



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**  
**DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO**  
**CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**JHONATA DA SILVA DA SILVEIRA**

**ASPECTOS HIDROCLIMATOLÓGICOS DA BACIA DO RIO JARI NO PERÍODO DE**  
**1968 A 2012**

**MACAPÁ**

**2014**

**JHONATA DA SILVA DA SILVEIRA**

**ASPECTOS HIDROCLIMATOLÓGICOS DA BACIA DO RIO JARI NO PERÍODO DE  
1968 A 2012**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Colegiado de Ciências Ambientais, como exigência para obtenção de título de bacharel em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Amapá - UNIFAP.

Orientador: Prof. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha.

**MACAPÁ**

**2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

551.5  
S587a

Silveira, Jhonata da Silva da.

Aspectos hidroclimatológicos da Bacia do Rio Jari no período de 1968 a 2012 / Jhonata da Silva da Silveira. -- Macapá, 2014.  
59 f.

Orientador: Profo. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Pró-Reitoria de Ensino de Graduação, Curso de Ciências Ambientais.

1. Amapá (AP) – Bacia do Rio Jarí – Aspectos ambientais. 2. Climatologia – Rio Jarí – Amapá. 3. Bacia do Rio Jarí – Amapá – Aspectos hidrometeorológicos – Precipitação. I. Cunha, Alan Cavalcanti da, orient. II. Fundação Universidade Federal do Amapá. III. Título.

JHONATA DA SILVA DA SILVEIRA

**ASPECTOS HIDROCLIMATOLÓGICOS DA BACIA DO RIO JARI NO PERÍODO DE  
1968 A 2012**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Colegiado de Ciências Ambientais (CCAM) como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais, pela Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, com nota final de 9,67 conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores.

*Aprovado (a) em;*

Banca Examinadora

---

MSc. Alzira Marques Oliveira  
CCAM/UNIFAP

---

Me. Meteorol. Jefferson Erasmo de Souza Vilhena  
Rede BIONORTE/UNIFAP

**MACAPÁ  
2014**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à memória de minha bisavó Ercília Duarte Inajosa, que deixou o nosso plano no último ano. A luta em vida sempre superando as dificuldades que lhe foram impostas, eu pude estar presente e cuidar dela com carinho, e lições valiosas foram aprendidas. A minha conquista de agora é resultado do seu legado deixado em vida. Uma grande família.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha Tia Joana Inajosa, com sua plena confiança em meu trabalho e esforço no dia-dia, sempre me ajudou e me acolheu nos momentos tempestivos da minha vida pessoal e acadêmica, A minha Vó Maria Inajosa, que acreditou nessa investida e solidificou a base para a minha entrada na universidade, Aos meus amigos Jefferson Ronní, Jean Rycarth e Daniel Nobre por seus infindáveis conselhos e suas valiosas amizades, A minha namorada Deborah Coutinho que apesar de estar a bem pouco tempo comigo, me mostrou a razão de muitas coisas boas que aconteceram na minha vida. A equipe do NHMET/IEPA, Daniel Neves, Jefferson Vilhena, Gilvam Portela e Alzira Marques, onde sou estagiário á quase 2 anos, amigos e companheiros de trabalho com quem aprendi muito, Ao meu orientador Alan Cunha, que se dedica muito a pesquisa e aos alunos, Ao CNPQ – CENBAM pela bolsa que me foi concedida á um ano e que me ajudou bastante, a banca examinadora todos que colaboraram de forma direta ou indireta, meus mais sinceros agradecimentos.

**SILVEIRA, Jhonata da Silva da. ASPECTOS HIDROCLIMATOLÓGICOS DA BACIA DO RIO JARI NO PERÍODO DE 1968 A 2012.** Trabalho de Conclusão de Curso, pela Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, sob a orientação do professor Dr. Alan Cavalcanti da Cunha. 2014

## RESUMO

O objetivo da presente investigação foi elaborar uma caracterização espaço-temporal da precipitação média mensal e anual observadas na bacia do rio Jari-AP no período entre 1968 e 2012. Um segundo objetivo foi caracterizar os aspectos fisiográficos da bacia, tais como densidade de drenagem, fator de forma e coeficiente de compacidade. A bacia hidrográfica do rio Jari pertence à bacia do rio Amazonas, configurando-se em um afluente de sua margem esquerda, localizada ao sudoeste do Estado do Amapá. Seu território engloba os municípios de Laranjal do Jari, Vitória do Jari, Mazagão, Pedra Branca do Amapá, e ao norte do estado do Pará e inclui o município de Almerim. A metodologia de pesquisa apresentou as seguintes etapas: 1) caracterização hidroclimática da bacia; 2) Tratamento e análise da distribuição espacial da precipitação média mensal e anual acumuladas em formato de mapas; 3) caracterização física da bacia. Os resultados foram apresentados no formato de mapas de distribuição de chuvas com base nos dados de estações meteorológicas localizadas dentro e ao redor da bacia. Ambos analisados no contexto das “grandes enchentes” da bacia que ocorreram na última década, e pelo seu elevado interesse socioambiental. Conclui-se que nas últimas décadas está ocorrendo um longo e suave declínio da precipitação anual média, mas esta tendência não se configura em significância ( $p < 0,05$ ). Contudo, o monitoramento da região é deficitário, o que dificulta análises mais precisas na previsão de eventos hidroclimatológicos na bacia.

**Palavras-chave:** Hidroclimatologia, Variação Geoespacial, Precipitação, Série Temporal, Bacia do Rio Jari

## ABSTRACT

The objective of this investigation was to elaborate a spatio-temporal characterization of the monthly and annual average precipitation observed in the Jari River basin-AP in the period between 1968 and 2012. A second objective was to characterize physiographic basin aspects, such as drainage density, form factor and coefficient of compactness. The Jari River basin belongs to the Amazon River basin, by setting in a tributary of the left bank, located to the southwest of the State of Amapá in Brazil. Its territory encompasses the municipalities of Laranjal do Jari, Vitória do Jari, Mazagão, Pedra Branca, and North of the State of Pará in the northern region and includes the municipality of Almerím. The research methodology outlined the following steps: 1) climate hydro characterization of the basin; 2) treatment and analysis of the spatial distribution of the monthly and annual average precipitation accumulated in the form of maps; 3) physical characterization of the basin. The results were presented in the form of rainfall distribution maps based on the data of meteorological stations located within and around the basin. Both analyzed in the context of the "great flood" of the bowl that took place in the last decade, and by its high social and environmental interest. It is concluded that in recent decades is occurring a long and gentle decline of average annual rainfall, but this trend is not configured in significance ( $p < 0.05$ ). However, the monitoring of the region's deficit, which makes analysis more accurate in predicting hydro-climatological events in the basin.

