacia, com seu grau de ocupação e a distribuição da cobertura vegetal, a pedologia é bastante significativa, onde regiões com solos argilosos apresentam valores de CN, Infiltração (S) e Escoamento, maiores que locais com predominância dos tipos arenosos, da mesma forma a cobertura com florestas apresenta valores menores de escoamento que regiões descobertas, dessa forma a junção de um solo predominantemente argiloso com grandes áreas antropizadas e cobertas por pastagens possibilitou um CN de 76 em uma escala de 0 a 100.

Apenas para critério de comparação e para ressaltar a importância da cobertura da floresta e demonstrar a influência das características pedológicas, o Quadro 28 demonstra

os resultados de CN, Infiltração e Escoamento, para uma precipitação também de 100 mm, caso a área encontrasse totalmente coberta por florestas e influenciada apenas pelas características geológicas, Quadro 27 e equações (Eq. 7, 8, 9 e 10).

Quadro 27 - Valor do CN Para a Bacia (Simulação).

Classificação	Tipo	Área (Km ²)	% Solo	Flor. (km ²)	%Flor.	%Antr.	CN/Área	CN Bacia
Neossolo Litólico	B	2,192	0,39%	2,192	100,00%	0,00%	25,000	0,096
Cambissolo	C	41,738	7,34%	41,738	100,00%	0,00%	42,000	3,081
Neossolo Areias	B	9,719	1,71%	9,719	100,00%	0,00%	25,000	0,427
Argissolo	D	123,145	21,64%	123,145	100,00%	0,00%	58,000	12,553
Latossolo	D	392,175	68,93%	392,175	100,00%	0,00%	58,000	39,978
							CN Total	56

Fonte: autores, 2020.

Quadro 28 - Valores Simulados Para Cobertura de Floresta.

Deflúvio	
CN I	34,83
CN II	56,00
CN III	74,54
Armazenamento	
Infiltração CN I	475,17
Infiltração CN II	199,57
Infiltração CN III	86,77
Escoamento Para P = 100 mm	
CN I	0,05
CN II	13,90
CN III	40,32

Fonte: autores, 2020.

Diante da simulação, os valores seriam menores para o deflúvio, consideravelmente maiores em relação a capacidade de armazenamento da bacia, e o escoamento seria praticamente nulo na presença do solo seco, e de 40% da precipitação em solo saturado. A simulação demonstra que as relações apresentadas por Checchia (2007), Rosalém *et al.* (2016) e Gonzáles *et al.* (2013), também se aplicam a bacia em estudo, demonstrando a influência das alterações provocadas pelas atividades humanas principalmente da remoção da floresta, na dinâmica hidrológica local, aumentando os volumes escoados superficialmente e reduzindo a capacidade de armazenamento da bacia.

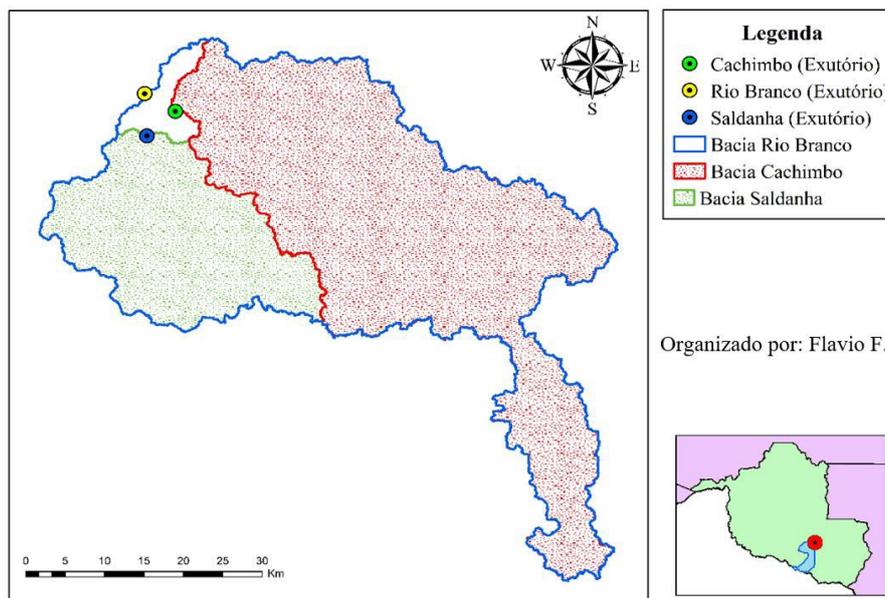
Da mesma forma que para Silva e Santos (2016), a bacia em si e o seu comportamento hidrológico ocorre em função de suas características geomorfológicas, de

uso e ocupação do solo, e situação da cobertura vegetal. Desse modo, as características fisiográficas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e subsuperficial.

Realização do Balanço das Vazões

Foram realizados balanço de vazões para as bacias das estações Cachoeira Cachimbo, Rio Branco e Saldanha, na figura 22 estão demonstrados pontos utilizados para a coleta dos dados, assim como a área coberta pela estação de monitoramento.

Figura 22 - Pontos Coletados e Áreas de Abrangência.



Fonte: autores, 2020.

Foram calculados as áreas e os perímetros das sub-bacias Saldanha, Cachoeira Cachimbo e bacia Rio Branco, de acordo com o quadro 29, sendo a Saldanha parte do sub-bacia do rio Figueira, a maior área é a coberta pela estação Rio Branco com mais de 2020 km² uma vez que abrange as duas bacias menores.

Quadro 29 - Pontos Coletados e Áreas de Abrangência.

Ponto	Área (km ²)	Perímetro (km)
PCH Rio Branco	2022,720	517,185
PCH Saldanha	552,235	193,311
PCH Cachoeira Cachimbo	1406,448	458,682

Fonte: autores, 2020.

Dados Fluviométricos ANA – HidroWeb

Com os dados fornecidos pela rede fluviométrica da Agência Nacional de Águas, foram obtidas as médias mensais para os anos de 2016 a 2019, no quadro 30 valores de nível medidos para a estação Rio Branco.

Quadro 30 - Níveis Estação Rio Branco.

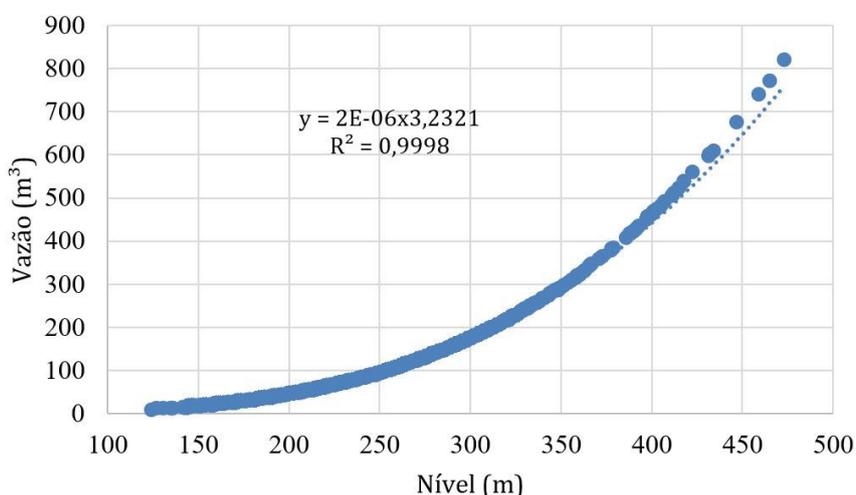
Médias de Níveis Mensais (cm)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	149,410	216,155	241,295	252,404
JUN	131,144	143,115	163,919	179,160
SET	108,800	142,850	149,578	152,691
DEZ	171,578	191,612	237,009	219,655

Fonte: autores, 2020.

