

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA – CVRM
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE – IEAA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ÍISIS RIBEIRO DO NASCIMENTO

**AJUSTE LINEAR PARA PREENCHIMENTO DE FALHAS EM DADOS DE
COTAS DO RIO MADEIRA, EM HUMAITÁ-AM**

Humaitá/AM
2019

ÍISIS RIBEIRO DO NASCIMENTO

**AJUSTE LINEAR PARA PREENCHIMENTO DE FALHAS EM DADOS DE
COTAS DO RIO MADEIRA, EM HUMAITÁ-AM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental do Instituto de Educação,
Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental.

ORIENTADOR: Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE SANTOS QUERINO

Humaitá/AM
2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

N244a Nascimento, Ísis Ribeiro do
Ajuste linear para preenchimento de falhas em dados de cotas do rio Madeira, em Humaitá-AM / Ísis Ribeiro do Nascimento. 2019
41 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Carlos Alexandre Santos Querino
TCC de Graduação (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Fluviometria. 2. série hidrológica. 3. rio Madeira. 4. Estatística.
I. Querino, Carlos Alexandre Santos II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

ÍSIS RIBEIRO DO NASCIMENTO

**AJUSTE LINEAR PARA PREENCHIMENTO DE FALHAS EM DADOS DE
COTAS DO RIO MADEIRA, EM HUMAITÁ-AM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental do Instituto de Educação,
Agricultura e Ambiente – IEAA/UFAM
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em 5 de julho de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Carlos Alexandre Santos Querino, Presidente

Universidade Federal do Amazonas

Prof.ª Dr.ª. Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino, Membro

Universidade Federal do Amazonas

Eng. Ambiental Bel. Paula Caroline dos Santos Silva, Membro

Universidade Federal do Amazonas

Dedico de maneira carinhosa a todos os meus incentivadores nos momentos mais difíceis que passei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser meu refúgio e fortaleza.

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela formação recebida.

A minha mãe Raimunda Ivony Nascimento Passos pela criação que me deu, sendo por vezes pai e mãe, pela mulher guerreira e batalhadora que me inspira a cada amanhecer de um novo dia a correr atrás dos meus sonhos.

Aos meus familiares, minha avó Antônia Raimunda do Nascimento Passos, minha tia e segunda mãe Maria Rita da Costa Soares, minha tia Maria do Carmo Gorgonha, aos meus pais postíços de Maria do Rosário Teixeira e Dimas Augusto Gouveia e aos meus irmãos Carlos Henrique, Carolyny Cristina, Isabelle Jorge, Isadora Jorge e Ingrid Lins pelo incentivo.

In memoriam aos meus familiares, vizinhos, amigos e conhecidos que não puderam viver para ver esse momento de conquista, mas que sempre torceram por mim ao longo dessa trajetória acadêmica.

Aos profissionais que fizeram parte da minha formação durante a vida acadêmica e fora dela, que têm minha admiração e respeito, meus professores: Carlos Alexandre Santos Querino, Ana Cláudia Fernandes Nogueira, Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino, Wanderlei Mendes Soares, Allison Pinto Batista, Evanizio Marinho de Menezes Junior, Antônio José Leal Nina Roldão, Diogo André Pinheiro da Silva, André Moreira Bordinhon, Benone Otávio Souza de Oliveira, Rosimeri da Silva Pereira, Viviane Vidal da Silva e Luciano Rohleder.

Aos membros e egressos do Grupo de Pesquisa em Interação Biosfera Atmosfera na Amazônia (GPIBA) e do Núcleo de Pesquisa e Extensão em Ambiente, Socioeconomia e Agroecologia (NUPEAS).

Aos amigos Ana Paula Teixeira Gouveia, Otacílio Pereira de Oliveira Junior, Marbele Rosas de Oliveira, Izaquiel Bitencourt de Macedo, Luiz Octávio Fabrício dos Santos, Everton Luan Pinto Costa, Izael Portela do Carmo, Edinelson Vasconcelos dos Santos, Ozineide Nascimento Nunes, Arlanda Nascimento Colares, Mirla Soares de Oliveira, Rafaela da Silva Paixão, Daniele Ivana Pereira dos Santos, Andreza Marcião dos Santos, Ednelza Sarmiento Garcia Gushiken, Rafael Almeida, Altemar Lopes Pedreira Junior, Pedro Cardoso Mota Junior, Jaine de Oliveira Barbosa, Antônio Marcos Rodrigues de Freitas, Sabrina da Silva de Moura, Aryanne Resende de Melo Moura,

Dayanne de Souza Carvalho, Helena Carolina Alves Barreto, Fabiano Gomes Mota, Caroline Duarte Brighent, Francisca Xavier Quintino Neta e Joceli Menezes.

Aos meus colegas de turma que compartilharam comigo momentos diversos em sala de aula, aulas de campo, aulas no laboratório e visitas técnicas, foi um prazer compartilhar aprendizados com vocês.

A todos os técnicos do IEAA pela dedicação e trabalho, bem como aos terceirizados, pessoas maravilhosas que estiveram comigo ao longo da graduação.

Aos irmãos de curso que conheci no Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia Ambiental (ENEEAmb) nos anos de 2017 a 2019 e à Executiva Nacional dos Estudantes de Engenharia Ambiental (ENEEA) da qual faço parte como Coordenadora de Pesquisa e Extensão na gestão 2017-2019.

Aos parceiros do Serviço de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), Centro Regional de Porto Velho: Ana Cristina Santos Strava Correa, Marcelo José Gama da Silva, Flávio Augusto Altieri dos Santos, Thiago Bortoleto Rodrigues, Astrea Alves Jordão Cardoso, Narla Silva Barbosa e Karolaine Pamplona Carvalho.

A Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilidade dos dados.

A Prefeitura Municipal de Manicoré pelo incentivo financeiro através do Programa Bolsa Universidade.

A banca examinadora deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Quando tocamos em algo, deixamos as nossas impressões digitais. Quando tocamos a vida das pessoas, deixamos a nossa identidade. A vida é boa quando você está feliz. Mas a vida é muito melhor quando os outros estão felizes por causa de você [...]. Não importa quão difícil seja a situação que você se encontra, continue fazendo o bem.

Jackson Duarte

RESUMO

Os estudos hidrológicos estão em constante aperfeiçoamento buscando fidelizar cada vez mais fenômenos do mundo real. Neste sentido, a hidrologia estatística vem no campo dos recursos hídricos ligadas a estudos e projetos de engenharia hidrológica que necessitam de teorias para uma solução probabilística de um dado fenômeno. Um desses estudos é o de série hidrológica, que incluem coletas em intervalos de tempo regulares ao longo de vários anos de registro. Neste tipo de análise a característica de maior importância é a dependência dos valores de vizinhança onde a ordem dos dados torna-se crucial. Assim, o objetivo desse trabalho foi realizar uma abordagem estatística da série histórica dos dados de cotas do Rio Madeira da estação da ANA em HTA. Foram utilizados dados fluviométricos da estação da ANA série hidrológica de cotas do rio Madeira no período de 1968 a 2018. Foi feita a correlação entre a estação de PVH e HTA linear para o preenchimento de falhas nas séries nos anos de 1990 e 2013 com o uso da regressão linear simples. Posteriormente, através da análise da série completa gerou-se o cotograma e no intervalo de 1968 a 1978 e verificou-se a tendência da série nesse intervalo de tempo onde a mesma foi positiva pela análise do sinal (+) na equação da reta. A correlação entre a estação de PVH e HTA apresentou $R^2 = 0,97$ para o ano de 1989 utilizado para preencher o ano de 1999 $R^2 = 0,99$ para o ano de 2012 utilizado para preencher as falhas de 2013 em HTA. Assim, verificou-se que a estação fluviométrica de HTA recebe o correspondente a 98% do total de água do rio Madeira que passa por PVH. E plotando os gráficos de cotas de 10 em 10 anos a partir de 1972 das estações de PVH e HTA foi possível observar que elas quase se espelham tendo uma diferença no valor das cotas que deduz-se ser por conta da RN ou do TDH.

PALAVRAS-CHAVES: Fluviometria. Série hidrológica. Rio Madeira. Estatística.

ABSTRACT

Hydrological studies are constantly improving, aiming to establish more and more real-world phenomena. In this sense, statistical hydrology comes in the field of water resources linked to studies and hydrological engineering projects that require theories for a probabilistic solution of a given phenomenon. One such study is the hydrological series, which include collections at regular intervals over several years of record. In this type of analysis the most important feature is the dependence of neighborhood values where the order of the data becomes crucial. Thus, the objective of this work was to perform a statistical approach to the historical series of Madeira River quota data from the ANA station in HTA. Fluviometric data were used from the ANA station hydrological series of Madeira river basins from 1968 to 2018. A correlation was made between the PVH station and linear HTA for the filling of faults in the series in the years 1990 and 2013 with the use of simple linear regression. Then, through the analysis of the complete series, the cotagram was generated and in the interval from 1968 to 1978 and the trend of the series in that time interval where it was positive by the analysis of the signal (+) in the equation of the line was verified. The correlation between the PVH and HTA season showed $R^2 = 0.97$ for the year 1989 used to fill the year 1999 $R^2 = 0.99$ for the year 2012 used to fill the 2013 failures in HTA. Thus, it was verified that the fluviometric station of HTA receives the corresponding to 98% of the total of water of the Madeira river that passes through PVH. And plotting the graphs of quotas every 10 years from 1972 on the PVH and HTA stations, it was possible to observe that they almost mirrored a difference in the value of the quotas that are deduced to be due to the RN or TDH.