**Keywords:** Hydroclimatology, Geospatial Variation, Rainfall, Temporal Series, Basin of River Jari



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Classificação Climática do Brasil

FIGURA 2: Localização da Estação Fluviométrica de São Francisco na Bacia do Rio Jari - AP

FIGURA 3: Tipos de Drenagem

FIGURA 4: Localização da Área de Estudo

FIGURA 5: Precipitação Acumulada para os meses de Janeiro e Fevereiro da Série Histórica

FIGURA 6: Precipitação Acumulada para os meses de Março e Abril da Série Histórica

FIGURA 7: Precipitação Acumulada para os meses de Maio e Junho da Série Histórica

FIGURA 8: Precipitação Acumulada para os meses de Julho e Agosto da Série Histórica

FIGURA 9: Precipitação Acumulada para os meses de Setembro e Outubro da Série Histórica

FIGURA 10: Precipitação Acumulada para os meses de Novembro e Dezembro da Série Histórica

FIGURA 11: Precipitação Média Acumulada entre os Anos de 1968 a 2012

FIGURA 12: Rede de Drenagem

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Tipos de Climatologia Existentes

TABELA 2: Lista de Estações Utilizadas no Estudo

TABELA 3: Dados Obtidos da Bacia

TABELA 4. Dados obtidos da bacia

TABELA 5: Comparativos das Estações

## LISTA DE FÓRMULAS

FÓRMULA 3.1: Representação matemática do Índice de Compacidade

FÓRMULA 3.2: Representação matemática do Índice de Conformação

FÓRMULA 3.3: Representação matemática do Sistema de Drenagem

FÓRMULA 3.4: Representação matemática da Densidade de Drenagem

## LISTA DE IMAGENS

IMAGEM 1: Interface do Software Surfer 11

IMAGEM 2: Interface do Software Google Earth-pro

IMAGEM 3: Cidade de Laranjal do Jari

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Precipitação anual na bacia do rio Jari

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% – Simbologia de Porcentagem

A – Área da Bacia

Am – Tropical Chuvoso – Bosque Tropical

ANA – Agência Nacional de Águas

AP – Amapá

ARIMA – Modelo Auto-regressivo Integrado de Média Móvel

AVADAN – Avaliação de Danos da Defesa Civil do Amapá

CADAM – Caulim da Amazônia

CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos;

Dd – Densidade de Drenagem

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

E – Leste

ENE – Leste-Nordeste

ENOS – El Niño Oscilação Sul

EPE – Empresa de Produção Energética

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ic – Fator de forma

IEPA – Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

kc – Índice de Compacidade

Km – Quilômetros

Km<sup>2</sup> – Quilômetro Quadrado

L – Comprimento Axial

Lat – Latitude

li – Comprimento dos Cursos D'água

Lon - Longitude

Lt – Comprimento Total de Todos os Cursos D'água.

m – Metros

m<sup>3</sup> – Metros Cúbicos

ME – Massas de Ar Equatoriais

mm – Milímetros

MTM – Massas Tropicais Marítimas Quentes

N – Norte

NHMET – Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis

NW – Noroeste

P – Perímetro da Bacia

PA – Pará

PCDs – Plataformas de Coletas de Dados

Rd – Sistema de Drenagem

s – Segundos

S – Sul

SE – Sudeste

UHESA – Usina Hidrelétrica de Santo Antônio

W – Oeste

WSW – Oeste-Sudoeste

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 Descrição DA BACIA DO RIO JARI - AP PARA AS CIÊNCIAS AMBIENTAIS.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA .....	18
1.3 PROBLEMAS E HIPÓTESES .....	21
1.4 OBJETIVOS .....	22
2 REVISÃO DA LITERATURA .....	23
2.1 CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO JARI:.....	23
2.1.1 Formações Ombrófilas Densas.....	24
2.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	25
2.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS .....	26
2.3.1 Colinas do Amapá.....	27
2.3.2 Depressão Periférica da Amazônia Setentrional.....	28
2.3.3 Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas .....	28
2.3.4 Planalto Uatumã-Jari .....	29
2.3.5 Planície Amazônica.....	30
2.4 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DA BACIA .....	30
2.5 ASPECTOS HIDROLÓGICOS da bacia do rio jari .....	32
2.5.1 Características de drenagem da bacia do rio Jari.....	35
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1 ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS - PRECIPITAÇÃO.....	43
4.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS - INDICADORES.....	50
4.2.1 DISCUSSÃO SOBRE OS DADOS FÍSICOS .....	51
4.4 GRÁFICO DE PRECIPITAÇÃO – ANÁLISE.....	53
5 CONCLUSÃO .....	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
Bibliografia .....	57

## 1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa trata do estudo sistemático hidrometeorológico da bacia do rio Jari, sul do Estado do Amapá. Sua importância é tanto econômica quanto ambiental (OLIVEIRA e CUNHA, 2010) e, historicamente, esta bacia comporta empreendimentos de desenvolvimento da Amazônia, como o Projeto Florestal do Jari, compreendendo áreas do Estados do Amapá e Pará. Mais recentemente tem sido utilizada para a construção da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio, (UHESA), (BRASIL, 2009), o que torna esta bacia objeto e foco da maior importância para as ciências ambientais.

A relevância ambiental dos estudos hidrometeorológicos está no conhecimento sobre a dinâmica do ciclo hidrológico e a importância da distribuição das quantidades hídricas nas bacias hidrográficas, sobre as quais ocorrem as respostas das precipitações locais (vazões e nível), ou seja, nos canais de drenagem (rios) e áreas urbanas sujeitas a riscos de inundações (OLIVEIRA e CUNHA, 2014).

Contudo, as inúmeras variações no clima de local para local são determinadas pelas diferentes combinações dos fenômenos atmosféricos e produzem, correspondentemente, grande número de tipos climáticos. Assim, as classificações climáticas possuem três objetivos inter-relacionados: ordenar grande quantidade de informações; facilitar a rápida recuperação das informações; e propiciar a comunicação. Estas são divididas em empíricas, genéticas e aplicadas. Dentre as classificações práticas o método de classificação de Köppen é um dos mais utilizados (VIANELLO e ALVES, 1991).