De acordo com os dados disponíveis no quadro 10, foram traçadas as equações de curva-chave para o período de leituras, na figura 23 a equação para a estação Rio Branco, a equação com maior R² foi a de tipo potência.

Figura 23 - Curva-Chave Estação Rio Branco.

Curva-Chave (15170700)



Fonte: autores, 2020.

De posse da equação de correlação entre nível e vazão para o período, foram estimadas as vazões médias para os níveis relacionados, de acordo com o quadro 31 vazões médias para a estação Rio Branco.

Quadro 31 - Vazão Estação Rio Branco.

Médias de Vazões Mensais (m³/s)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	21,323	70,344	100,384	116,103
JUN	13,990	18,553	28,770	38,347
SET	7,649	18,442	21,400	22,873
DEZ	33,345	47,648	94,734	74,092

Fonte: autores, 2020.

Através da razão entre volume de vazão com área abrangida pela bacia, obteve-se a vazão específica em litros por segundo por quilômetro quadrado (l/s/km²), para os meses analisados, de acordo com o quadro 32.

Quadro 32 - Vazão Específica Estação Rio Branco.

Médias de Vazões Específica Mensais (l/s/km²)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	10,542	34,777	49,628	57,400
JUN	6,916	9,172	14,223	18,958
SET	3,782	9,118	10,580	11,308
DEZ	16,485	23,557	46,835	36,630

Fonte: autores, 2020.

Seguindo a metodologia dos cálculos anteriores, foram obtidas as médias mensais dos os anos de 2016 a 2019, para a estação Saldanha são apresentadas no quadro 33 valores de níveis médios mensais.

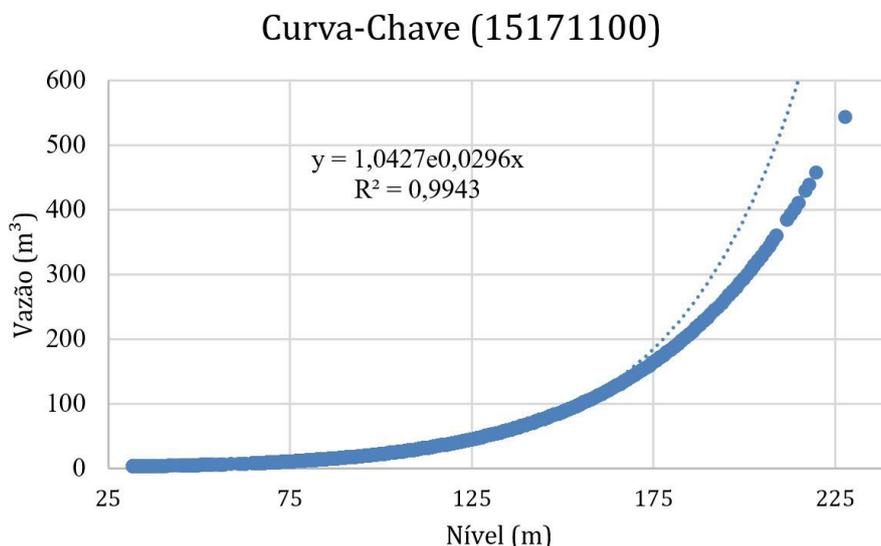
Quadro 33 - Níveis Estação Saldanha.

Médias de Níveis Mensais (cm)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	53,395	110,974	101,317	131,734
JUN	6,775	65,460	73,310	93,565
SET	6,308	51,814	49,341	91,895
DEZ	66,807	59,880	100,682	148,116

Fonte: autores, 2020.

Da mesma forma foram traçadas as equações de curva-chave para o período de leituras, na figura 24 a equação para a estação Saldanha, a equação com maior R², foi a de tipo exponencial.

Figura 24 - Curva-Chave Estação Saldanha.



Fonte: autores, 2020.

Com a equação de correlação, foram estimadas as vazões médias para os níveis relacionados, de acordo com o quadro 34 vazões médias para a estação Saldanha.

Quadro 34 - Vazão Estação Saldanha.

Médias de Vazões Mensais (m³/s)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	5,070	27,903	20,962	51,604
JUN	1,274	7,248	9,144	16,661
SET	1,257	4,838	4,496	15,857
DEZ	7,542	6,143	20,571	83,832

Fonte: autores, 2020.

Relacionando o volume de vazão com área abrangida pela bacia, obteve-se a vazão específica para os meses analisados, de acordo com o quadro 35 para a sub-bacia Saldanha.

Quadro 35 - Vazão Específica Estação Saldanha.

Médias de Vazões Específica Mensais (l/s/km ²)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	9,181	50,527	37,958	93,446
JUN	2,308	13,124	16,559	30,171
SET	2,276	8,760	8,142	28,715
DEZ	13,658	11,125	37,250	151,805

Fonte: autores, 2020.

Também foram obtidas as médias mensais para os anos de 2016 a 2019, para a estação Cachoeira Cachimbo, como apresentado no quadro 36 os valores de níveis médios mensais.

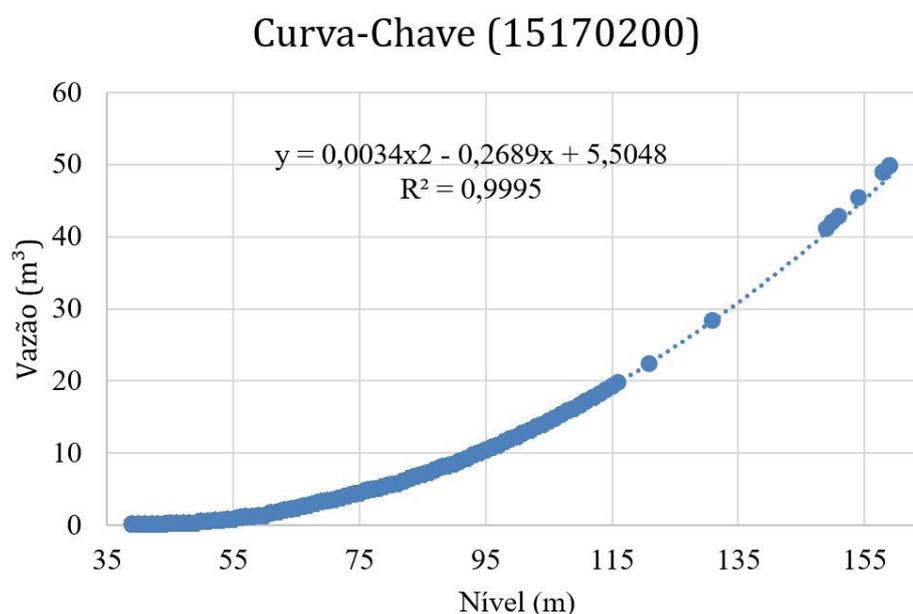
Quadro 36 - Níveis Estação Cachoeira Cachimbo.