KEYWORDS: Fluviometry. Hydrological series. River Madeira. Statistic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalação das réguas limnimétricas. _____	22
Figura 2. Rios que compõem a Bacia Amazônica, onde o rio Madeira se mostra da junção do rio Beni com o rio Mamoré _____	Erro! Indicador não definido. 4
Figura 3. Localização da estação fluviométrica da ANA em HTA _____	266
Figura 4. Cotograma da estação da ANA em Humaitá/AM (1968-2018) _____	30
Figura 5. Correlação entre os dados da estação de PVH e HTA para o ano de 1989 _	31
Figura 6. Aplicação do modelo proposto para preenchimento das cotas de Humaitá no ano de 1990 _____	32
Figura 7. Correlação entre os dados de PVH e HTA para o ano de 2012 _____	33
Figura 8. Aplicação do modelo proposto para preenchimento das cotas de Humaitá no ano de 2013 _____	34
Figura 9. Correlação entre os dados de PVH e HTA para o intervalo de 1969-1980 _	35
Figura 10. Aplicação do modelo proposto para preenchimento das cotas de Humaitá nos anos 1969-1980 _____	36
Figura 11. Comparação dos dados entre as estações de PVH e HTA para os anos de 1972, 1982, 1992, 2002, 2012 e a cheia histórica de 2014 _____	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Calibração para os valores estimados para o preenchimento de falhas nos anos de 1990 e 2013	34
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
BR	Estrada Federal no Brasil
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
EMA	Erro Médio Absoluto
HTA	Humaitá/AM
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
PMRE	Erro Percentual Médio Relativo
PVH	Porto Velho/RO
RHN	Rede Hidrometeorologia Nacional
RMSE	Raiz do Erro Médio Quadrático
RN	Referência de Nível

LISTA DE SIMBOLOS

d	Coeficiente de Willmott
m³	Metros cúbicos
%	Porcentagem
MWh	Megawatt-hora
n	Número de amostras
<i>O_i</i>	Valores observados
<i>P_i</i>	Valores estimados

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3.	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	Hidrologia	19
3.2	Hidrologia estatística	19
3.3	Séries hidrológicas	20
3.4	Preenchimento de falhas em séries hidrológicas	21
3.5	Fluviometria	22
3.6	Rio Madeira	23
3.7	Estação de Humaitá	Erro! Indicador não definido.
5.	MATERIAL E MÉTODOS	26
5.1	Área de Estudo	26
5.2	Dados	27
5.3	Análise estatística	27
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
7.	CONCLUSÕES	38
8.	REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

No contexto regional, o rio Madeira é como se fosse uma estrada que liga cidades e em muitas delas é a via de transporte mais viável economicamente, pois só se consegue sair dessas cidades de barco ou de avião, e a primeira opção é a que mais condiz com a realidade econômica local, sendo também uma das principais rotas fluviais das embarcações que transportam suprimentos, escoam a produção agrícola e combustíveis (AMAZONIA, 2015).

O rio Madeira encontra-se em uma das regiões mais extensas de áreas quentes e úmidas do mundo. Possui índices pluviométricos com média em torno de 2.300 mm/ano, resultante da sua posição latitudinal em relação a linha do equador, que possibilita grande entrada de radiação solar e atuação das dinâmicas dos sistemas atmosféricos que atuam nessa porção do continente sul-americano (MORENGO e NOBRE, 2009).

No entanto, os estudos hidrológicos em todas as regiões da bacia do Madeira ainda são escassos e muito limitados a regiões específicas do Rio, como por exemplo, Porto Velho. Nesta mesma vertente, Collischonn e Dornelles (2013) afirmam que em um país com as dimensões continentais como o Brasil, é de fundamental importância dispor de conhecimento em diferentes áreas e a hidrologia vem como uma ciência multidisciplinar profundamente ligada aos problemas e valores da sociedade moderna.

Assim, a hidrologia surge como uma área de estudos que engloba fenômenos abordados no ciclo hidrológico como os processos de infiltração, evaporação, precipitação, escoamento em rios dentre outros. Para tais estudos necessita-se de uma análise qualitativa e quantitativa que possibilite um melhor entendimento dessas variáveis ambientais que subsidiam estudos de impacto da alteração de um rio, previsão de enchente em tempo real, ocorrência de eventos extremos, estatisticamente possíveis, possibilitando que medidas preventivas sejam tomadas frente a esses eventos (RHAMA, 2018).

Para isso, Neghettini e Pinto (2007) utilizaram-se de instrumentos da hidrologia estatística para extrair amostras de elementos para concluir se um fenômeno se encontra ou não fora da amplitude estabelecida pelos limites amostrais, por exemplo, para analisar a série histórica das cotas, precipitação e vazão. Estudos com esse tipo de conotação é importante para determinação de valores mínimos já registrados, valores de risco, alertas de inundação ou seca, dentre outros.

No entanto, um dos problemas encontrados para o estudo dessas séries hidrológicas está na observação da falha de dados contínuos que é parte fundamental para análise de uma série hidrológica, o que força a utilização de métodos estatísticos para o preenchimento dessas falhas, onde Tucci (2001) corrobora explicando que para esses casos recorre-se a processos que estejam relacionados aquele de interesse onde são testados matematicamente a relação existente entre os processos onde o modelo escolhido é analisado para verificar a sua adequação.

Assim, acredita-se na necessidade de estudos do tipo desse para a cidade de Humaitá/AM que é a primeira cidade após Porto Velho/RO, que está a jusante de 2 hidrelétricas recentemente em operação e que é banhada pelo rio Madeira que é o rio de maior importância econômica e social, sendo uma via de transporte fluvial valiosa para a região do Vale do rio Madeira, carente de estudos e pesquisas que possam subsidiar tomadas de decisões ao planejamento estratégico da cidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a série histórica dos dados de cotas do Rio Madeira da estação da ANA em Humaitá/AM.

2.2 Objetivos Específicos

- Propor um método para preenchimento de falhas na série histórica para um ano com falhas longas de dados;
- Fazer uma correlação dos dados de cota de Porto Velho e Humaitá em um mesmo período;
- Analisar tendência em diferentes intervalos de décadas das cotas da série histórica.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Hidrologia

A hidrologia é a ciência que estuda a ocorrência, transporte e distribuição da água no planeta, envolvendo os aspectos físico-químicos e biológicos bem como as suas alterações de regime em seus diferentes estados, seja pela contaminação pela ação antrópica ou como um corpo receptor de efluentes (SILVA, 2015).

A importância da água para a humanidade é identificada historicamente ao se observar que os primeiros povos e civilizações se desenvolveram às margens de corpos d'água como rios e lagos (PAZ, 2004).

A hidrologia utiliza conhecimentos de hidráulica, estatística e física como base para descrever os processos que ocorrem no ciclo hidrológico quantificando suas variáveis, tendo um viés com a meteorologia, climatologia, oceanografia e glaciologia mas diferenciando-se principalmente porque se dedica aos estudos dos processos do ciclo hidrológico em contato com os continentes (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013).

Desta forma, a hidrologia evoluiu de uma ciência com supremacia descritiva e quantitativa para uma área onde se explora os métodos quantitativos com metodologias estatísticas e matemáticas onde se consegue os resultados com uma melhor exploração das informações existentes (TUCCI, 2012).

E quando se trata de hidrologia em recursos hídricos, também chamada de engenharia hidrológica, é a área onde ocorre o estudo do comportamento físico e de ocorrências e aproveitamento da água em nível de bacia hidrográfica avaliando em tempo e espaço o comportamento dos processos hidrológicos que podem sofrer impactos com a modificação da bacia (TUCCI, 2012).

Uma das questões mais importantes em estudos hidrológicos é a de poder estimar a probabilidade da ocorrência de eventos hidrológicos de uma determinada magnitude no futuro, tendo por base a análise de dados do passado utilizando-se de técnicas de estatística e probabilidade que consideram as variáveis hidrológicas como aleatórias (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013).

3.2 Hidrologia estatística

A hidrologia estatística vem corroborar com a linguagem técnica especializada no campo dos recursos hídricos, trazendo o conhecimento das ferramentas estatísticas para a evolução e prática da hidrologia que necessita de aplicações rotineiras ligadas aos

estudos e projetos de engenharia hidrológica que necessitam das teorias probabilísticas para a sua solução (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Tem como objetivo principal, extrair da amostra elementos suficientes para fazer uma conclusão probabilística de um fenômeno que ainda não foi observado, ou seja, que está fora da amplitude estabelecida pelos limites amostrais (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Os modelos matemáticos surgem para dados hidrológicos relacionando variáveis de vazões com intensidade da chuva em um método racional relacionando vazões máximas com a intensidade da chuva de duração equivalente ao seu tempo de concentração (MULVANY, 1850).

Desde então foram feitos aprimoramentos com o intuito de gerar modelos determinísticos que expressassem as fases do ciclo hidrológico aos quais são grandes contribuintes Box & Jenkins trazendo a abordagem estatística aos modelos hidrológicos onde na sua quarta edição já passa a ter um novo complemento (BOX, JENKINS, *et al.*, 2015).

Desta forma, unindo a matemática com a estatística é possível gerar modelos que representem o que acontece no mundo real, simulando cenários que antecipem eventos hidrológicos ou que auxiliem na tomada de decisão tendo por base uma série histórica de dados.