A classificação Köppen (1846-1940), um biólogo russo, dedicou maior parte de sua vida a estudos climáticos. Assim, utilizando o mapa da vegetação mundial do fisiologista francês Candolle, adotou a vegetação natural como a melhor expressão do clima. Atualmente, além da vegetação, incorpora também a temperatura e a precipitação efetiva ao considerar a chuva nas estações quente e fria (VIANELLO e ALVES, 1991).

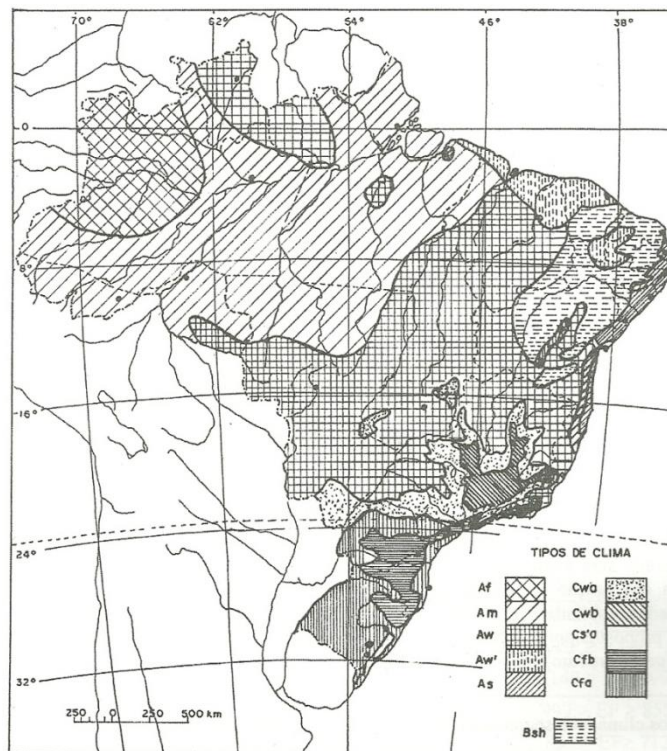
Segundo a classificação de Köppen, existem inúmeras regiões climáticas do Brasil, como indicado pela Figura 1. Contudo, a principal limitação da classificação de Köppen, apesar de sua ampla utilização, é a falta de base racional na seleção dos valores de temperaturas e de chuvas, para diferentes zonas climáticas. Uma das formas de superação destas dificuldades e limitações foi a introdução do conceito de Balanço Hídrico (LUCAS,

BARRETO e CUNHA, 2010), no qual se incorporou a evapotranspiração potencial com a precipitação. Contudo, nosso foco será apenas a fase da precipitação efetiva.

De acordo com a classificação de Köppen representado pela Figura 1 do clima da Amazônia, na qual se inclui a bacia do rio Jari, é do tipo **Am**. Esta simbologia (**A**) é consistente com clima tropical chuvoso: no mês mais frio, tomando-se por base a média de vários anos (normalmente 30 anos), a temperatura é superior a 18°C (megatérmico) e super úmido. O símbolo **m** significa clima de bosque tropical, apesar de existir uma temporada seca.

Apesar do método de classificação de Köppen se utilizar de diversos parâmetros (temperatura, umidade, pressão, vegetação, precipitação, evapotranspiração, velocidade e direção dos ventos, radiação, etc), como afirmado anteriormente, nosso foco de estudo está estritamente concentrado na **precipitação efetiva**.

**Figura 1:** Classificação climática do Brasil, segundo Köppen



Fonte: Vianello & Alves, (2012)

## 1.1 DESCRIÇÃO DA BACIA DO RIO JARI - AP PARA AS CIÊNCIAS AMBIENTAIS

A hidrologia é modulada por interações no regime de chuvas e temperatura (clima), que na Amazônia é um tema abrangente, mas relativamente distante das políticas públicas, mas normalmente vinculada com problemas causados por eventos extremos, como cheias, alagamentos, inundações ou enchentes (OLIVEIRA e CUNHA, 2010).

Estudos hidrológicos de bacias na Amazônia são raros, mas são imprescindíveis para a gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, principalmente para vincular suas variações com problemas ambientais. Portanto, seu papel é fundamental na geração de bases de estudos relacionados com as Ciências Ambientais (SOUZA, CUNHA, *et al.*, 2010).

Por outro lado, a atual tendência de aumento do número de eventos climáticos extremos dependentes de mecanismos climáticos de grande escala, que se processam no Oceano Pacífico e Atlântico (PBMC, 2012); (LUCAS, BARRETO e CUNHA, 2010), sua variabilidade climática ainda é pouco conhecida (SOUZA e CUNHA, 2010), em especial a distribuição espacial da precipitação, e por estas razões torna-se relevante estudar com atenção a dinâmica hidroclimática da bacia.

De acordo com Naghettini e Pinto, (2007) o monitoramento hidrológico associado à precipitação permite conhecer melhor o comportamento do ciclo hidrológico na bacia. Com o tempo as alterações de precipitação e da vazão na bacia também podem se modificar. E este reflexo sobre o comportamento dinâmico do regime de vazão são traduzidas pelas cheias e secas na bacia hidrográfica.

Além disso, outros fatores, como a fisiografia e geomorfologia da bacia hidrográfica podem se modificar, tanto do ponto de vista natural quanto do antrópico (uso da terra e do solo) (OLIVEIRA e CUNHA, 2014). Bons exemplos são o desmatamento da mata ciliar, o assoreamento do leito dos rios, o barramento para a construção de hidrelétricas, urbanização e industrialização (BRASIL, 2009).

A melhor forma de registrar as variáveis hidrológicas e hidrometeorológicas é a partir do registro das chamadas séries temporais, as quais reúnem as observações e medições ao longo do tempo. E quanto mais prolongada for a série, melhor é a representação dos dados em relação à realidade dos fenômenos hidrometeorológicos estudados (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