Médias de Níveis Mensais (cm)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	217,438	190,665	63,283	125,412
JUN	127,596	113,528	66,172	59,337
SET	102,076	51,572	39,332	41,575
DEZ	122,319	99,891	119,804	106,715

Fonte: autores, 2020.

Posteriormente foram traçadas as equações de correlação para o período de leituras, na figura 25 a equação para a estação Cachoeira Cachimbo, a equação com maior R², foi a de tipo polinomial de 2^a ordem.

Figura 25 - Curva-Chave Estação Cachoeira Cachimbo.



Fonte: autores, 2020.

Com a equação de correlação foram calculados os volumes de vazão média mensal para a estação Cachoeira Cachimbo, como demonstrado no quadro 37.

Quadro 37 - Vazão Estação Cachoeira Cachimbo.

Médias de Vazões Mensais (m³/s)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	107,785	77,836	2,104	25,257
JUN	26,549	18,798	2,599	1,520
SET	13,483	0,680	0,188	0,202
DEZ	23,484	12,570	22,090	15,529

Fonte: autores, 2020.

Também para a Cachoeira Cachimbo foram calculados os valores para vazões específicas, de acordo com o quadro 38.

Quadro 38 - Vazão Específica Estação Cachoeira Cachimbo.

Médias de Vazões Específicas Mensais (l/s/km²)				
Mês	2016	2017	2018	2019
MAR	76,637	55,342	1,496	17,958
JUN	18,876	13,366	1,848	1,081
SET	9,587	0,483	0,134	0,144
DEZ	16,697	8,937	15,706	11,041

Fonte: autores, 2020.

Como demonstrado nos quadros anteriores, e de acordo com os dados fluviométricos os meses de dezembro e março, período de cheias apresentam os maiores volumes escoados, enquanto junho e setembro representam meses da temporada de seca com menores valores de vazão.

Os dados oferecidos apresentam algumas inconsistências, principalmente em relação às vazões calculadas pelas curvas, poucos períodos registrados e disponibilizados apresentam nível e vazão, restando apenas os valores obtidos pelas equações, no ano de 2016 o mês de março apresentou uma vazão de 21,323 m³/s na estação Rio Branco, e 5,070 m³/s na estação Saldanha, e 107,785 m³/s na estação Cachoeira do Cachimbo, resultado incompatível uma vez que o exutório de Rio Branco abrange os dois pontos analisados.

As vazões efetivas demonstram a criticidade da região em períodos secos do ano hidrológico, principalmente em setembro que apresentou os valores mais baixos, chegando a apenas 0,134 l/s/km² e 0,144 l/s/km² nos anos de 2018 e 2019 para a estação Cachoeira do Cachimbo.

Os desvios e inconsistências apresentadas pelas equações nos quadros anteriores foram descritos por Correntino (2011), para o autor para que a uma equação seja consistente é recomendado pela Agência Nacional de Águas o estudo de uma série histórica de ao menos 15 anos, para que todos os níveis entre os máximos e mínimos sejam observados juntamente com suas vazões correlacionadas, o autor descreve diversas situações que podem causar divergências nos resultados oferecidos, problemas que vão desde poucos dados da relação cota-descarga, raras leituras de níveis críticos máximos e mínimos, assim como dificuldades de realização de leituras em momentos de cheias deixando o faixa dos níveis máximos suscetíveis a grandes variações de seção e vazão.

De acordo com Marcuzzo (2015), é necessário analisar e verificar a validade das equações utilizadas, sendo necessário muitas vezes mais de uma equação para os diversos intervalos da série, a fim de representar melhor os dados obtidos, da mesma maneira as equações podem mudar ao longo do tempo, sempre que ocorrer alguma alteração no leito do rio, na sua seção ou características hidráulicas, desta forma o autor destaca a importância do monitoramento contínuo das profundidades e vazões, mantendo a curva-chave válida e atualizada, tornando possível sua utilização no planejamento hídrico da bacia.

Maldonado e Gamaro (2013), também descrevem que as alterações na seção e falta de acompanhamento e atualização da equação de curva de calibragem pode apresentar problemas na qualidade dos dados demonstrados, principalmente nos momentos de ascensão dos níveis que podem apresentar valores inferiores ao real, e em períodos de vazantes podem oferecer valores superiores ao real, prejudicando a compreensão da dinâmica hídrica no local estudado.

Dados Obtidos In Loco

Com base nas leituras de nível e vazão realizadas nos anos de 2015 e 2016, foram elaborados os quadros a seguir com resumos, para ambos os anos e meses analisados em cada um dos pontos coletados, as informações são representativas para o momento da leitura, diferente dos quadros anteriores que demonstravam valores médios mensais, entretanto a vazão específica mantém-se representativa da capacidade de produção de

água da região.

No quadro 39 estão relacionados para a estação Rio Branco, os parâmetros lidos e calculados para os anos de 2015 e 2016, e a vazão específica real para o momento da leitura.

Quadro 39 - Resumo de Leitura *In Loco* Rio Branco.

2015 (15170700)				
Mês	Nível (m)	Vazão (m³/s)	Área (km²)	Ve (l/s/km²)
Mar	2,88	121,19	2022,72	59,91
Jun	1,85	37,52		18,55
Ago	1,24	16,90		8,36
Nov	1,15	7,95		3,93
2016 (15170700)				
Mês	Nível (m)	Vazão (m³/s)	Área (km²)	Ve (l/s/km²)
Fev	2,32	69,32	2022,72	34,27
Mai	1,61	24,76		12,24
Ago	1,00	4,99		2,47
Nov	1,7	27,29		13,49

Fonte: autores, 2020.

São apresentados no Quadro 40 leituras de nível e vazão para a estação Saldanha, e parâmetros calculados como a vazão específica para os anos de 2015 e 2016.

Quadro 40 - Resumo de Leitura *In Loco* Saldanha.

2015 (15171100)				
Mês	Nível (m)	Vazão (m³/s)	Área (km²)	Ve (l/s/km²)
Mar	1,45	43,60	552,235	78,95
Jun	0,78	10,82		19,59
Ago	0,66	6,93		12,56
Nov	0,31	1,14		2,07
2016 (15171100)				
Mês	Nível (m)	Vazão (m³/s)	Área (km²)	Ve (l/s/km²)
Fev	0,88	10,98	552,235	19,88
Mai	0,72	8,96		16,22
Ago	0,36	1,71		3,1
Nov	0,60	4,50		8,15

Fonte: autores, 2020.