3.3 Séries hidrológicas

São observações que incluem coletas em intervalos de tempo regulares ao longo de vários anos de registros, ou apenas alguns de seus valores característicos como por exemplo, os máximos, os mínimos e as médias mensais e/ou anuais (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Considera-se uma série completa quando todos os valores de uma série hidrológica são consideradas, caso apenas algumas observações do registro da série são considerados, ela é considerada uma série hidrológica reduzida e, embora uma série hidrológica reduzida tenha menos informações, reúne informações essenciais em estudos hidrológicos estatísticos podendo ver eventos excepcionais que podem passar despercebidos analisando uma série por inteira (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

A observação de séries hidrológicas longas revelará a ocorrência de extremos (máximos e mínimos) com valores em diferentes sequências fazendo com que essas variáveis hidrológicas tenham características aleatórias. Essas variáveis hidrológicas

estão sempre associadas a uma probabilidade de ocorrência fazendo com que sejam sempre dimensionadas para um determinado “risco” de falha (SITE WEBNODE, s/d)

As séries hidrológicas podem apresentar uma tendência ou “salto”, como resultados de uma periodicidade ao longo do tempo, podendo ser causado por variações naturais ou por ações antrópicas, o que dá a essa série o nome de não estacionária ao longo do tempo (NAGHETTINI e PINTO, 2007)

A característica mais importante desse tipo de série é que as observações dos valores da vizinhança possuem uma dependência, e há um interesse em analisar e modelar essa dependência onde a ordem dos dados é crucial para bons resultados (EHLERS, 2005).

Para o estudo de séries hidrológicas, parte-se da premissa de que a série é estacionária, ou seja, de que os eventos da amostra são invariáveis ao longo do tempo mas isso vem mudando e sendo amplamente aceito pela comunidade científica tanto a nível nacional quanto internacional, uma vez que estudos hidrológicos apresentam uma dinâmica e fluxos de processos que torna a não-estacionariedade de uma série objeto de estudos cada vez mais robustos (MOREIRA e NAGHETTINI, 2016).

Assim, empregar técnicas para o estudo de séries hidrológicas é algo fundamental para gerar dados e entender a dinâmica de corpos hídricos dos mais diversos, trazendo para a comunidade científica estudos cada vez mais completos com as ferramentas tecnológicas disponíveis no momento onde a aplicação desses instrumentos é uma ferramenta útil para estudos e gestão dos recursos hídricos permitindo o conhecimento do comportamento hidrológico tendo como produto o aproveitamento racional deste recurso (BARNETCHE e KOBIYAMA, 2006).

3.4 Preenchimento de falhas em séries hidrológicas

A existência de falhas em séries hidrológicas é algo corriqueiro para esse tipo de dado, e deve-se basicamente a ausência do observador, perdas de anotações ou transcrições dos registros pelos operadores, falhas nos mecanismos de registro e encerramento das observações, mas como necessita-se trabalhar com a continuidade dos dados, recorre-se a métodos matemáticos e estatísticos para suprir essa lacuna (OLIVEIRA, FIOREZE, *et al.*, 2010).

Alguns métodos são utilizados para fazer esse preenchimento de falhas, a exemplo, a regressão linear simples, regressão linear múltipla, ponderação regional, vetor regional, vetor regional combinado com ponderação regional, ARIMA e redes neurais,

todos com o mesmo intuito, o de gerar estimativas para os dados faltantes baseados em fórmulas estatísticas ou algoritmos elaborados, a fim de que possa usar a série de dados contínuos para uma análise científica (BIER e FERRAZ, 2017).

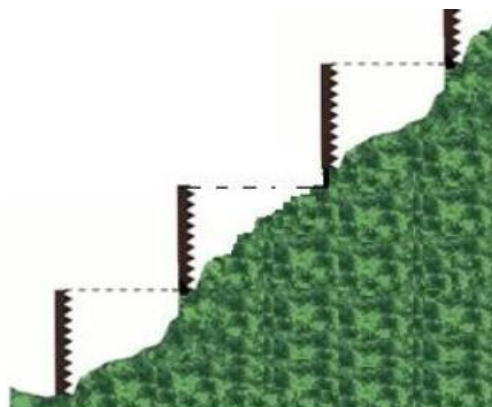
Então, o preenchimento de falhas em série de dados contribui para a geração de dados mais confiáveis, ao passo que passa por calibração e validação do método promovendo um grande avanço nas pesquisas de áreas afins, contribuindo para a continuidade dos dados, algo muito importante na análise desse tipo de dado (MELLO, KOHLS e OLIVEIRA, 2017).

3.5 Fluviometria

É o capítulo da hidrologia que abrange técnicas de medições dos níveis da água (cotas) e as descargas (vazões) líquidas, em uma seção de um rio e é composta basicamente por réguas linimétricas que medem a altura de um ponto fixo no fundo do rio até a marca d'água alcançada na régua no momento da leitura, onde instala-se as estações fluviométricas (EMÍLIO, 2016).

A medição no nível da água do rio, também chamado de cota, geralmente é realizada com o emprego das réguas linimétricas (hastes de madeira, alumínio, PVC, fibra de vidro ou metal com graduações) que possuem graduações a cada 1 cm e numerada a cada 2 cm, que são fincadas no solo ao longo de uma seção transversal (Figura 1) e sua leitura é feita por um observador com periodicidade diária, geralmente às 7h e 17h (PAZ, 2004).

Figura 1. Instalação das réguas linimétricas.



Fonte: ANA, 2016

Os níveis ou cotas fluviométricas são os valores resultantes das anotações da régua limnimétrica ou linígrafos que permite a estimativa da vazão em uma determinada seção transversal de um rio. Utiliza-se locais como pilares de pontes ou em algum ponto fixo na margem, desde que consiga fazer as medições mesmo no período de maior estiagem (PUERTA, 2011).

Em uma seção de réguas são colocadas tantas réguas quantas forem necessárias para saber o nível do rio utilizando os Referência de Nível (RN) que são padronizados em chapas de bronze, alumínio ou similar, graduadas com indicação do desnível geométrico em relação ao zero das réguas e servem para saber o nível do rio tanto na estiagem quanto na cheia (ANA, 2016).

As leituras feitas na régua limnimétrica estão passíveis de erros devido a dinâmica e oscilação do nível do rio, imperícia do observador e até mesmo erros causais no chamado zero da régua que é o ponto principal para esse tipo de medição, causando erros de leitura que comprometem a acurácia dos dados (COELHO, 2011)

A ANA é a responsável pela coordenação da RHN, um sistema que abriga 4.641¹ pontos de monitoramento em todo o país em estações que medem em rios (1.874): cota, vazão, qualidade da água e transporte de sedimentos, e outras que monitoram principalmente as chuvas (2.767 estações) onde conta além da mão de obra própria, com parceiros para o efetivo funcionamento do sistema (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019).

3.6 Rio Madeira

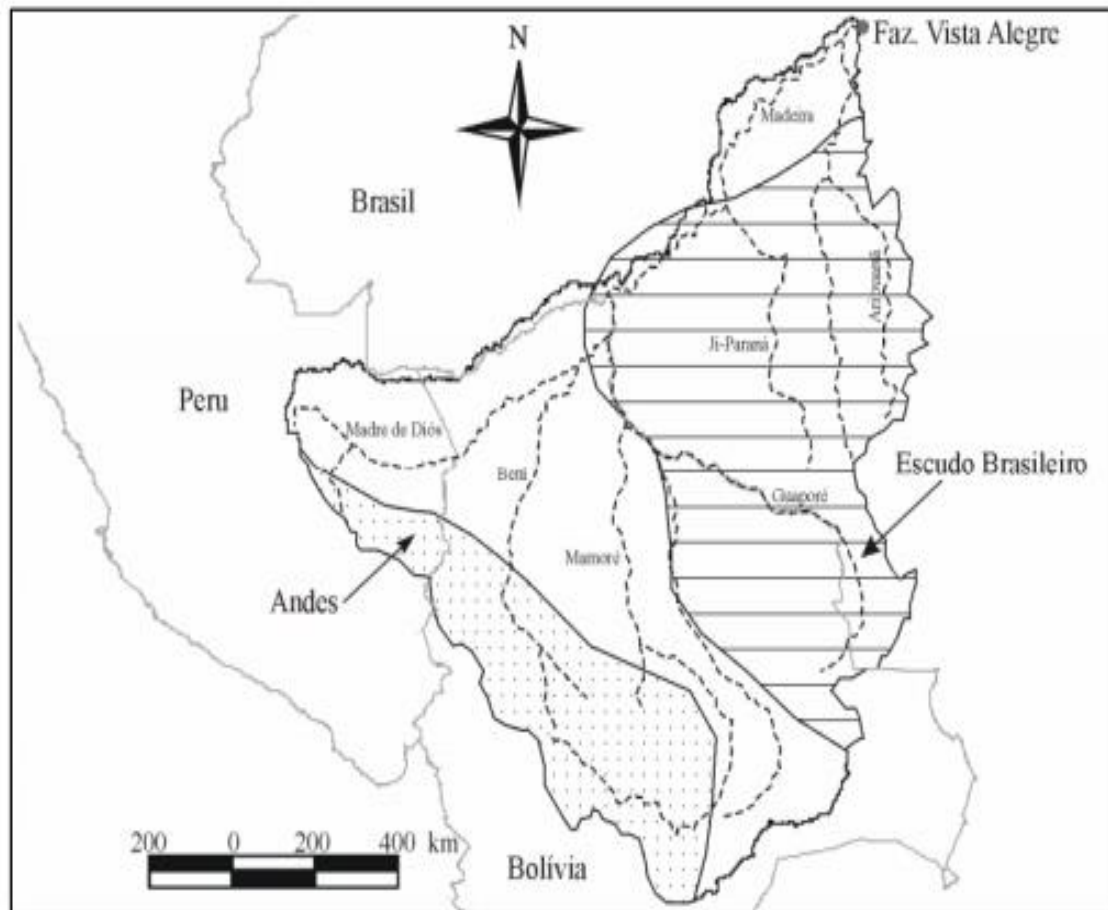
O rio Madeira é um rio retilíneo e meandrante com áreas sinuosas e ilhas. Tem na sua margem direita longos tributários com maior caudal os rios Ipixuna, Marmelos, Manicoré, Atininga, Mariepauá e Aripuanã, e na sua margem esquerda conta com tributários curtos com seus trechos inferiores afogados em lagos que desaguam no Madeira através de furos (PY-DANIEL, 2007).