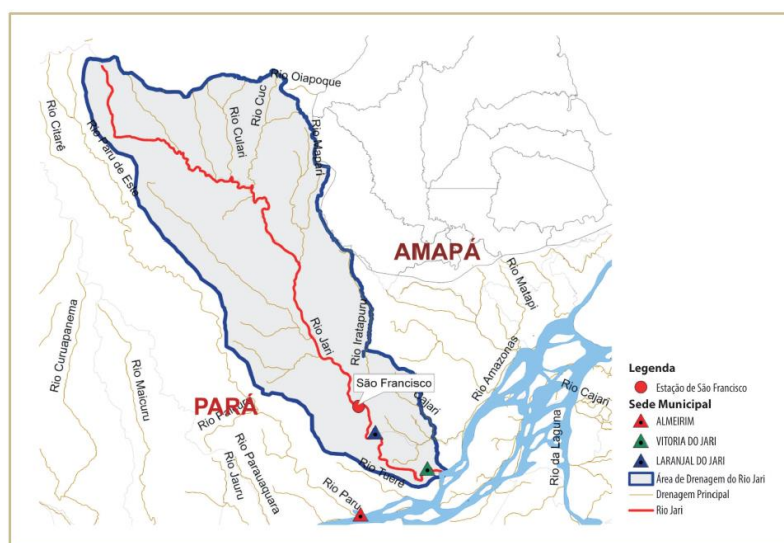
Na presente pesquisa a série de dados de precipitação observada foi disponibilizada para o estudo a partir dos anos de 1968 até 2012. Estes foram organizados em formato de tabela em Planilha Excel, de modo que permitisse a elaboração de mapas que refletissem a distribuição espacial-temporal da precipitação na bacia do rio Jari – AP. Com efeito, a observação e análise dessas séries são de suma importância às Ciências Ambientais, principalmente no que concerne ao planejamento ambiental e análise de risco (OLIVEIRA e CUNHA, 2014), uso e ocupação da bacia hidrográfica e as interações com os fenômenos que ocorrem na atmosfera (BRASIL, 2009).

De acordo com Lucas *et al.*, (2010) a bacia hidrográfica do rio Jari está situada na fronteira entre os Estados do Pará e Amapá. Trata-se de uma região do sul do Estado do Amapá e extremo Norte do Pará, a qual proporciona atualmente uma condição climática de extrema vulnerabilidade socioambiental e eventos extremos naturais, principalmente enchentes e alagamentos urbanos de grandes proporções (Figura 2).

Apesar de a região ser de alta variabilidade climática, atualmente existem poucos dispositivos que promovam o eficiente monitoramento de superfície. Talvez uma das razões que causam efeitos adversos à região, em especial à cidade ribeirinha de Laranjal do Jari, seja devido às alterações sofridas no leito do canal do rio (CUNHA, SOUZA e CUNHA, 2010); (CUNHA, 2013). Tais efeitos podem vir a intensificar as implicações adversas causadas pelos eventos extremos naturais. Um bom exemplo foi o aumento do nível do rio Jari ocorrida no ano 2000, o qual refletiu bem essa potencial realidade, diversificando e intensificando os problemas ambientais, como por exemplo, os sanitários (MADOUX-HUMERY, DORNER, *et al.*, 2013); (SANTOS, CUNHA, *et al.*, 2011), mas também descortina a fragilidade do sistema de prevenção de cheias e suas consequências no Estado do Amapá (OLIVEIRA e CUNHA, 2014).



**Figura 2:** Localização da estação fluviométrica de São Francisco na bacia do rio Jari - AP



Fonte: Lucas *et al.*, (2010)

Portanto, a importância das atividades de monitoramento de eventos extremos é gerar as bases para caracterizar sua natureza, e tem sido descrito por Marques e Cunha (2010) e Cunha *et al.*, (2012) ao analisarem os impactos negativos da grande enchente no rio Jari ocorrida em 2000.

Este evento hidrometeorológico extremo ocorreu no período de 14 de abril a 14 de julho de 2000 e seus malefícios causaram consequências sociais, econômicas e ambientais que repercutem até os dias atuais (OLIVEIRA e CUNHA, 2010) asseveram que, ao analisarem a Avaliação de Danos da Defesa Civil do Amapá (AVADAN), a ordem dos prejuízos gerais causados pelo evento extremo superou em várias vezes o orçamento municipal. Isto é, apenas um único evento destas proporções provocou o caos naquele município e um prejuízo a ponto de praticamente inviabilizá-lo financeiramente.

Neste sentido, o monitoramento hidrológico torna-se extremamente necessário para conhecer o padrão climático da região, atribuições fundamentais de qualquer estudo para implantar instrumentos técnicos que possam elevar os níveis da confiabilidade da informação na prevenção desse tipo de evento. Em especial, porque nesta bacia hidrográfica há uma carência enorme de informações, tanto no contexto climático como no que diz respeito aos aspectos hidrológicos (LUCAS, BARRETO e CUNHA, 2010).

No contexto da climatologia de precipitação, sabe-se que a Amazônia Oriental (principalmente Pará e Amapá) apresenta basicamente dois períodos característicos: um

regime de chuva que se processa durante o verão e outono austral, ou seja, inicia-se em dezembro e se estende até maio, e o período de estiagem que ocorre durante o inverno e primavera do hemisfério sul.

Estudos com enfoque sobre a Amazônia Oriental indicam que a variabilidade da chuva sazonal durante a estação chuvosa é dependente diretamente dos mecanismos climáticos de grande escala que se processam nos dois oceanos tropicais adjacentes: o Oceano Pacífico e o Oceano Atlântico e que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é considerada como um dos principais sistema meteorológico indutor de chuva nesta região quando da sua posição climatológica mais para sul, que define a qualidade da estação chuvosa, principalmente nos Estados do Amapá e Pará, influenciando também a bacia do rio Jari.

Segundo Lucas *et al.*, (2010) estes estudos indicaram que sobre a região há uma elevada variabilidade no total de chuva entre um ano e outro, evidenciando a alta variabilidade climática interanual. Em relação à hidrologia, sabe-se que a mesma é basicamente modulada por alterações no regime de chuva, sendo possível a realização de previsão hidrológica principalmente por intermédio de dois tipos de abordagem: uso de modelos determinísticos do tipo chuva-vazão e uso de modelos estocásticos (probabilísticos). Têm-se então a importância de definir algumas das características fisiográficas da bacia e analisar sua susceptibilidade às precipitações intensas.

Lucas *et al.*, (2010) estudaram modelos que tinham como objetivo a representação dos processos físicos de transformação de chuva em vazão, e modelos estocásticos que se baseiam na análise da estrutura de dependência temporal das séries de afluências. As previsões de vazões para o planejamento de médio e curto prazos tendem a ser feitas por intermédio de modelos estocásticos e as previsões para curtíssimo prazo podem ser realizadas por meio de modelos físicos determinísticos.