De acordo com a figura 19 e quadro 21, com dados para área abrangida pela bacia do rio Figueira por meio da Estação Saldanha, o percentual de área antropizada na região beirava os 79% no ano de 2018, o Quadro 40 apresenta a vazão específica para a mesma

localidade e condição de ocupação, onde a capacidade de geração de água variou de pouco mais de 2 litros por km² em novembro de 2015 para quase 79 litros em março do mesmo ano, a amplitude foi bem menor em 2016 onde a mínima foi de 3,1 litros em agosto, e a máxima de 19,88 litros em fevereiro.

Também foram realizadas leituras locais para a estação Cachoeira Cachimbo, como apresentado no quadro 41.

Quadro 41 - Resumo de Leitura *In Loco* Cachoeira Cachimbo.

2015 (15170200)				
Mês	Nível (m)	Vazão (m³/s)	Área (km²)	Ve (l/s/km²)
Jan	1,18	58,05	1406,45	41,27
Abr	1,36	112,25		79,81
Jun	2,21	20,08		14,28
Out	0,35	7,31		5,2
2016 (15170200)				
Mês	Nível (m)	Vazão (m³/s)	Área (km²)	Ve (l/s/km²)
Jan	2,46	26,62	1406,45	18,93
Mai	1,30	15,82		11,25
Ago	0,18	4,18		2,97
Nov	2,26	23,10		16,42

Fonte: autores, 2020.

Assim como os dados calculados apenas pelas equações, os quadros anteriores também apresentam situações inadequadas, de acordo com o exposto por Maldonado e Gamaro (2013), as leituras para o ano de 2015 na estação Cachoeira do Cachimbo, apresentam histerese quando não ocorre relação linear entre o aumento do nível e ganho de vazão, ou quando um mesmo nível pode apresentar mais de um volume de vazão e a relação não é biunívoca, no quadro 41 os dados de 2015 para o mês de abril apresentaram 1,36 (m) para nível e 112,25 (m³) para vazão, e para julho demonstram 2,21 (m) para nível e 20,08 (m³) para vazão.

A respeito da biunivocidade, Marcuzzo (2015) destaca a dificuldade para a consolidação da curva-chave na ocorrência do fenômeno, onde em situações extremas de cheia ou de vazante, um mesmo nível pode resultar em diferentes vazões, exigindo um complexo monitoramento e um grande número de relações.

Com as devidas ressalvas, as leituras *in loco* representam as vazões instantâneas para a bacia, de acordo com os quadros anteriores a maior vazão específica foi lida em abril de 2015 na Cachoeira do Cachimbo com 79,81 l/s/km², o menor valor foi lido em novembro de 2015 para a estação Saldanha com 2,07 l/s/km².

Comparativo de Vazões Lidas In Loco e Calculadas Por Curva-Chave

Devido às grandes variações entre os dados obtidos através das leituras *in loco* e valores calculados, como critério de comparação os valores de níveis obtidos nas sessões nos anos de 2015 e 2016, foram utilizados para estimar a vazão por meio da curva-chave de cada uma das três estações analisadas.

Quadro 42 - Comparativo de Vazões Para Estação Rio Branco.

Rio Branco (15170700)						
Data			Dados <i>in loco</i>		Curva-Chave	Erro (%)
Dia	Mês	Ano	Nível R. (cm)	Vazão (m ³)	Vazão R. (m ³)	
4	Mar	2015	**	121,190	**	**
8	Jun	2015	185	37,520	42,536	13
5	Ago	2015	124	16,900	11,673	31
25	Nov	2015	115	7,950	9,150	15
23	Fev	2016	232	69,320	88,415	28
5	Mai	2016	161	24,760	27,146	10
30	Ago	2016	100	4,990	5,824	17
22	Nov	2016	170	27,290	32,364	19

Fonte: autores, 2020.

No quadro 42, temos o comparativo para a estação Rio Branco, onde a variação do erro ficou entre 10 e 31 pontos percentuais, para níveis variando entre 100 e 232 cm.

Quadro 43 - Comparativo de Vazões Para Estação Saldanha.

Saldanha (15171100)						
Data			Dados <i>in loco</i>		Curva-Chave	Erro (%)
Dia	Mês	Ano	Nível R. (cm)	Vazão (m ³)	Vazão R. (m ³)	
3	Mar	2015	145	43,600	76,441	75
9	Jun	2015	78	10,819	10,507	3
9	Ago	2015	66	6,934	7,364	6
25	Nov	2015	31	1,144	2,612	128
23	Fev	2016	88	10,980	14,129	29

4	Mai	2016	72	8,960	8,797	2
31	Ago	2016	36	1,710	3,029	77
4	Nov	2016	60	4,500	6,165	37

Fonte: autores, 2020.

Para a estação Saldanha, para níveis variando entre 31 e 145 cm, o erro percentual ficou entre 2 e 128%, a equação ficou mais coerente para níveis próximo dos 60 e 70 cm com erros abaixo de 5%, níveis extremos como 31 e 145 cm tiveram erros de 75 e 128% apresentando valores bem maiores que as leituras realizadas.

Quadro 44 - Comparativo de Vazões Para Estação Cachimbo Alto.

Cachimbo Alto (15170200)						
Data			Dados <i>in loco</i>		Curva-Chave	Erro (%)
Dia	Mês	Ano	Nível R. (cm)	Vazão (m ³)	Vazão R. (m ³)	
21	Jan	2015	**	58,050	**	**
23	Abr	2015	**	112,250	**	**
13	Jun	2015	221	20,080	112,137	458
26	Out	2015	35	7,310	0,258	96
27	Jan	2016	246	26,620	145,110	445
3	Mai	2016	130	15,820	28,008	77
30	Ago	2016	18	4,184	1,766	58
22	Nov	2016	226	23,100	118,392	413

Fonte: autores, 2020.

A situação mais crítica ocorreu na Estação Cachoeira do Cachimbo, onde as variações de erro foram bem maiores que nas anteriores, apresentando vazões quase 5 vezes maiores, a melhor situação ocorreu no nível mais baixo, aos 18 cm a variação foi de 58%.

Os quadros comparativos anteriores confirmam as divergências e desacordos das leituras e dados obtidos pelas curvas-chave, segundo Correntino (2011), o desvio entre o lido e o calculado deve ser inferior a 10%, desta forma para a estação Cachoeira do Cachimbo todos os períodos estariam descartados, para os pontos rio Branco e Saldanha as equações são adequadas apenas para algumas faixas de nível, sendo necessários ajustes e adaptações para todo o período.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do trabalho permitiu contextualizar a condição fisiográfica e hidrológica da região, quanto aos usos e conflitos na gestão das águas, assim como conhecer as condições e características da bacia do rio Figueira, foram demonstradas muitas de suas características desde as mais básicas como a área e perímetro, a informações mais complexas como dados geomorfológicos, potenciais de infiltração, e potencial de geração de água com sua vazão específica.