O rio Madeira, localizado na Bacia Amazônica, nasce da junção dos rios Beni e Mamoré (Figura 2), tornando-se o maior afluente do rio Amazonas pela margem direita, possui uma extensão total de aproximadamente 3.315 km onde cerca de 1.700 km ficam em território brasileiro mas devido aos acidentes hidrográficos é de cerca de 1.116 km a

¹ Os números referem-se ao inventário de estações da ANA em 03.04.2018, podendo sofrer alteração em função da incorporação de novas estações ou extinção das já existentes.

partir da cachoeira de Santo Antônio em PVH até a sua foz, cerca de 50 km a montante de Itacoatiara/AM (MELO e PAULA, 2008).

Figura 3. Rios que compõem a Bacia Amazônica, onde o rio Madeira se mostra da junção do rio Beni com o rio Mamoré



Fonte: Ribeiro Neto, 2006

Possui águas barrentas também chamada de águas “brancas” por ser um rio ainda em formação e suas águas carregam restos de árvores, terras caídas, balesdos e matupás principalmente na cheia do rio (outubro a abril), inspirando cuidados na navegação e na seca do rio (maio a setembro) o perigo se dá pela formação dos bancos de areia que mudam o caminho do tráfego pelo rio obrigando os práticos² a navegarem com velocidade reduzida e cuidado redobrado (AMBIENTE BRASIL, 2017).

² Designação dada a quem pilota embarcação, o mesmo que piloto de barco.

No trecho a jusante da cidade de PVH descendo o rio, os principais contribuintes até a cidade de HTA, pela margem direita são os rios Jamari e o rio Machado enquanto que pela margem esquerda temos os rios Cuniã e Aponiã (SAMPAIO, 2017).

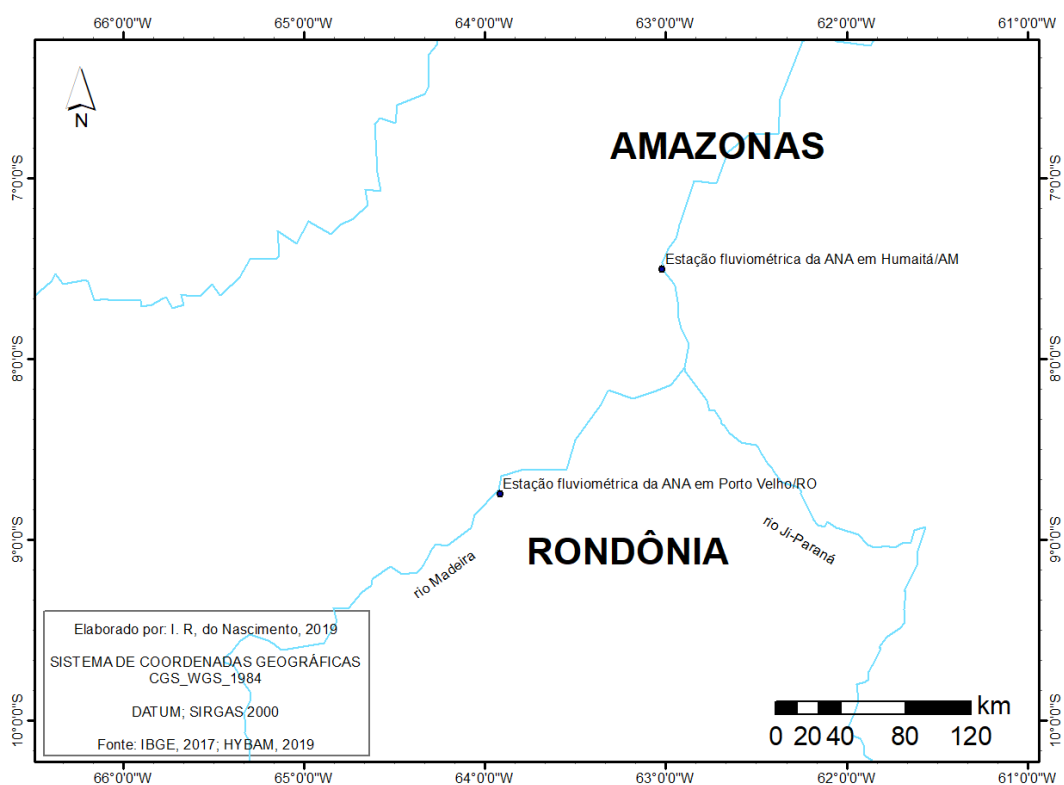
A partir da cachoeira de Santo Antônio, distante 7 km de Porto Velho à montante, até desaguar no Rio Amazonas, o rio Madeira apresenta-se com características típicas de rio de planície, chamado de vale do rio Madeira.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

O município de Humaitá localizado na região norte do Brasil, mesorregião sul do Estado do Amazonas (Figura 3) situado no entroncamento das rodovias BR 230 (Transamazônica) e a BR 319 (Porto Velho-Manaus) tem uma população estimada de 54.001 habitantes (IBGE, 2018). O clima na região de estudo, de acordo com a classificação de Köpen, é tropical chuvoso, ou seja, uma pequena estação seca (junho a agosto), e prolongada estação chuvosa (outubro a março), sem apresentar déficit hídrico.

Figura 3. Localização da estação fluviométrica da ANA em HTA



Fonte: Autora

A estação de monitoramento fluviométrico do rio Madeira na cidade de HTA (Figura 2) sob responsabilidade da ANA está situada sob as coordenadas: -7, 5028 S e -63,0183 W, 59m é banhada pelo rio Madeira e tem uma área de drenagem de 1.090.000 km². É operada pela empresa Construfam Engenharia e Empreendimentos Ltda que repassa os dados para a Ana que disponibiliza os dados ao público através do hidroweb que faz parte da Rede Hidrológica Nacional.

Os dados desta estação tiveram seus primeiros registros em 01 de março de 1931 quando a estação ainda era convencional, ou seja, os registros dependiam de uma pessoa ir até a régua limnimétrica em horário regular diariamente e no mesmo horário e fazer a anotação do nível do rio. Nesses anos iniciais há muitas falhas de anotação dos dados que estão disponíveis, fazendo com que dificulte a análise dos dados.

Em 21 de março de 2013 não há registros da cota de nível devido aos barcos que passam e atracam próximo às margens terem arrancado as régua. Em 10 de dezembro de 2014 a estação foi colocada em manutenção devido a PCD ter sido levada pela enxurrada que desmoronou o barranco levando toda a estrutura (evento da maior cheia já registrada na região). Em 10 de junho de 2015 a estação passou foi atualizada. Em 09 de novembro de 2016 a PCD ANA/INPE foi substituída por uma PCD/GOES que teve sua última atualização em 18 de outubro de 2018.

5.2 Dados

Foram utilizados dados secundários produtos do Hidroweb (http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf) e Gestor PCD (<http://gestorpcd.ana.gov.br/serieHistorica.aspx>), ambos da Agência Nacional de Águas (ANA) com os dados de cotas no período de 1968 a 2018 da estação Humaitá (cód. 15630000) referente a estação de monitoramento de dados fluviométricos da ANA na cidade de HTA.

5.3 Análise estatística

Os dados foram trabalhados com a série completa com dados diários de cotas para a análise da série hidrológica completa e em sequência em séries reduzidas para análise de eventos ocorridos no intervalo de dez anos (MACHADO, VENTURA, *et al.*, 2015)

Para o preenchimento de falhas na série, foi utilizado o método da regressão linear simples proposta por Mello e Silva (2013) também citado por Bertoni e Tucci (2013) como sendo o método mais aprimorado para o preenchimento de falhas, que consiste em correlacionar o dado a ser preenchido tendo por base valores da estação vizinha sem falhas (Equação 1).

$$Y = a + bx \tag{1}$$

Onde Y são dos dados que se deseja preencher as falhas; a é o coeficiente angular e b o coeficiente linear e x são os valores da estação vizinha sem falha.

A função de correlação foi utilizada para a verificação dos valores de preenchimento para constatar ou não a relação entre as duas séries hidrológicas (Porto Velho e Humaitá) como forma de validação dos dados (Equação 2).

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

Onde \bar{x} e \bar{y} são as médias de amostra média (Porto Velho) e média (Humaitá).

Também foram trabalhadas as médias aritméticas (Equação 3) de máximas, médias e mínimas da série histórica completa, que é calculada por meio da adição de um grupo de números e, em seguida, dividindo pelo número de elementos.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3)$$

Para a observação dos mínimos e máximos de cotas da série, utilizou-se o percentil (Equação 4) para eventos de seca (90%) e para eventos de cheia (10%) na elaboração do cotograma da série completa (Figura 4) que também é o Tempo de Permanência (TP), ou seja, corresponde a “x” tempo que o valor da cota permaneceu naquele valor de “x%”.

$$P_i = L_i + \left[\frac{P - f'_{ac}}{f_{P_i}} \right] \cdot h \quad (4)$$

Onde L_i = limite inferior da classe do percentil i , para $i = 1, 2, \dots, 99$; $P = \frac{in}{100}$ = posição da classe do percentil; f'_{ac} = frequência acumulada crescente da classe anterior à classe do percentil i ; f_{P_i} = frequência absoluta da classe do percentil i ; h = amplitude da classe do percentil i .

A análise de regressões e correlações da série foram feitas pelo teste não-paramétrico de sequências onde as séries não rejeitadas passaram a ser avaliada pelo teste de tendência.