Naquele contexto Lucas *et al.*, (2010) elaboraram um estudo pioneiro na bacia hidrográfica do rio Jari que visou especificamente identificar os anos hidrológicos extremos e simular as vazões mensais (médias, mínimas e máximas) e cotas (médias, mínimas e máximas), em estações específicas da referida bacia. Para atender aqueles objetivos foi utilizado o método de projeção Box-Jenkins (1976), representado por intermédio dos modelos ARIMA. A avaliação de desempenho do modelo também foi discutida, de forma que fosse utilizada como ferramenta decisiva na prevenção de acontecimentos hidrológicos extremos e no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos da região em estudo. Atualmente, esta ferramenta foi cotada como de extrema utilidade para a inserção de novos estudos regionais, a

exemplo do projeto de pesquisa aplicado sobre o comportamento hidrometeorológico e ambiental na bacia hidrográfica do rio Araguari (SOUZA, CUNHA, *et al.*, 2010).

Por estas razões, a questão ambiental é complexa porque os sistemas ambientais são evolutivos e em constante estado de desequilíbrio. Nesse sentido, é necessário haver um claro entendimento das relações fundamentais entre as condições físicas, ecológicas, culturais e de saúde humana para se prover um meio ambiente saudável, com equidade social e desenvolvimento sustentável, que são indispensáveis para a melhoria e a manutenção da saúde humana.

A saúde pública e o saneamento ambiental vêm sendo sistematicamente negligenciados pelas políticas públicas como instrumentos de planejamento, o que exige novas posturas na gestão dessas políticas, em que a participação popular e o controle social devem estar presentes.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O principal problema do ponto de vista hidrológico nesta bacia são as frequentes cheias. Trata-se de uma bacia que apresenta condição climática de extrema vulnerabilidade a eventos naturais extremos, como as cheias do rio que podem ocasionar alagamentos urbanos, especialmente na cidade de Laranjal do Jarí localizado às margens do rio Jari.

Contudo, parece ser frequente também a percepção de que as condições de monitoramento desses eventos ainda são relativamente insipientes, haja vista que estudos hidrológicos mais profundos são necessários para a prevenção mais eficiente contra as cheias do rio nos centros urbanos localizados às margens do rio Jari. Por exemplo, as cheias mais vigorosas ocorreram na última década, em 2000, 2006 e 2011, as quais puseram à prova a vulnerabilidade da referida cidade à eventos climáticos extremos de precipitação.

A bacia hidrográfica é a unidade básica (legal) de qualquer estudo, a qual é um sistema físico que envolve todo o ciclo hidrológico (volume de controle). Portanto, a bacia hidrográfica é o meio pelo qual uma variável de entrada, como precipitação, infiltração, área de drenagem etc., é convertida em uma variável de saída (vazão) por diversos processos do sistema hidrológico. Uma das formas de representar esse processo é por intermédio de um hidrograma resultante relacionando a vazão média no intervalo de tempo (SOUZA, CUNHA,

*et al.*, 2010). Portanto, analisar e entender a evolução no espaço de tempo os eventos hidrológicos é um tema importante para a questão Amazônia. Estudos desta natureza aprofundam a sensibilidade das variações hidrológicas das bacias com diferentes características para realizar um dimensionamento inicial dos fenômenos envolvidos.

Um melhor conhecimento da dinâmica hidrológica do rio Jari torna-se necessário, pois a região é de extrema importância econômica para ambos os Estados, apresentando diversos fatores socioambientais relevantes pela sua população que, segundo dados de 2013, a população da região está em torno de 91.118 habitantes (IBGE). Um aspecto importante é a vida social e o comércio na cidade de Laranjal do Jari, também muito vulnerável às inundações, haja vista que a localização do centro comercial se localiza na margem ou muito próxima do leito do rio.

Em consequência da urbanização desorganizada, favorece a intensificação dos eventos de inundações ribeirinhas que são frequentes de quatro a cinco anos. Mas, em média, uma vez a cada dois anos, há problemas resultantes do processo hidrológico natural das cheias do rio.

Por outro lado, os sistemas de monitoramento da região e estudos realizados a respeito do regime hidrológico da bacia ainda são escassos. Há apenas quatro estações meteorológicas na região *in situ* (em uma bacia de ~58 mil km<sup>2</sup>). A primeira é uma estação privada da empresa Cadam, que atua na exploração de caulim na região do vale do Jari. A segunda é a estação de São Francisco que, no momento, está desativada. A terceira é a estação hidrometeorológica do Jari (NHMET/IEPA) que atualmente está em funcionamento e transmite via satélite diariamente, a cada hora, os dados coletados (CUNHA, SOUZA e CUNHA, 2010). A quarta é a estação da Jarilândia, localizada no extremo sul da bacia.

Assim os dados dos pluviômetros, a partir de séries históricas, servem para constituir uma série robusta de dados sobre a bacia, com o objetivo de reduzir as deficiências da densidade das estações na bacia, bem como as falhas nas séries. Quando ocorrem falhas estas podem se corrigidas com uso de modelos computacionais (CUNHA, SOUZA e CUNHA, 2010).

Por outro lado o rio Jari estará brevemente sendo submetido a condicionante de regime de vazão da Usina Hidrelétrica Cachoeira de Santo Antônio do Jari (UHESAJ). Segundo estudos realizados feitos em outras bacias, a construção da usina poderá promover significativas mudanças no regime de vazão do rio (comportamento hidráulico), sendo

necessário o conhecimento prévio sobre os dados das estações meteorológicas disponíveis na região (BRASIL, 2009).

Oliveira e Cunha (2010) apontaram a relação entre a sociedade daquela região e o rio Jari, a constatação que tiveram é que a sociedade atual é uma sociedade em risco, constantemente têm surgido ameaças resultantes da modernização e progresso, pelo fato das cidades ribeirinhas terem crescido muito nos últimos anos devido aos empreendimentos na região, fez com que houvesse uma ocupação desordenada das margens do rio. Conseqüentemente em anos de cheias mais abundantes, têm causado grandes prejuízos socioeconômicos, prejuízos que chegam a casa dos milhões, planejamento e acima de tudo conhecimento do comportamento têm sido essenciais para o convívio em meio há grandes bacias hidrográficas. O conhecimento acerca da hidrometeorologia regional (especialmente a distribuição das chuvas) é uma das melhores ferramentas para fundamentar estudos de outras áreas científicas correlatas e mitigar o nível de vulnerabilidade e o risco socioambiental. Os dados sobre a ocorrência de inundações e seus impactos na Região Norte do Brasil são crescentes. Somente as inundações do período entre 2000-2003 deixaram um prejuízo de R\$ 176 milhões e aproximadamente 6,3 mil desabrigados no Laranjal do Jari. A aplicação de novos métodos que abordem alguns componentes do ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas é cada vez mais necessária, porque visam principalmente a prevenção e a mitigação de desastres naturais. Evitar ações reativas das populações ou do poder público em combate às enchentes tem se mostrado ineficiente. Estudos como a presente investigação podem potencialmente reduzir os problemas da bacia hidrográfica (CUNHA, SOUZA e CUNHA, 2010).