A realização da caracterização permitiu a classificação da bacia quando a morfometria, geologia, geomorfologia e pedologia. Levantamentos de cobertura vegetal e ocupação, que relacionados a fatores geomorfológicos permitiram conhecer seus potenciais de escoamento e infiltração, demonstrando a estreita relação entre atividades antrópicas e os potenciais das bacias. Dados de vazão analisados demonstraram a capacidade de geração de água, apontando os pontos críticos nos meses de seca, onde foram observados valores de vazão específicas menores que 1 l/s/km^2 no mês de setembro.

Destaca-se a importância do software Qgis e suas ferramentas, no tratamento dos materiais utilizados que permitiram a concretização do trabalho, desde dados de satélite de órgãos como *USGS* e *INPE/PRODES*, dados de solo da *CPRM*, *SIGTERON* e *Planaflo*, a dados de vazão da Agência Nacional de Águas por meio do *HidroWeb*.

Dos objetivos propostos e resultados obtidos, é relevante enfatizar a análise da cobertura e ocupação do solo, onde foram obtidas as relações entre fatores antrópicos e geomorfológicos nas características da bacia, demonstrando íntima relação entre as alterações humanas e o potencial de escoamento, que influenciam diretamente nos eventos extremos de seca e enchentes. Foi possível observar as transformações na bacia nos 30 anos entre 1988 e 2018, onde as áreas de floresta foram drasticamente substituídas por áreas de pastagens para atividades agropecuárias em sua maioria.

Quanto ao estudo e balanço de vazões, o uso de dados fluviométricos de vazão mostrou carecer de validação, demonstrando a importância de uma série completa de leituras *in loco*, que possibilite a criação de equações cada vez mais adequadas às seções e as variações dos níveis, assim como também o monitoramento contínuo dos pontos e dos percentuais de erros, entre os valores lidos e calculados nos locais estudados.

Diante do apresentado, fica demonstrado a importância do estudo e monitoramento nos empreendimentos e regiões que fazem aproveitamento dos recursos hídricos, com destaque para os levantamentos das condições e características das bacias, assim como da população e projetos anteriores que já fazem uso do recurso limitado como a água. Os resultados demonstraram que dados pontuais como a vazão são de extrema importância para a gestão, porém características mais abrangentes como a ocupação e cobertura vegetal devem ser constantemente monitoradas e trabalhadas, devido a sua influência no resultado.

Como sugestões para pesquisas futuras ficam: Levantamento e análises mais detalhados das seções e vazões dos pontos relevantes como a PCH Rio Branco e Cachimbo, observações de eventos de seca e cheias intensas; Estudo da cobertura vegetal das florestas ripárias, assim como sua adequação a código florestal e legislações vigentes; Investigação das áreas e recursos hídricos empregados na piscicultura na bacia do rio Branco; Relacionar de forma mais detalhada vazão específica com cobertura vegetal.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (Brasil). **Comitês de Bacia Hidrográfica**. (Site). Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/comites-de-bacia-hidrografica/rondonia>. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2018**. Brasília: ANA, 2019. 72 p., il. Disponível em: http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=77855. Acesso em: 17 set. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **O comitê de bacia hidrográfica: prática e procedimento**. Brasília: ANA, 2011. 81 p., il., 30 cm. (Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos, 2). Inclui bibliografia. ISBN 9788589629775. Disponível em: http://biblioteca.ana.gov.br/index.asp?codigo_sophia=6574. Acesso em: 17 set. 2019.
- ALBARELLO, L. **Guia para Implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs**. TCC (Especialização) - Universidade Federal de Santa Maria. Panambi - RS. 2014. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1366/Albarello_Leonardo.pdf?sequence=1. Acesso em 01 de setembro de 2019.
- ALMEIDA, W. S.; SOUZA, N. M.; REIS JUNIOR, D. S.; CARVALHO, J. C. Análise morfométrica em bacias hidrográficas fluviais como indicadores de processos erosivos e aporte de sedimentos no entorno do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) Corumbá IV. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v.14, n.2, p.135-149, 2013.
- ANDRADE, L.F.; **Estudo da vazão específica nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe como subsídio à gestão dos recursos hídricos**. UNESP, Presidente Prudente. 2011. Trabalho de conclusão de curso - Geografia - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/118050/andrade_lf_tcc_prud.pdf?sequence=1&isAllowed=y, Acesso: em 16 de agosto de 2019.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Guia do empreendedor de PCH**. Brasília: ANEEL, 2003. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2003_Guia-EmpreendedorPCH.pdf/9a6fc69a-01cc-614f-bf4c-c7e2649d49ed. Acesso em 01 de setembro de 2019.
- BELLINASSO, T. B.; SCHNEIDER, V. E. **Avaliação do método da Curve Number (CN-SCS) e Obtenção do Volume Total do Escoamento Superficial**. XXII SBRH: Florianópolis, 2017. Disponível em: http://evoluedoc.com.br/xxiisbrh/detalhes-15_avaliacao-do-metodo-da-curve-number-cn-scs-e-obtencao-do-volume-total-do-escoamento-superficial. Acesso: em 18 de setembro de 2019.
- BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm, Acesso em: 16 de agosto 2019.
- BUENO, E. O.; MELLO, C. R. **Pegada Hídrica de Usinas Hidrelétricas**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília: 2015. Disponível em: <http://www.evoluedoc.com.br/sbrh/download-2015-UEFQMDE5NjE4LnBkZg==>. Acesso em 11 de agosto de 2019.