Para a verificação da calibração do preenchimento de falhas na série, foram utilizados o Erro Médio Absoluto (Equação 5), que mostra a distância média absoluta entre os valores estimados e os medidos, a Raiz do Erro Médio Quadrático (Equação 6) que é uma medida do desvio médio entre o observado e o estimado, o Erro Percentual Médio Relativo (Equação 7) que exprime-se o quão próximo está o valor estimado do valor observado na forma de porcentagem, e o Coeficiente de Willmott (Equação 8) reflete a precisão dos valores estimados em relação aos observados.

$$EMA = \sum \frac{|P_i - O_i|}{n} \quad (5)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(P_i^2 - O_i^2)}{n}} \quad (6)$$

$$PMRE = \frac{100}{n} \sum \left| \frac{P_i - O_i}{O_i} \right| \quad (7)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum(P_i^2 - O_i^2)}{\sum|P_i^2 - \bar{O}^2| + |O_i^2 - \bar{O}^2|} \right] \quad (8)$$

Para a tabulação, análise dos dados e geração dos gráficos utilizou-se o *software Microsoft Office Excel 365*.

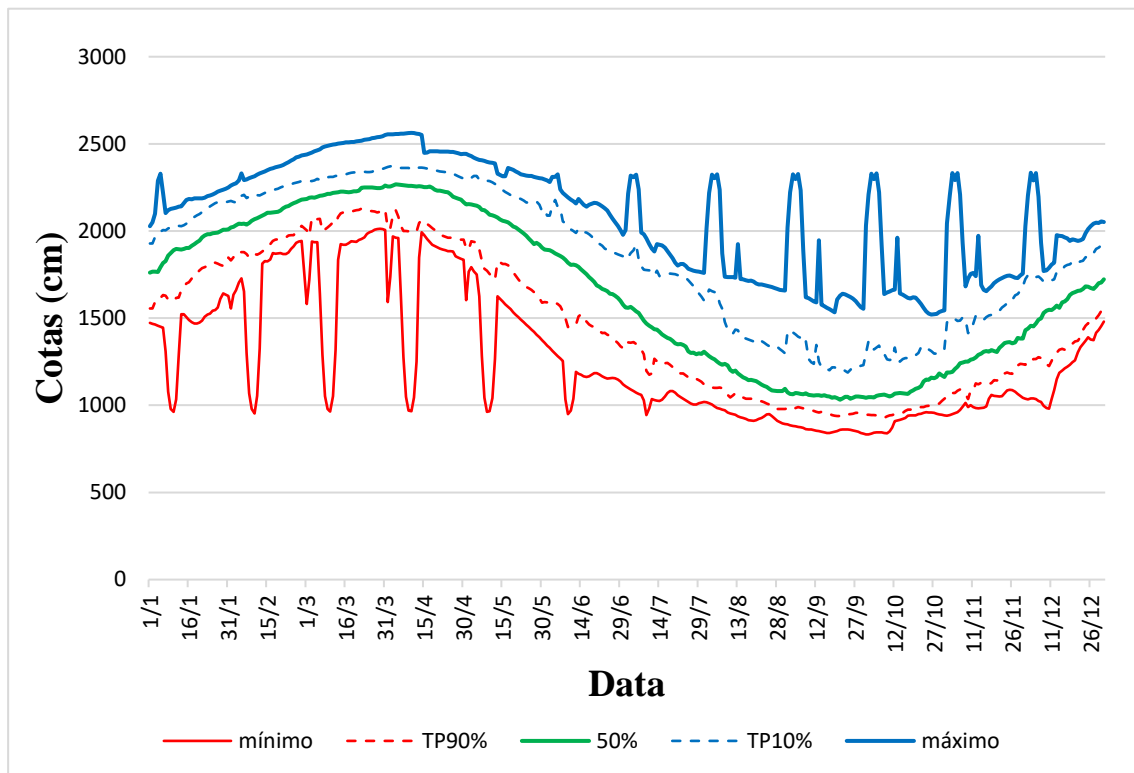
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se na série hidrológica de cotas da estação de Humaitá (Figura 4) a existência de picos, tanto nos valores de cota médios máximos quanto mínimos. Observou-se também que os maiores picos para a curva de TP90% ocorrem no início da série, possuem intervalos similares e valores idênticos. Para o TP10% observa que esses erros são comuns da metade da série para o final e possuem padrão similar ao TP90% com relação a intervalos de recorrência e igualdade nos picos.

Por serem extremamente discrepantes, acredita-se que os mesmos sejam provenientes de falhas nos registros dos dados e que, de alguma forma, foi aceito pelo sistema de controle de qualidade de dados da ANA. A ocorrência dessas falhas causa uma

descontinuidade na série hidrológica onde Bier e Ferraz (2017) dizem que pode ser decorrente tanto por falha humana (se for uma estação convencional), ou por uma falha no equipamento (se for uma estação automática) na leitura de dados da régua, ou por valores absurdos registrados na série.

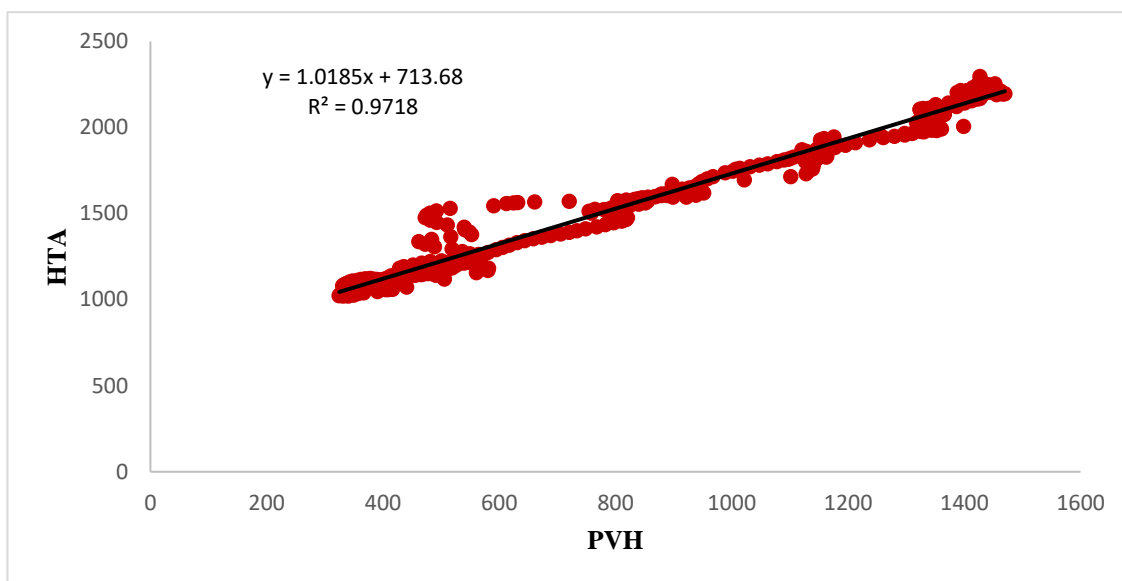
Figura 4. Cotograma da estação da ANA em Humaitá/AM (1968-2018)



Fonte: Dados da pesquisa

Analisou-se as falhas na série hidrológica (1968-2018) e para o ano de 1990 com falha de dados de 1 de outubro a 9 de novembro (estação de HTA), procedeu-se o preenchimento dos dados por regressão linear simples com base nos dados do ano anterior da estação de PVH, fazendo primeiramente a correlação entre as estações (Figura 5) e posteriormente a aplicação dos valores da estação vizinha para estimar os valores para a estação de HTA que obteve uma concordância correspondendo a 97% entre os dados das duas estações.

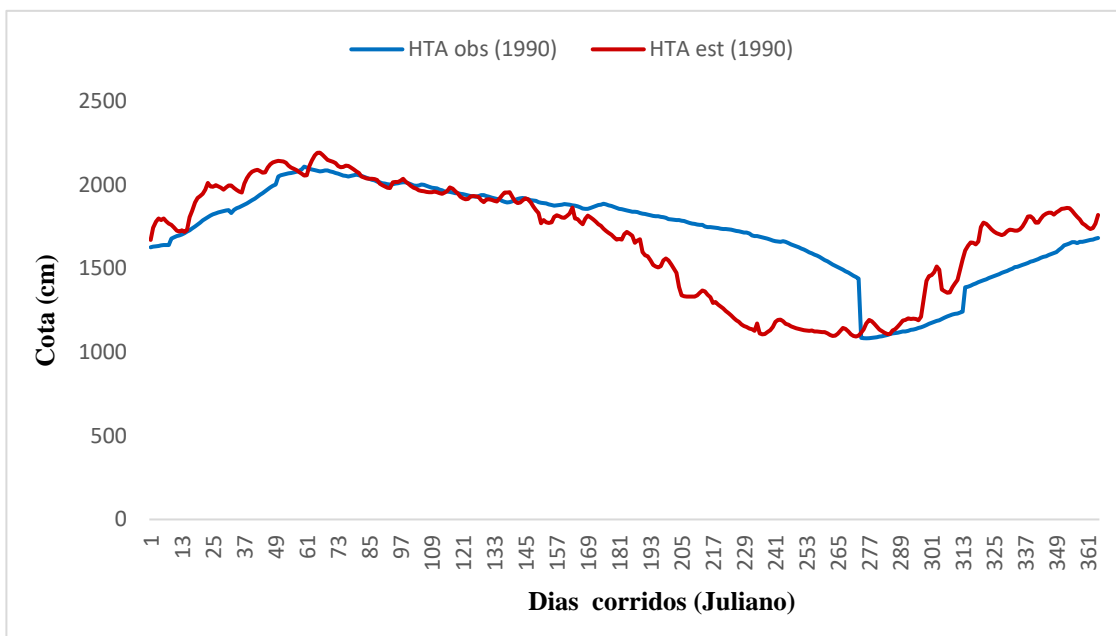
Figura 5. Correlação entre os dados da estação de PVH e HTA para o ano de 1989



Fonte: Dados da pesquisa

Após feita a correlação, aplicou-se os valores da estação de PVH na equação da reta para gerar os valores estimados para a série com falhas em HTA para o ano de 1990 plotando os valores observados com os estimados em um mesmo gráfico (Figura 6) onde pôde-se observar que do dia Juliano 1 (1 de janeiro) até o dia 59 (28 de fevereiro), os valores estimados superestimam os observados e a partir do dia 149 (29 de junho) até o dia 273 (30 de setembro), os valores estimados subestimam os valores observados e a partir dessa data passam novamente a superestimar os valores observados até o final daquele ano.