Além disso, a diversidade de estudos e pesquisas na bacia do rio Jari tende a se intensificar porque, no Estado do Amapá, especialmente pelo seu grande potencial hidrelétrico, se deparará com vários problemas ambientais que necessitam das informações hidrometeorológicas devido ao aumento do número de conflitos pelo uso das águas e problemas ambientais (LUCAS, BARRETO e CUNHA, 2010); (CUNHA, SOUZA e CUNHA, 2010). Devido a esse contexto o presente estudo visa obter respostas mais concretas do comportamento desta bacia, caracterizando a mesma.

### 1.3 PROBLEMAS E HIPÓTESES

A bacia do rio Jari divide geopoliticamente dois Estados: Amapá e Pará. Por estes motivos, muitas informações sobre a bacia estão fragmentadas nas respectivas instituições destes Estados. As hidrometeorológicas (precipitação) não são exceção.

Portanto, o conhecimento sobre o comportamento de suas séries históricas pode ser útil ao planejamento atual e futuro da bacia, como a gestão de recursos hídricos, aplicações hidroenergéticas, saneamento ambiental, defesa civil, conservação da biodiversidade, entre outros. Deste modo, avanços no conhecimento hidrometeorológico é um suporte importante à tomadas de decisões em nível de planejamento e gestão de bacia hidrográfica, sendo de fundamental relevância para análises de fenômenos hidrológicos pretéritos, atuais e futuros.

Neste aspecto, é muito importante estudar não somente os aspectos físicos da bacia, mas entender como as chuvas se distribuem no espaço e no tempo e avaliar seu potencial comportamento hidrológico nas bacias, especialmente após eventos importantes de precipitação e suas respostas hidrológicas de interesse ao planejamento ambiental, tais como propagação de ondas de cheia e veranicos persistentes, ambos com fortes repercussões na qualidade ambiental regional.

O conhecimento sobre o padrão hidrometeorológico da bacia do Jari é virtualmente desconhecido, pois a maioria das informações hidrológicas disponíveis estão fragmentadas entre os Estados do Pará e Amapá e, sobremaneira, dificultam sua obtenção e sistematização.

Este estudo avaliará a importância da integração destas informações, bem como quantifica a **distribuição espacial das precipitações no formato de mapas**, de modo a evidenciar sua utilidade em ações de planejamento ambiental, além de diversas outras aplicações de interesse aos usuários da bacia hidrográfica do Rio Jari.

Este trabalho pretende também mostrar que o sistema de previsibilidade de cheias e secas que interferem sobre a qualidade de vida dos habitantes, principalmente da cidade de Laranjal do Jari, pode ser melhor compreendida com a visualização da sua distribuição espaço/tempo. Para tanto, partimos do pressuposto de que "o sistema de monitoramento hidrológico da bacia do rio Jarí é relativamente robusta em dados quantitativos (séries temporais), mas ainda deficiente (em termos espaciais) para uso geral aos usuários da bacia hidrográfica e, principalmente, para a prevenção dos eventos extremos que têm ocorrido na bacia como base em informações da literatura".

## 1.4 OBJETIVOS

### Geral:

Analisar o padrão de precipitação espacial e temporal da bacia do rio Jari-AP e avaliar as principais características hidroclimáticas e fisiográficas da bacia.

### Específicos:

- ✓ Caracterizar os aspectos fisiográficos da bacia do rio Jari, como o índice de conformação, índice de drenagem, índice de compacidade e tempo de detenção e sua susceptibilidade às cheias ou eventos extremos;
- ✓ Contribuir com novas informações para o ciclo hidrológico na bacia e suas aplicações em ciências ambientais;
- ✓ Analisar as séries históricas de precipitação com base em dados de estações hidrometeorológicas em operação presentes e externas à bacia hidrográfica do rio Jari (1968-2012), com ênfase aos dados pluviométricos.
- ✓ Mapear a distribuição mensal e anual da precipitação e analisá-las estatisticamente, como subsídio ao planejamento ambiental da bacia hidrográfica.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O rio Jari possui um contexto bem específico, em um recente estudo de potencial energético para a bacia, sobre o qual foi possível obter alguns parâmetros acerca deste empreendimento (HYDROS, 2010).

A bacia hidrográfica do rio Jari é delimitada ao norte pelo Suriname e pela Guiana Francesa, ao sul pelo rio Amazonas, a leste pelo Estado do Amapá, e a oeste pelo Estado do Pará. Encontra-se nas unidades geológicas denominadas Colinas do Amapá, Planaltos Residuais do Amapá, Depressão Periférica da Amazônia Setentrional, Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas, Planalto do Uatumã – Jari e Planície Amazônica (HYDROS, 2010).

De acordo com o relatório Hydros, 2010, o rio Jari corre no sentido noroeste-sudeste (NW-SE), origina-se na Serra do Tumucumaque, na fronteira do Brasil com o Suriname, nas chamadas Colinas do Amapá, e deságua na margem esquerda do rio Amazonas, do qual é um de seus principais afluentes. Seu curso é meandrante e tem uma extensão de aproximadamente 950 km. A confluência do Jari com o Amazonas está na unidade geológica denominada Planície Amazônica, em frente à Ilha Grande de Gurupá, localizada nas proximidades dos povoados de Caiçara e Vida Nova. Os principais afluentes do rio Jari são: (i) pela margem esquerda, de montante a jusante: os rios Curapi, Culari, Cuc, Mapari, Noucoure e Iratapuru; e pela margem direita, de montante a jusante: o rio Ipitinga, o rio Carecuru e o igarapé Caracaru. Ao longo da bacia, nos locais onde os substratos rochosos afloram, surgem cachoeiras, que fazem com que os rios aumentem sua largura, formando nestes lugares sequências de canais e ilhas, condicionadas pela estrutura geológica.

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DA BACIA DO RIO JARI:

A bacia hidrográfica do rio Jari está inserida no Bioma Amazônia ou Domínio Morfoclimático tropical úmido, que corresponde ao domínio climático equatorial quente-úmido (com um a dois meses secos) de acordo com a classificação de Ayoade (2010).

Estudos recentes em Florestas Ombrófilas do Estado do Pará apontam, ainda, um volume de madeira de aproximadamente 100 m<sup>3</sup>/ha, independentemente do tipo florestal,



observando-se que nem sempre as espécies com maior valor de importância na comunidade são as de valor madeireiro. Observou-se também a tendência de várias espécies apresentarem-se agrupadas.