- BURITI, C. de O.; BARBOSA, E. M. **Políticas Públicas de Recursos Hídricos no Brasil: Olhares Sob Uma Perspectiva Jurídica e Histórico-Ambiental**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.11, nº 22, p. 225-254. 2014. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/431/423>. Acesso em 10 de setembro de 2019.
- CHECCHIA, T. E.; CORREA, A. C. S.; SCHRODER, P. H.; RODRIGUES, T. B. **Avaliação dos Efeitos das Modificações da Cobertura da Terra na Disponibilidade Hídrica da Bacia Hidrográfica de Pimenta Bueno, Rondônia**. 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237577978>. Acesso em 04 de novembro de 2019.
- CHECCIA, T. E.; KOBIYAMA, M. **Balanços Hídricos em Bacias Hidrográficas Rurais Caracterizadas por Reflorestamento com Pinus, Floresta Ombrófila Mista e Agricultura**. Universidade Federal de Santa Catarina Doutorado (Proposta de tese em Engenharia Ambiental), 2007.
- CONCEIÇÃO, G.; VIANNA, L. F. N.; BACIC, M. K.; FILHO, P. B. **Análise Espacial do Balanço Hídrico no Meio Rural de Santa Catarina**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, V. 18, nº 4, p. 89-100, out/dez 2013. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/154/e3b2d18170d271829c2a3616f2b76496_a78a62bb1fa1ac512ad-247943fcc528c.pdf. Acesso em: 15 de setembro de 2019.
- COCHRANE, T. T. **SIGTERON – Sistema de Informação Geográfica Para Terrenos e Solos do Estado de Rondônia**, Brasil. Porto Velho: Tecnosolo/DHV Consultants BV, 184 p., 1998.
- CORRENTINO, M. A. C. **Notas de Aula Sobre Hidrometria – Operação e Manutenção de Estações Automáticas de Coleta de Dados**. DELGITEC/ANA: Brasília, 2011. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/213/1/Hidrometria.pdf>. Acesso em: 02 de junho de 2020.
- DAMASCENO, J. A. **Monitoramento Hidrológico da Bacia do Rio Madeira Por Altimetria Espacial**. INPA: Manaus. 2017. Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente) Disponível em: https://btd.inpa.gov.br/bitstream/tede/2372/2/Disserta%20a7%20a3o_Jossandra_Alves_Damasceno_2017.pdf. Acesso em: 04 de setembro de 2019.
- FERREIRA, C. W. S.; LIMA, C. de S.; CAVALCANTI, L. C. de S.; SANTOS, A. H. de O. **Caracterização Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira II, no Município de Serra Talhada - Pe, Brasil**. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema2/clarisse>. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física. II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra. Coimbra-PT, 2010. Acesso em 24 de fevereiro de 2020.
- FILHO, R. F. F.; SILVA, J. B. L.; FERREIRA, P. A.; EUCLYDES, H. P.; FILHO, D. O. **Potencial Hidráulico em Bacias Hidrográficas I: Identificação de Quedas de Água para Geração de Energia Elétrica. Engenharia na agricultura**, viçosa, v.19 n.1, p. 44-52, janeiro/fevereiro de 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/15570/139-1113-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 de setembro de 2019.
- 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 Buri-tizeiro/MG**. Revista de Geografia (UFPE), João Pessoa, v. 30, n. 3, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229008/23410>. Acesso em 20 de setembro de 2019.
- FRANCO, V. V.; SOUZA, J. O. P. de. **Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Riacho Jucurutu**. Revista de Geociências do Nordeste, Caicó, Vol.2, nº Especial, p. 252-261, 2016.
- FREITAS, P. M. C. **O Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Rio**

Grande/MG: Uma Análise do Relatório de Diagnóstico. UFOP: Ouro Preto, 2011. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6550>. Acesso em 01 de setembro de 2019.

GONZALEZ, N.; HERNÁNDEZ, A. M.; ROMERO, C. **La Planificación Hídrica em el Contexto de la ecohidrología**. Derecho y Ciencias Sociales, Buenos Aires, nº 9, p. 15-23, outubro, 2013. Disponível em: <https://revistas.unlp.edu.ar/dcs/article/view/732/622>, Acesso em: 02 de outubro de 2019.

HOLTZ, A. C. T. Escoamento Superficial. In: PINTO, N. S (Org). **Hidrologia Básica**. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo - SP, 2017.

HORTON, R. E. *Drainage Basin Characteristics*. **Trans. American Geophysical Union**, v. 13, p. 350-361, 1932. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/TR013i001p00350>. Acesso em 26 de setembro de 2019.

HORTON, R. E. (1945). **Erosional development of streams and their drainage basins: hydro-physical approach to quantitative morphology**. In: CHOW, Ven Te; MAINDMENT, D. R; MAYS, L. W. (1988). Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York.

INPE - Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. **Coordenação Geral De Observação Da Terra**. Programa De Monitoramento Da Amazônia E Demais Biomas. Desmatamento – Amazônia Legal – Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em: 02 de março de 2019.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia (Mapa). **Rede de Estações**. (Site). Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. **Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES)**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/dadosn/>. Acesso em 10 de março de 2020.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos Hídricos e Saneamento**. Curitiba: Organic Trading, 2008. Disponível em: http://www.labhidro.ufsc.br/Projetos/TCC/Recursos_Hidricos_e_Saneamento_Versao_digital.pdf. Acesso em: 05 de agosto de 2019.

LANNA, A. E. Gestão de Recursos Hídricos. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: EDUSP; ABRH, 2015.

LIBERATO, A. M.; BRITO, I. B. de. **Influência de Mudanças Climáticas no Balanço Hídrico da Amazônia Ocidental**. Revista Brasileira de Geografia Física, Campina Grandes, v. 03, p. 170-180, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232656>. Acesso em: 22 de agosto de 2019.

LIRA, W. S. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2015.

MALDONADO, L. H.; GAMARO, P. **Métodos de Correção de Vazões em Tramos Superiores de Curvas-Chaves e Para o Caso de Histerese**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. Anais. Porto Alegre: ABRH, 2013. p. 1-8. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=155&SUMARIO=3362>. Acesso em: 02 de junho de 2020.

MARCUZZO, F. F. N. **Curva-Chave Traçada Pelo Matlab Com Diferentes Tipos de Equações Suportadas Pelo Programa Hidro**. 26º Encontro Técnico AESABESP: São Paulo, 2015. Dispo-

nível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15127/1/2015-08%20-%20XXVI%20FENASAN%20-%20Curva-Chave%20MatLab%20e%20Hidro%20-%20Marcuzzo.pdf>. Acesso em 02 de junho de 2020.

MARTINS, J. A. Evaporação e Transpiração. In: PINTO, N. S (Org). **Hidrologia Básica**. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo - SP, 2017.

MORAES, M. E. B. de. **Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas**. Ilhéus: Editus, 2016.

NETTO, J. M. A.; FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de Hidráulica**. 9º edição. São Paulo: Blucher, 2015.

OLIVEIRA, S. M.; **Análise do Processo Chuva-Vazão de Duas Bacias Hidrográficas na Região Litorânea do Estado do Paraná, Através do Modelo de Tanque**. UFPR: Curitiba. 1999. Dissertação (Mestrado Ciências do Solo). Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/27517/D%20-%20OLIVEIRA%2C%20SULAYRE%20MENGONTTI%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 de dezembro de 2019.

PIMENTEL, L. **Hidrologia: Engenharia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

PINTO, N. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo - SP, 2017.

PRADO, R. J. Do. **Breve Reflexão Socioambiental Sobre PCHs, na Bacia do Rio Branco em Alta Floresta D'Oeste – RO**. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, Rolim de Moura, v2, n1, p. 11-21, 2013. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/1568/7571a2a4f6b7071c19ad6889aca85458b292.pdf>. Acesso em: 01 de setembro de 2019.

REIS, E.; LOPES, N.; SOUZA, J. C de; SOUZA, J. P. de. **Modelagem Ambiental de Bacias Hidrográficas: caracterização morfométrica e pedológica da bacia hidrográfica do rio Una, Ibiúna, São Paulo**. Geosul, v. 33, nº 66, p. 105-127, jan/abr. Florianópolis, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324485723_Modelagem_Ambiental_de_Bacias_Hidrograficas_caracterizacao_morfometrica_e_pedologica_da_bacia_hidrografica_do_rio_Una_Ibiuna_Sao_Paulo. 2018. Acesso em 01 de março de 2020.