Figura 6. Aplicação do modelo proposto para preenchimento das cotas de Humaitá no ano de 1990

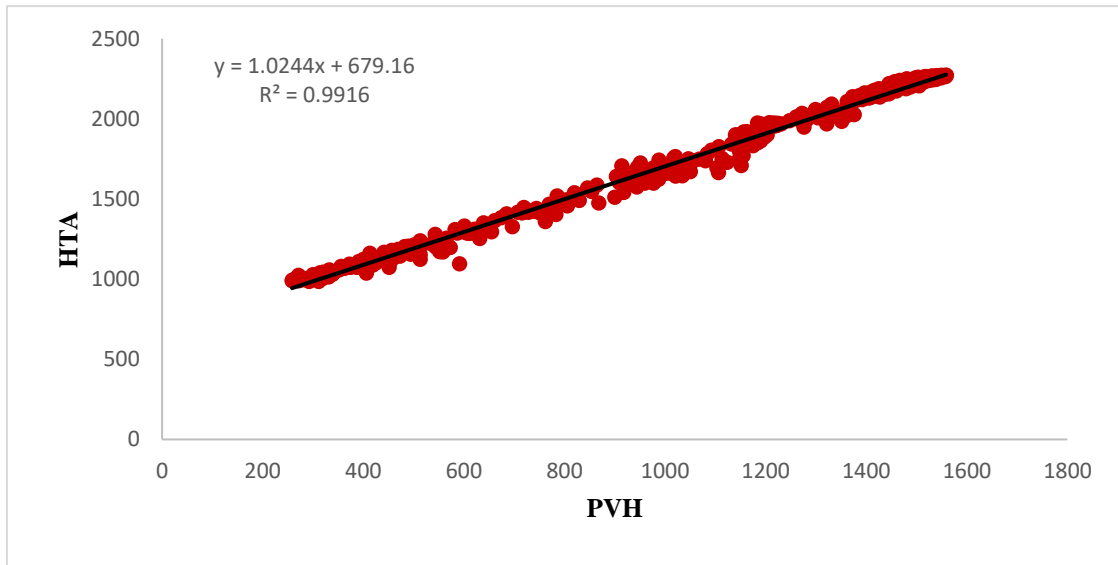


Fonte: Dados da pesquisa

Foi feito ainda uma calibração para os dados observados e estimados (Tabela1) para aferição dos valores estimados no preenchimento de falha do ano de 1990 onde EMA obteve um desvio médio baixo entre os valores estimados e os observados, dado a importância do EMA dá um peso igual a todos os seus desvios, o PMRE subestimou em -2.73% o valor observado considerado um valor bom analisando a série anual. O coeficiente de correlação “r” mostra um resultado bom entre as variáveis, o índice de Willmott “d” mostra um grau de concordância bom, quando observa-se que o seu valor fica próximo a 1 (considerado a concordância perfeita).

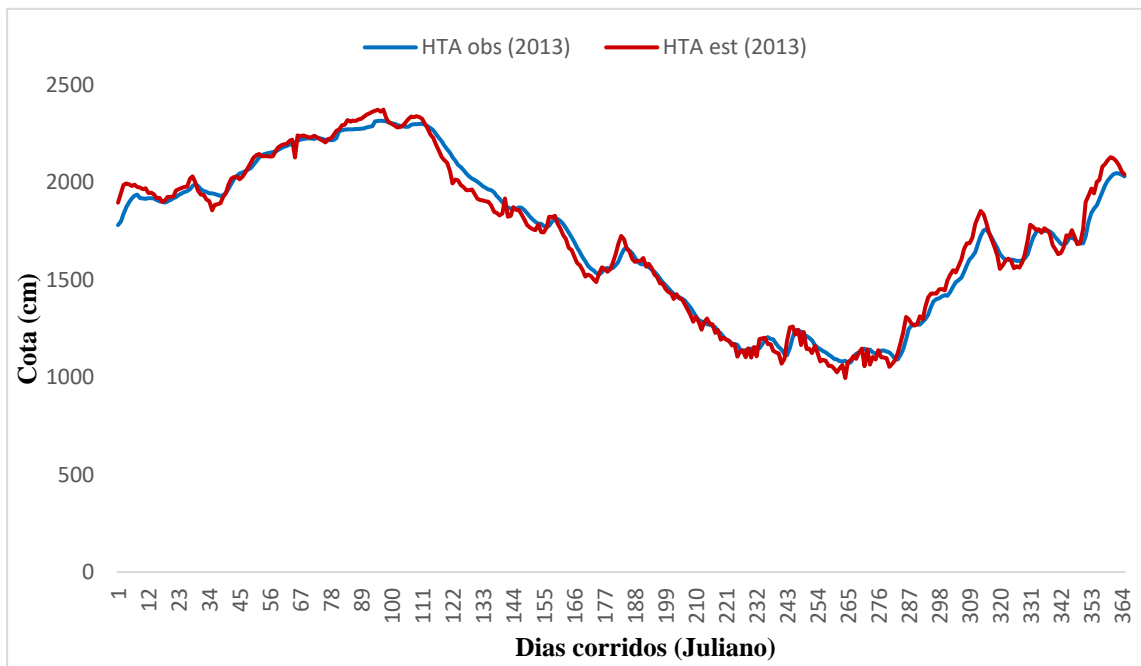
Da mesma forma foi feito para o preenchimento de falhas no ano de 2013 com uma falha de dados de 22 de março a 3 de abril demandando uma estimativa de 13 observações. A correlação obteve uma concordância correspondendo a 99% entre estação de PVH e a de HTA (Figura 7) o que chega muito próximo do ideal que seria 1 constatando que os dados são homogêneos (BURIOL, ESTEFANEL, *et al.*, 2006)..

Figura 7. Correlação entre os dados de PVH e HTA para o ano de 2012



Fonte: Dados da pesquisa

Em seguida aplicou-se os dados da estação vizinha (PVH) para gerar os valores estimados para HTA e então preencheu-se a falha existente (22 de março a 3 de abril) gerando a série anual completa para HTA. Logo após, foi plotado os valores observado com os estimados em um mesmo gráfico (Figura 8) onde pôde-se observar que os valores estimados, do dia Juliano 1 ao 17 (1 a 17 de janeiro) superestimam o valor observado, em seguida acompanha bem os valores observados com uma leve subestimação entre os dias 32 e 40 (1 a 9 de fevereiro), continua acompanhando os valores observados e do dia 81 ao 99 (22 de março a 9 de abril) volta a superestimar os valores observados, do dia 114 ao 144 (24 de abril a 24 de maio) que é a transição do período chuvoso pro seco, os valores estimados subestimam os observados e a partir do dia 145 (25 de maio) acompanham com pouca diferença os valores observados onde, na transição do período seco pro chuvoso entre os dia 284 e 309 (11 de outubro a 5 de novembro) os valores estimados conseguem acompanhar os valores observados mais com maior proximidade.

Figura 8. Aplicação do modelo proposto para preenchimento das cotas de Humaitá no ano de 2013

Fonte: Dados da pesquisa

Para aferição dos dados do preenchimento de falhas para o ano de 2013, PMRE superestimou em 0.16% os valores observados para o ano o que é um valor relativamente baixo, não sendo significativo, o que contrasta com o valor do PMRE do ano de 1990 que subestimou os valores observados para aquele ano, comportamentos já observado em séries hidrológicas. O coeficiente de correlação “r” para o ano de 2013 chegou próximo à perfeição que é 1, mostrando que os valores estimados e os observados são homogêneos para aquela série anual onde seus valores podem ser comparados (Tabela 1) para melhor clareza na observação dos gráficos (Figura 6 e 8).

Tabela 1. Calibração para os valores estimados para o preenchimento de falhas nos anos de 1990 e 2013

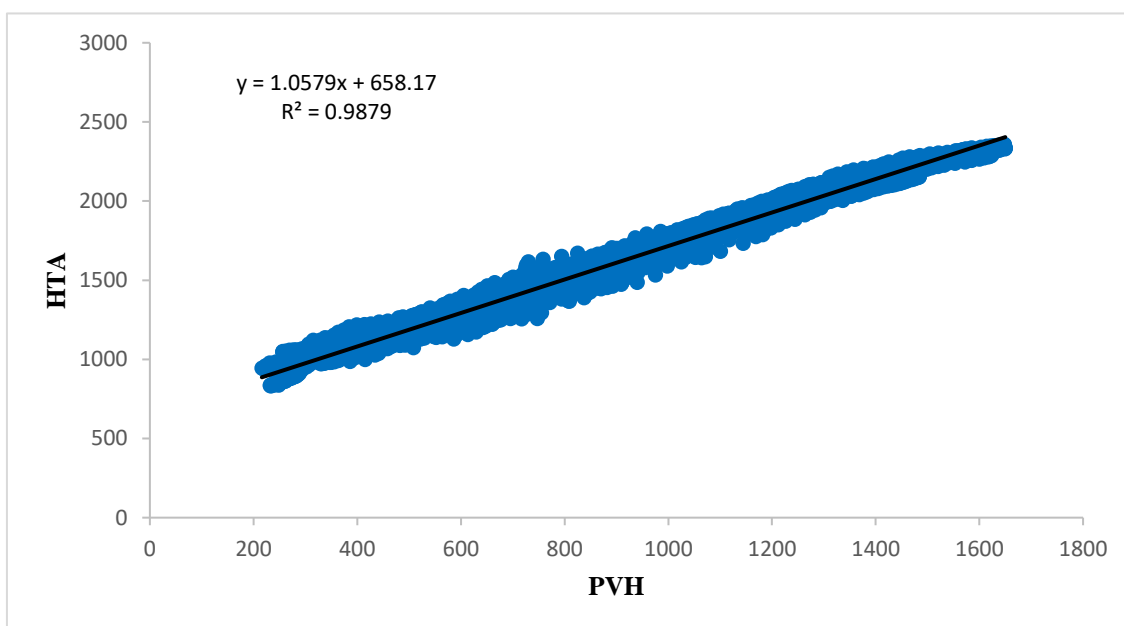
Ano	Estimado	Observado	MAE	RMSE	PMRE (%)	d	r
1990	613040.86	630300.73	47.28	243.98	-2.73	0.81	0.71
2013	628704.62	627678.91	2.81	53.01	0.16	0.99	0.99

Fonte: Dados da pesquisa

A análise de tendência para os anos de 1990 e 2013 das quais foram gerados gráficos, resultaram em positiva analisando o sinal (+) da equação da reta. A correlação e regressão mostrou que o nível do rio Madeira na cidade de PVH tem influência direta no nível do rio em HTA, que é a primeira cidade a jusante. Estudos analisam esse tipo de correlação onde é chamado de ponderação por vizinhança ou regional, que utilizam de estações que estejam na mesma região climática e bacia hidrográfica para correlacionar dados de uma estação com a do posto vizinho. (MELLO, KOHLS e OLIVEIRA, 2017).