Considerando esses aspectos, podem ser esperadas importantes variações florísticas na bacia do rio Jari, a despeito de sua aparente homogeneidade, tanto no sentido latitudinal, uma vez que a bacia hidrográfica se estende por cerca de 430 km no sentido norte-sul, quanto longitudinal. Além disso, em que pese a relativa homogeneidade do substrato pedológico observado nessa bacia hidrográfica, variações locais de relevo e mesmo de solo condicionam formações diferenciadas do ponto de vista florístico e estrutural, ainda que espécies comuns possam estar presentes. Estas variações são mais facilmente observadas ao longo dos cursos d'água, onde se desenvolve a vegetação justafluvial ou marginal (HYDROS, 2010).

### 2.1.1 Formações Ombrófilas Densas

A cobertura vegetal que reveste essa bacia, a despeito da relativa homogeneidade visualizada no mapeamento, apresenta variações tanto de feições intra formações, relacionadas com o gradiente topográfico ou à densidade do componente dominante, quanto de estrutura florística, em associação às condições fisiográficas, bem como climáticas. Prevaecem Florestas Ombrófilas Densas na maior parte desse espaço geográfico, Subordinadamente, observam-se Florestas Ombrófilas Abertas, Formações Pioneiras sob Influência Fluvial e Vegetação Secundária. Esta bacia hidrográfica contém extensas áreas de reflorestamentos homogêneas para fins comerciais, característica incomum na região amazônica. Outro aspecto importante a ser assinalado é a importância dessas florestas no que se refere ao extrativismo de CASTANHA-DO-PARÁ, sendo a região do Jari considerada uma das regiões de maior importância dessa atividade. Abaixo os tipos de vegetação da região (HYDROS, 2010).

- Formações Ombrófilas Densas
- Floresta Ombrófila Densa Aluvial
- Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas
- Floresta Ombrófila Densa Sub - Montana
- Floresta Ombrófila Densa Montana
- Formações Ombrófilas Abertas

- Florestas Ombrófilas Abertas
- Refúgios Vegetacionais
- Formações Pioneiras e Secundárias
- Formações Pioneiras sob Influência Fluvial
- Vegetação Secundária
- Ecossistemas Antropizados

## 2.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A bacia do rio Jari abrange um conjunto diversificado de rochas, cujas diferentes unidades litoestratigráficas possuem idades desde o Proterozóico Inferior (aproximadamente 2,6 bilhões de anos atrás) até o Holoceno (aproximadamente 11.500 anos atrás). As rochas mais antigas encontradas na referida bacia pertencem ao Complexo Guianense (IBGE, 2010), representadas essencialmente por migmatitos, gnaisses, granitos, granulitos, anfibolitos, quartzitos e xistos. Merece destaque, conforme publicação supracitada, uma subunidade de rochas gnáissicas denominada Tumucumaque. Essa subunidade apresenta principalmente gnaisses com intercalações de xistos, quartzitos e anfibolitos.

No Complexo Guianense, de idade pré-cambriana inferior (aproximadamente 4,5 bilhões de anos) à média (aproximadamente 2 bilhões de anos), destacam-se numerosos corpos alongados, orientados na direção NW. Suas unidades litológicas são referentes ao Grupo Vila Nova, cuja idade é relativa ao pré-cambriano médio e superior (aproximadamente 1,3 bilhões de anos atrás). As rochas predominantes deste grupo são representadas por quartzitos, xistos, filitos, anfibolitos, afetadas por metamorfismo responsáveis por depósitos ( fácies) de xistos verdes e almandina-anfibolito (HYDROS, 2010).

Ao sul da área compreendida pelo Complexo Guianense encontram-se rochas sedimentares de Idade Paleozóica (aproximadamente 320 milhões de anos atrás) da Bacia Sedimentar do Amazonas, constituídas por arenitos grossos, com camadas de conglomerados e folhelhos, representantes da Formação Trombetas, assim como de folhelhos e siltitosmicáceos da Formação Curuá. Na porção sul da área da bacia do rio Jari, próxima à confluência dos rios Jari e Carecuru, encontra-se uma faixa de rochas do período Terciário (aproximadamente 180 milhões de anos atrás), representada por arenitos finos, siltitos e argilitos ricos em caulinita do Grupo Barreiras, de acordo com o relatório Hydros, 2010.

Por fim, de acordo com a cronologia dos terrenos, a planície do rio Amazonas é constituída por aluviões contendo areias, argilas e siltes, datados do holoceno, os quais, quando localizados no rio Jari, apresentam assoalho constituído por cascalhos (HYDROS, 2010).

Pelas especificidades demonstradas acima, que ilustram rochas que compõem terrenos das mais diversas idades e origens, pode-se compartimentar a área da bacia do rio Jari em três grandes grupos, os quais expressam, a grosso modo, os grandes conjuntos de estruturas de rochas encontradas na área em questão, a saber: a Bacia sedimentar paleozóica, o Embasamento cristalino pré-cambriano e as rochas sedimentares semiconsolidadas e depósitos Recentes (HYDROS, 2010).

Menciona-se também, quando se analisam os aspectos concernentes aos elementos que compõem as paisagens do rio Jari, que as unidades litológicas aí encontradas resultam numa diversidade de tipos de solos, constituindo suporte para os diferentes ambientes na referida área, onde a cobertura vegetal pode ser considerada como elemento sintetizador.

Desse modo, as unidades litoestratigráficas que compõem a área da bacia do rio Jari são apresentadas em seu contexto estrutural e ao mesmo tempo pormenorizadas, permitindo uma correlação entre os tipos de solos encontrados e a cobertura vegetal correspondente. Dessa forma, pretende-se possibilitar a definição dos ambientes resultantes dos diferentes arranjos entre elementos de suporte (rochas, solos) e de cobertura (relevos, vegetação) (HYDROS, 2010).

### 2.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Segundo a Empresa de Produção Energética (HYDROS, 2010) a região das cabeceiras do rio Jari situa-se na serra de Tumucumaque, a altitudes entre 500 e 700 m. Já sua foz encontra-se na planície do rio Amazonas a uma altitude próxima ao nível do mar. Abaixo as características especificadas pela empresa em seu estudo.