RONDÔNIA (Estado). **Decreto nº 10.114**, de 20 de setembro de 2002. Regulamenta a Lei Complementar nº 255 que Institui a Política, cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia e dá outras providências. Palácio do Governo de Rondônia. Porto Velho, 2002.

RONDÔNIA (Estado). **Lei Complementar nº 255**, de 25 de janeiro de 2002. Institui a Política, cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia e dá outras providências. Assembleia Legislativa de Rondônia. Porto Velho, 2002.

RONDÔNIA (Estado). **Secretaria de Meio Ambiente. Plano Estadual de Recursos Hídricos – Relatório Final**. RHA Engenharia e Consultoria: Curitiba, 2018.

RONDÔNIA (Estado). **Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral**. Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia - Planaflo. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/acervo/documentos/plano-agropecuaria-e-florestal-de-rondonia-planaflo>. Governo do Estado de Rondônia. Porto Velho, 1989.

ROSALEM, M. P.; CABRERA, M. C. M; LEITE, C. M. C.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND. E. **A Produção de Serrapilheira no Cerrado e Sua Relação Temporal Com o Balanço Hídrico Climatológico**. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Campinas, 2016. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28733/18638>. Acesso em 04 de outubro de 2019.

SALES, M. A. L.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; SINOBAS, L. R.; MONTEIRO, R. N. F.; SOUZA, J. V. R. S. Avaliação da Disponibilidade Hídrica na Sub-bacia do Boi Branco Através do Balanço Hídrico Climatológico e de Cultivo. **Irriga**, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 1-17, janeiro-março, 2017. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1881>. Acesso em: 20 de setembro de 2019.

SHREVE, R. L. *Statistical law of stream numbers*, **Journal of Geology**, v. 74, p. 17-37. Los Angeles – CA. 1966.

SILVA, A. C. M. Participação na Gestão dos Recursos Hídricos Como Estratégia Para Uma Regulação de Interesse Público: Uma Análise dos Comitês de Bacia Hidrográfica a Partir da Teoria Processual Administrativa da Regulação. **Revista de Direito Setorial e Regulatório**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 19-40, outubro de 2018. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/rdsr/article/view/18734/17442>. Acesso em 15 de agosto de 2019.

SILVA, B. F.; SANTOS, K. A. Análise Físico-Funcional da Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia/GO. **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 44-5, 2016.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude): analysis of erosion al topography**. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Itú/RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v.16, n.2, p.219-237, 2015. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/460/459>. Acesso em: 12 de agosto de 2019.

TUCCI, C. E. M *et al.* **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS, Porto Alegre - RS, 2015.

SCS, *Soil Conservation Service*. **National Engineering Handbook**. USDA, 1972.

USGS, *United States Geological Survey*. **The Water Cycle for Adults and Advanced Students**. Orlando - FL 2019. Disponível em: <https://water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

USGS, *United States Geological Survey (Earth Explorer)*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em 01 de setembro de 2019.

ZUFFO, A. C.; ZUFFO, M. S. R. **Gerenciamento de recursos hídricos: Conceituação e contextualização**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

ZUFFO, C. E.; ABREU, F. A. M. de. Gestão Participativa das Águas em Rondônia: Ações e Propostas Para a Formação dos Comitês de Bacia Hidrográfica. **Revista Formação**, São Paulo, n. 17, v. 2, p. 43-62, 2010. Disponível em: <http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/438/478>. Acesso em: 10 de agosto de 2019.

WWAP. *United Nations World Water Assessment Programme*. **The United Nations World Water Development Report 2015: water for a sustainable world**. Paris: UNESCO, 2015. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000231823>. Acesso em 14 de agosto de 2019.

ANEXO

Quadro I - Valores médios do parâmetro *Curve Number* (CN) para bacias hidrográfica rurais.

Cobertura Vegetal ou tipo de uso do solo.	Defesa contra a erosão	Situação hidrológica da infiltração	Grupo hidrológico do solo				
			A	B	C	D	E
Arado, quase sem cobertura Vegetal	SR	Boas	65	80	88	92	95
	C	Boas	65	78	88	90	92
Cultivos de ciclo curto e arações frequentes	SR	Más	80	72	81	87	90
	SR	Boas	52	66	75	82	85
	C	Más	56	65	78	84	87
	C	Boas	48	60	72	78	82
	CT	Más	52	62	74	80	84
	CT	Boas	45	55	67	75	80
Cultivo de ciclo médio, arações anuais	SR	Más	58	65	73	82	88
	SR	Boas	54	62	70	79	85
	C	Más	55	64	70	79	84
	C	Boas	50	60	67	75	83
	T	Más	52	62	70	77	82
Semeação densa ou a lanço; cobertura curta, mas densa, como a das leguminosas e dos pastos em rodízio	T	Boas	48	55	65	73	80
	SR	Más	56	64	72	80	86
	SR	Boas	50	58	66	76	82
	C	Más	54	60	69	76	83
	C	Boas	48	56	64	72	80
Pastagem velha com arbusto	T	Más	50	58	65	75	80
	T	Boas	40	52	60	70	70
	*	Más	65	70	78	85	90
	*	Médias	60	66	75	82	87
	*	Boas	56	62	72	79	84
	C	Más	55	62	70	78	86
Mata, capoeira velha	C	Médias	42	59	67	75	85
	C	Boas	50	56	64	72	79
	C	Más	32	40	55	67	76
Gramados tratados	C	Boas	18	25	42	58	70
	*	Más	65	72	78	84	88
Estradas de terra	*	Boas	59	67	74	81	86
	SR	Más	80	85	90	93	95
SR - Sulcos retos	C	Boas	74	80	86	90	92
	C - Cultivo Acompanhando as curvas de nível		T - Terraceamento				

Fonte: TUCCI et al. 2015.