Outra correlação foi feita entre os dados da estação de PVH e HTA no período de 1969-1980 (Figura 9) apresentou um coeficiente de determinação $R^2 = 0.9879$. A equação serviu para estimar os valores para a série a ser preenchida afirmando que a escolha do método para o preenchimento de falhas depende da sua precisão em descrever as características do fenômeno e da facilidade de uso em relação aos dados disponíveis (MONBET, AILLIOT e PREVOSTO, 2007).

Figura 9. Correlação entre os dados de PVH e HTA para o intervalo de 1969-1980



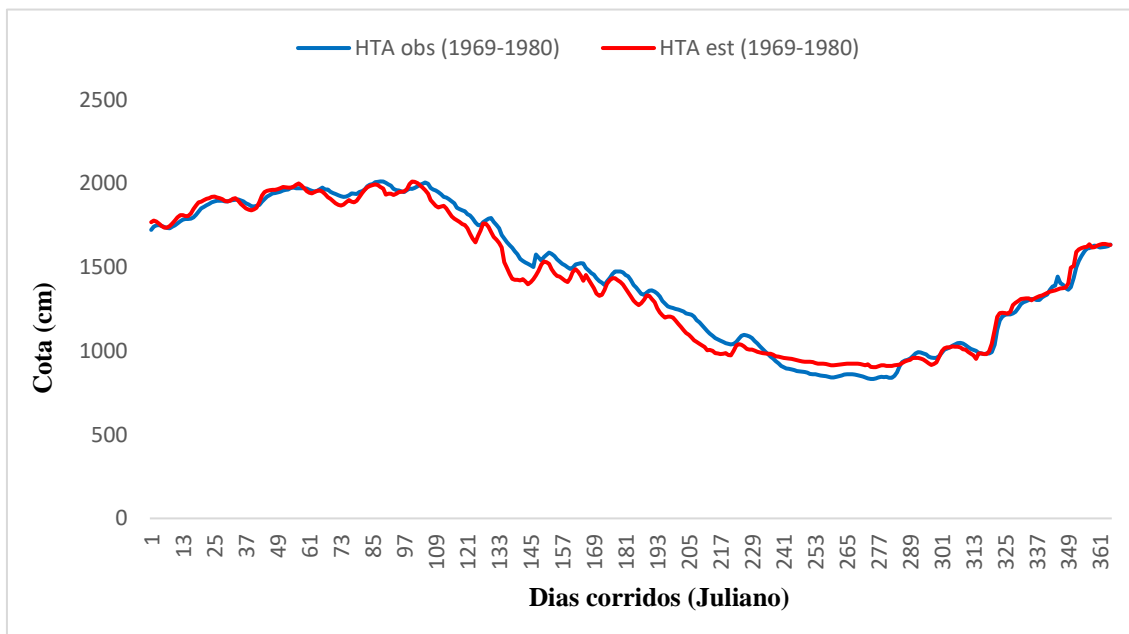
Fonte: Dados da pesquisa

Ao comparar-se os valores medidos com estimativa para o ano de 1969, a série preenchida obteve-se o um Erro Médio Absoluto (EMA) de 18,32 o que significa que há uma diferença de 18 cm entre os valores reais e os estimados em HTA. Ressalta-se que Humaitá é a primeira cidade e o primeiro porto de coleta a jusante de PVH descendo o rio Madeira. Assim de acordo com o que propõe Tucci (2001) as cotas deveriam ser

preenchidas com equações lineares a partir da estação vizinha. No entanto, tal equação nunca havia sido gerada para o trecho de HTA.

Percebe-se que o modelo apresenta um bom comportamento durante os meses do período chuvoso na região. Verificou-se que houve uma tendência de subestimativa durante a transição chuvoso-seco e que o modelo superestimou durante a época seca. Acredita-se que essa resposta possa está relacionada a fenômenos de repiquete, que se caracterizam por respostas no nível de cotas dos rios por chuvas que possam ter ocorrido em alguma região de influência. No entanto, por se tratar de época transição e época seca os fenômenos pluviométricos na região de estudo passam a ocorrer de forma mais isoladas e os repiquetes ocorrido em Humaitá, não necessariamente seriam devidos a chuvas ocorridas em PVH.

Figura 10. Aplicação do modelo proposto para preenchimento das cotas de Humaitá nos anos 1969-1980



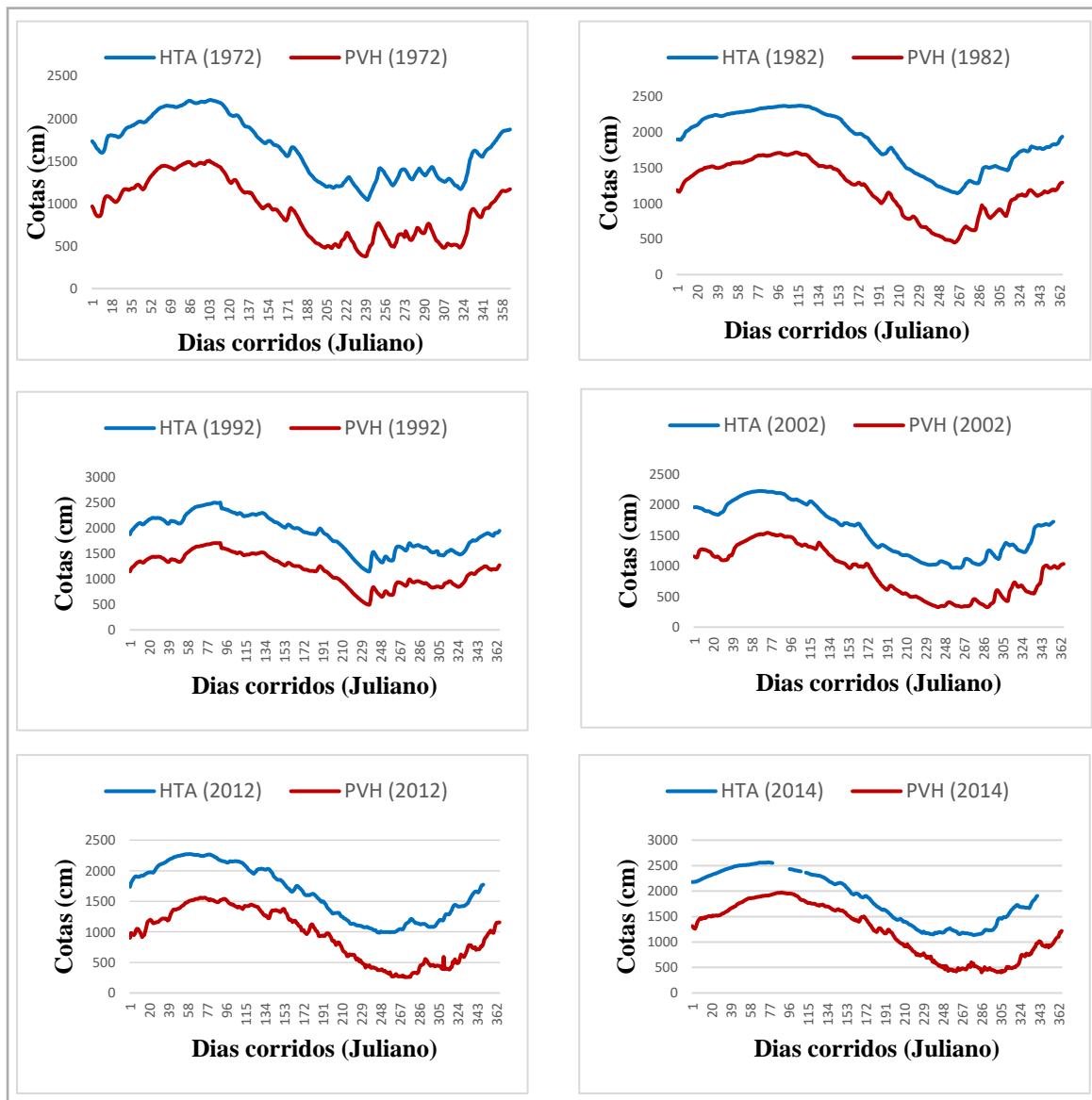
Fonte: Dados da pesquisa

Na análise de tendência, pelos valores dos coeficientes de determinação (R^2) pode-se perceber que os valores chegam próximo a 1 (tendência positiva) tendo em vista que no trecho entre PVH e HTA o rio Machado é o maior tributário em volume de água, mostra que o nível da água registrada na régua de HTA tem nível com valores próximos aos registrado em PVH.