APÊNDICE

Quadro I – Pontos Coletados Pelo SIGTERON

Ponto	Horiz.	(%) Areia	(%) Silte	(%) Argila	Prof (Cm).	Drenagem	Permeabilidade	Solo	Tipo	Área Solo (Km²)	% Solo na Bacia	Área Floresta	% Floresta
RO2416	A	59	14	27	0-20	Acen- tuada	Pequena	Neossolo Litólico	B	2,192	0,39%	1,247	56,89%
RO3922	A	48	14	38	0-15	Boa	Moderada	Cambis- solo	C	41,738	7,34%	5,021	12,03%
RO2222	A	80	7	13	0-25	Boa	Rápida	Neossolo/ Areias	B	9,719	1,71%	0,701	7,21%
RO2242	A	80	3	17	0-18	Boa	Muito Rápida		B				
RO2225	A	35	21	44	0-35	Boa	Moderada	Argissolo	D	123,145	21,64%	31,951	25,95%
RO2226	A	23	22	55	0-25	Boa	Rápida		D				
RO2406	A	73	7	20	15-40	Boa	Moderada		C				
RO2419	A	70	10	20	0-15	Boa	Pequena		C				
RO2420	A	29	24	47	0-20	Boa	Rápida		D				
RO2227	A	11	24	65	0-18	Boa	Moderada	Latossolo	D	392,175	68,93%	81,03	20,66%
RO2230	A	21	17	62	0-25	Boa	Moderada		D				
RO2235	A	56	10	34	0-30	Boa	Moderada		D				
RO2236	A	59	10	31	0-30	Boa	Moderada		D				
RO2245	A	63	8	29	0-10	Boa	Moderada		C				
RO2407	A	73	14	13	0-20	Boa	Moderada		C				
RO2408	A	45	24	31	0-25	Boa	Rápida		D				
RO2409	A	52	15	33	0-20	Boa	Moderada		D				
RO2410	A	70	10	20	0-20	Mode- rada	Muito Rápida		C				
RO2411	A	40	13	47	0-25	Boa	Moderada		D				
RO2412	A	83	3	14	0-20	Imper- feita	Moderada		B				
RO2413	A	70	8	22	0-20	Boa	Rápida		B				
RO2414	A	11	20	69	0-20	Boa	Moderada		D				
RO2423	A	37	30	33	0-15	Imper- feita	Moderada		D				
RO3923	A	20	24	56	0-25	Boa	Moderada		D				
RO3924	A	30	14	56	0-25	Boa	Rápida		D				
RO3926	A	13	19	68	0-20	Boa	Moderada		D				

Fonte: autor, Adaptado de SIGTERON, 1998.

Sobre os Autores

Flavio Fagundes de Paula

Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH/UFRGS, 2024) grupo de pesquisa hidrologia em grande escala (HGE), Engenheiro de Segurança do Trabalho (UNIMAIS), Graduado em Engenharia Civil, pela Universidade Federal de Rondônia Campus Porto Velho (2015-2020). Foi estagiário do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam) 2019/2020, na Divisão de Proteção Ambiental Setor de estudo e monitoramento Hidrológico (2019-2020). Membro do Grupo de estudos e pesquisa em solos na Amazônia - GEPSA na linha de pesquisa Física do Solo. Membro do Grupo de pesquisa GPCAS: Cidades Amazônicas: sustentabilidade e inovação tecnológica. Técnico em Segurança do Trabalho de Escola Politécnica Brasileira - RN.

Tatiane Emílio Checchia

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutoranda em Desenvolvimento Regional pela Universidade Federal de Rondônia. Atualmente é professora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Rondônia, colaboradora do Grupo de Pesquisa Cidades Amazônicas: Sustentabilidade e Inovação Tecnológica, Grupo de Pesquisa Aplicado a Modelos Preditivos Ambientais/ UNIR e Pesca, Aquicultura e Ecologia de Peixes em Águas Interiores. Tem experiência na área de recursos hídricos, atuando principalmente nos seguintes temas: monitoramento e modelagem hidrossedimentológica, estudos de aproveitamentos hidrelétricos, drenagem urbana, segurança hídrica para o desenvolvimento regional sustentável.

Índice Remissivo

A

acesso 6

ações 13, 19, 20, 21, 23, 28, 69

água 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 47, 52, 55, 56, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 74, 81, 82, 85, 86

águas 12, 18, 19, 25, 26, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 40, 45, 85

ambiental 13, 23, 27, 29, 41

ambiente 17, 25, 27, 35, 37, 42, 90

antrópicas 37, 63, 69, 85

B

bacia 12, 14, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 34, 35, 36, 37, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 80, 81, 83, 85, 86, 87, 90, 91

balanço 11, 16, 20, 22, 37, 38, 40, 74, 86

C

características 16, 19, 20, 21, 24, 29, 40, 43, 47, 55, 61, 62, 72, 73, 74, 80, 85, 86

ciclo 11, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 27, 38, 49, 69, 74

ciência 17, 36, 89

cobertura 17, 20, 21, 24, 48, 49, 50, 69, 70, 72, 74, 85, 86

complexo 11, 12, 37, 82

D

desenvolvimento 17, 19, 27, 31, 35, 36, 37, 38, 85

desmatamento 21, 48
disponibilidade 11, 26, 31, 35, 37
drenagem 22, 23, 46, 57, 62

E

economia 31
elétrica 24, 25, 38, 41, 42
energia 12, 16, 24, 25, 38, 40, 41, 42
escoamento 17, 18, 19, 20, 21, 22, 45, 46, 48, 50, 52,
69, 72, 73, 85, 87

F

fisiográficas 24, 43, 74
floresta 21, 48, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 85

G

geologia 46, 57, 58, 85
geomorfologia 46, 58, 85
geomorfológicas 24, 59, 73
geração 12, 13, 16, 24, 38, 40, 41, 42, 48, 82, 85
gerenciamento 11, 16, 26, 27, 31, 37, 87
gestão 11, 12, 16, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30,
31, 32, 34, 40, 52, 85, 86, 87
gestores 31

H

hidrelétrica 12, 65, 87
hidrelétrico 12, 37
hídrica 11, 20, 25, 26, 28, 35, 37, 38, 69, 80

hídrico 11, 12, 16, 20, 21, 23, 26, 37, 38, 39, 40, 69, 80

hídricos 11, 13, 16, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 37, 57, 86, 87, 91

hidrográfica 17, 20, 22, 23, 24, 25, 30, 33, 35, 36, 37, 42, 45, 56, 87, 90, 91, 92

hidrográficas 11

hidrologia 16, 17, 18, 20, 36, 37, 46, 69

hidrológica 17, 35, 36, 69, 73, 85

hidrológico 17, 18, 20, 21, 22, 24, 31, 34, 37, 38, 41, 51, 69, 73, 74, 79

I

impacto 13, 20, 37, 41

impactos 12, 13, 27, 41, 42, 88

L

limitado 28, 31, 86

M

meio 11, 13, 17, 18, 19, 20, 23, 25, 27, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 42, 43, 47, 48, 51, 53, 54, 55, 62, 70, 81, 83, 85, 90

N

naturais 12, 20, 27, 30, 37, 38, 39, 89

natural 31

natureza 17, 19

O

órgãos 12, 23, 28, 31, 32, 62, 85

Q

qualidade 16, 25, 27, 29, 31, 80

R

racionalização 31

recurso 16, 31, 86

recursos 11, 13, 16, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 42, 86, 87, 89, 91

região 11, 12, 13, 19, 22, 26, 32, 35, 36, 38, 42, 46, 47, 51, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 67, 69, 79, 81, 85

regiões 11, 21, 29, 35, 41, 46, 48, 49, 52, 66, 72, 86

S

socioeconômico 27, 35

solo 17, 19, 20, 21, 24, 29, 38, 46, 48, 49, 50, 61, 62, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 85

sustentabilidade 27

V

vazão 12, 13, 18, 19, 20, 23, 35, 38, 39, 40, 41, 51, 52, 53, 69, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 86, 87

vazões 39, 40, 53, 74, 76, 77, 79, 80, 82, 83, 84, 86

vegetal 17, 20, 21, 24, 42, 48, 49, 69, 70, 72, 74, 85, 86



AYA EDITORA
2024