Para verificar a veracidade da calibração feita, pegou-se a série hidrológica de PVH e HTA, avaliando-a de 10 em 10 anos a partir de 1972, plotando em um mesmo

gráfico (Figura 11) as duas estações e para efeito de comparação também a série anual de 2014 tida como a da maior cota dos últimos 50 anos, onde foi possível observar que quase se espelham, sofrendo uma diferença de cotas que se deduz ser decorrente no Nível da Régua (RN) ou do Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) entre a estação de PVH e a de HTA.

Figura 11. Comparação dos dados entre as estações de PVH e HTA para os anos de 1972, 1982, 1992, 2002, 2012 e a cheia histórica de 2014



Fonte: Dados da pesquisa

7. CONCLUSÕES

Na análise da série hidrológica de cotas para a estação de HTA foi possível utilizar o método da regressão linear para fazer essa correção com resultado estatístico satisfatório, podendo ser utilizado mesmo sendo a forma mais simples para o preenchimento de falhas de dados em séries hidrológicas.

A correlação entre as estações inferiu que cerca de 98% da água do rio Madeira que está passando pela cidade de PVH deve passar por HTA que é a primeira cidade à montante, onde a contribuição dos afluentes do rio Madeira no trecho entre PVH e HTA não têm grande interferência no volume de água que chega em Humaitá.

Desta forma, fica como sugestão para trabalhos futuros, trabalhar esse tempo de chegada da água do rio madeira que está passando em PVH e vai chegar em HTA para gerar uma espécie de alerta por conta as usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio que funcionam na cidade de PVH à montante da cidade de HTA que podem ter que liberar ou reter água fazendo com que haja impacto direto à jusante da hidrelétrica.

8. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. **Hidroweb**, 2019. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: mai 2019.
- AMAZONIA, P. Transporte de cargas no rio madeira preocupa órgãos do Amazonas e de Rondônia. **Colniza notícias**, 2015. Disponível em: <<https://www.colnizamnticias.com.br/artigo/transporte-de-cargas-no-rio-madeira-preocupa-orgaos-do-amazonas-e-de-rondonia>>. Acesso em: mai 2019.
- AMBIENTE BRASIL. Principais afluentes do Rio Amazonas. **Site Ambiente Brasil**, 2017. Disponível em: <https://ambientes.ambientebrasil.com.br/amazonia/bacia_do_rio_amazonas/principais_afluentes_do_rio_amazonas.html>. Acesso em: jun 2019.
- ANA. Medindo as águas do Brasil: noções de plu e fluviometria. **Agência Nacional de Águas**, 2016. Disponível em: <<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/211>>. Acesso em: jun 2019.
- ANESI, H. D. Influência do preenchimento de falhas de dados horários de precipitação por redes neurais artificiais (RNA's) na simulação hidrológica de base física em uma bacia rural. **Repositório Digital da UFRGS. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**, Porto Alegre, p. 123, outubro 2014. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/168819>>. Acesso em: jun 2019.
- BARNETCHE, D.; KOBAYAMA, M. Aplicação do hycymodel no preenchimento de falhas de monitoramento de vazões. **Geosul**, Florianópolis-SC, v. 21, p. 185-194, 2006.
- BIER, A. A.; FERRAZ, S. E. T. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas em dados meteorológicos para estações no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 215-226, abr-jun 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v32n2/0102-7786-rbmet-32-02-0215.pdf>>. Acesso em: jun 2019.
- BOX, G. E. P. et al. **Times series analysis forecasting and control**. 5. ed. [S.l.]: Wiley, 2015. 712 p. ISBN 978-1118675021.
- BURIOL, G. A. et al. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre-RS, v. 11, n. 4, p. 89-97, out-dez 2006. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/22/127d8f7ecc3d385e44fb48701ad280a9_fe3a7ac7439db70b6cc597bdba543720.pdf>. Acesso em: jun 2019.
- CEMADEN. Monitoramento hidrológico. **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**, 2017. Disponível em: <<https://www.cemaden.gov.br/13042018-previsao-de-vazao-para-bacia-do-rio-madeira>>. Acesso em: jun 2019.
- COELHO, B. Z. Repositório UNESC. **Repositório UNESC**, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1348/1/Bruno%20Zanoni%20Coelho.pdf>>. Acesso em: 2019.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Editora ABRH, 2013.
- COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo hidrologia. **Instituto de Pesquisas Hidráulicas**, Porto Alegre, maio 2008. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Pos/Hidrologia/apostila_Completa_2008.pdf>. Acesso em: mai 2019.
- EHLERS, R. S. Análise de séries temporais. **Departamento de estatística, UFPR**, 2005. Disponível em: <<http://www.each.usp.br/rvicente/AnaliseDeSeriesTemporais.pdf>>. Acesso em: jun 2019.
- EMÍLIO, L. Curso Técnico em Hidrologia. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2016. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/cth-iph/wp-content/uploads/2016/03/Apostila-de-fluviometria-prof-Luis-Emilio.pdf>>. Acesso em: jun 2019.
- FANTE, K. P.; NETO, J. L. S. Aplicação de técnicas geo-estatísticas em análises climatológicas: metodologias para preenchimento de falhas. **XV Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada**. Vitória-

ES, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280494882_APLICACAO_DE_TECNICAS_GEO-ESTADISTICAS_EM_ANALISES_CLIMATOLOGICAS_METODOLOGIAS_PARA_PREENCHIMENTO_DE_FALHAS>. Acesso em: jun 2019.

IBGE. População estimada. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2018.**, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/humaita/panorama>>. Acesso em: jun 2019.

JUSTINA, E. E. D.; FRANCA, R. R. D.; SAMPAIO, S. F. Análise climatológica e hidrológica da cheia do rio madeira em Porto Velho-Rondônia no ano de 2014. **Terr@ Plural**, Ponta Grossa, v. 9, n. Especial, p. 74-90, jan-jun 2015. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/tp/article/view/8096/4975>>. Acesso em: jun 2019.

LOPES, J. R. F.; SILVA, D. F. D. Aplicação do teste de Mann-Kendall para análise de tendência pluviométrica no Estado do Ceará. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 30, p. 192-208, dez. 2013.

MACHADO, N. G. et al. Estimation of rainfall by neural network over a neotropical region. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 41-51, jul/dez 2015. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/40799>>. Acesso em: jun 2019.

MELLO, Y. R. D.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. D. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. **Boletim de Geografia**, Maringá-PR, 35, 2017. 112-121.

MELO, J. D. J. S.; PAULA, E. A. D. As hidrelétricas do rio madeira no contexto da integração regional sul-americana. **Revista Ambiente & Sociedade**, Distrito Federal, 2008. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT6-552-668-20080430201009.pdf>>. Acesso em: mai 2019.

MOREIRA, J. G. D. V.; NAGHETTINI, M. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com erros dos tipos I e II: estudo de caso em séries de precipitação diárias máximas anuais do Estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 31, p. 394-402, out/dez 2016. Acesso em: jun 2019.

MORENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da região Amazônica. In: CAVALCANTI, I. F. A., et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 13, p. 198-212.

MULVANY, T. J. On the use self-registering rain and flood gauges in making observations of the relations of rain fall and flood discharges in a given catchment. **Transcriptions of the Institution of Civil Engineers of Ireland**, v. 4, n. 2, p. 18-33, 1850.

NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. D. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM- Serviço Geológico do Brasil, v. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Livro-%22Hidrologia-Estatistica%22-981.html>>. Acesso em: abr 2019.

OLIVEIRA, L. F. C. D. et al. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de séries de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas-SP, v. 14, p. 1186-1192, 2010. Acesso em: jun 2019.

PAZ, A. R. D. Hidrologia aplicada, setembro 2004. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf>. Curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia.

PUERTA, L. L. Análise multitemporal da área do canal do alto Rio Paraná na porção jusante à UHE Porto Primavera. **Repositório Institucional da Universidade Estadual de Maringá**, Maringá, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/2784>>. Acesso em: jun 2019.

PY-DANIEL, L. R. Caracterização da área amostrada. In: PY-DANIEL, L. R., et al. **Biodiversidade do Médio Madeira**: base científica para propostas de conservação. Manaus: INPA, 2007. Cap. 3, p. 35-42.

RHAMA. Modelagem hidrológica. **RHAMA**, 2018. Disponível em: <<http://rhama.com.br/modelagem-hidrologica.html>>. Acesso em: jun 2019.

SAMPAIO, S. F. Dinâmica da Geomorfologia fluvial do rio Madeira no trecho Porto Velho - Calama no período de 1976 a 2016. **Programa de Pós Graduação Mestrado em Geografia**, 2017. Disponível em:

<http://www.posgeografia.unir.br/uploads/99999999/dissertacoes/MESTRADO/TURMA%202015%202/DISSERTACAO_SHIRLEI%20FONTENELE%20SAMPAIO.pdf>. Acesso em: jun 2019.

SILVA, L. P. D. **Hidrologia:** engenharia e meio ambiente. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

SIQUEIRA JUNIOR, J. L. **Aplicação de um modelo hidrológico de macro-escala na bacia do rio madeira.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. [S.l.], p. 1-33. 2010.

SITE WEBNODE. Hidrologia Básica. **Cap.5:** hidrologia estatística, s/d. Disponível em: <http://files.engflorestal.webnode.com.br/200000007-96adf97a7a/apostila_estatistica.pdf>. Acesso em: jun 2019.

TASSI, R.; COLLISCHONN, W. Notas de aula de hidrologia. **Hidroengnet.** Disponível em: <<http://www.hidroengnet.com.br/rutiwalter.pdf>>. Acesso em: jun 2019.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, v. 1, 2012. 952 p.