### 2.3.1 Colinas do Amapá

Em direção à montante, já no alto curso do rio Jari, entra-se na área representada pela unidade geomorfológica denominada de Colinas do Amapá, onde o rio Jari apresenta baixa declividade, adquirindo aspecto meandrante. As formas de relevo predominantes são colinas com topo convexo, com altitudes médias entre 250 e 300 m. Neste trecho o traçado do rio Jari apresenta direção geral NW-SE, em um percurso de 320 km com desnível de apenas 40 m, gerando uma declividade média muito baixa de cerca de 0,125 m/km. Os meandros do rio Jari, nessa porção, apresentam curvas de amplitude entre 2 e 4 km e presença de terraços fluviais formados por processos de acumulação de sedimentos e terraços formados por processos erosivos (HYDROS, 2010).

As formas de relevo presentes neste trecho são descritas como terraços fluviais de acumulação, presentes nos vales do rio, e em colinas, com dissecação em superfícies pediplanadas por canais geralmente curtos, numerosos e pouco aprofundados.

Já próximo às cabeceiras, o traçado do rio Jari inflete para uma direção norte-sul, na região da Serra do Jari, que integra o sistema de divisores da Serra do Tumucumaque (divisa entre o Brasil e o Suriname), situada a altitudes entre 600 e 700 m. Neste trecho de aproximadamente 90 km de extensão, o rio possui alta declividade, de aproximadamente 3 m/km, mostrando-se encaixado no relevo, cujas formas predominantes são colinas e cristas ravinadas em uma área de grande densidade de drenagens e forte entalhamento. Nessa região, nota-se também relevos constituídos por colinas ravinadas e vales onde a drenagem é muito aprofundada, de densidade alta e, vertentes de alta declividade (HYDROS, 2010).

Ao norte da Depressão Periférica da Amazônia Setentrional encontra-se a área representada pelos Planaltos Residuais do Amapá, onde o rio Jari apresenta um percurso de 107 km com direção NW-SE e posteriormente N-S, com ocorrência de uma sequência de cachoeiras que se inicia com a Cachoeira do Desespero, passando em direção à jusante para as Cachoeiras Mucuru, Apuapaí, Meripatari, Andiroba, Urucupatá e finalizando com a Cachoeira Aurucupatari, totalizando um desnível de 95 m, o que gera uma declividade média de 0,89 m/km (HYDROS, 2010).

Os Planaltos Residuais do Amapá abrangem as serras do Ipitinga e Iratapuru além da porção superior do médio curso do rio Jari. As formas de relevo predominantes nesta região

são colinas e vales encaixados resultante de aprofundamento de drenagens e colinas ravinadas com ramificações de canais intermitentes.

### 2.3.2 Depressão Periférica da Amazônia Setentrional

A Depressão Periférica da Amazônia Setentrional situa-se ao norte do Planalto da Bacia Sedimentar do Amazonas, no médio curso do rio Jari, onde o substrato geológico é formado pelas rochas do embasamento pré-cambriano. Esta área corresponde a uma faixa rebaixada por processos erosivos na periferia norte da Bacia Sedimentar do Amazonas.

Ainda, é caracterizada por dissecação em colinas esculpidas, geralmente em rochas cristalinas, e por altitudes ao redor de 150 m. No entanto, existe um patamar mais elevado de colinas, com drenagens encaixadas, ocupando grandes extensões, que configuram alinhamentos de cristas na direção NW, com topos aplainados e seccionados por gargantas de superimposição. Os rios Jari e Paru apresentam vários trechos com corredeiras e cachoeiras, principalmente à montante das gargantas das serras e cristas, resultado, portanto, desses lineamentos estruturais da região (HYDROS, 2010).

### 2.3.3 Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas

O Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas é formado por substrato geológico constituído pelas rochas sedimentares como arenitos, siltitos, folhelhos e argilitos da era paleozóica (aproximadamente 400 milhões de anos atrás). Esta unidade geomorfológica apresenta áreas de relevo mais arrasado, principalmente na sua porção sul, com altitudes entre 100 e 150 m, onde se encontra um patamar bem definido.

São encontradas também áreas mais elevadas de topo plano, com altitudes que chegam até 550 m, que são representadas na área da bacia hidrográfica do rio Jari pela Serra do Maracanaquara, cujas feições são típicas de bordo erosivo de bacia sedimentar, com grande escarpa voltada para NW e talhada em arenitos com topos truncados por superfície de aplainamento (HYDROS, 2010).

O Planalto da Bacia Sedimentar do Amazonas corresponde a uma faixa com direção aproximada ENE-WSW e largura de algumas dezenas de km, onde são expostas rochas sedimentares paleozóicas da bacia sedimentar ou sinéclise do Amazonas. Este planalto é representado por um conjunto de relevos tabulares e cristas, em área de retomada de erosão com drenagem incipiente. As altitudes dominantes variam entre 300 e 500 m na porção norte e entre 100 e 200 m na porção sul, sendo esse relevo representado pelo Planalto de Maracanaquara.

Os rios Jari e Paru cortam o Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas no sentido de NW para SE, através de profundas gargantas de superimposição e cachoeiras, gerando uma declividade média de aproximadamente 0,78 m/km, as quais descem de uma altitude de aproximadamente 52 m para cerca de 8 m em um trecho de aproximadamente 56 km. A maior porção da área ocupada pelo planalto em questão apresenta cobertura por floresta densa (HYDROS, 2010).

#### 2.3.4 Planalto Uatumã-Jari

O Planalto Uatumã-Jari corresponde à extensa superfície de pediplanação denominada de Pediplano Pleistocênico, desenvolvido sobre os sedimentos terciários do Grupo Barreiras, onde predominam formas de relevo em colinas e morros, com altitudes chegando a 100 e 200 m. A dissecação nesta unidade resultou em formas onduladas com patamares escalonados até próximo ao rio Amazonas. Nesta região, o rio Jari apresenta baixíssima declividade, com valores em torno de 0,05 m/km.

As Serras Paranaquara, Jutaí, Almeirim, Acapuzal e Areião, embora representem relevos residuais tabulares esculpidos nos sedimentos terciários do Grupo Barreiras, apresentam substrato rochoso sobre o qual se desenvolveu parte do Planalto Uatumã-Jari. Em função das discontinuidades espaciais e pequenas áreas ocupadas, estas serras acabaram por ser mapeadas dentro da unidade morfoescultural do Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas, que se justifica pelo fato do pediplano pleistocênico, sobre o qual se localiza o Planalto Uatumã-Jari, adentrar em um pequeno trecho dentro da área ainda rebaixada representada pelo Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas.

Esta unidade morfoestrutural se estende desde áreas elevadas situadas no sul da bacia hidrográfica até a cachoeira Santo Antônio, onde se limita com o Planalto Setentrional da Bacia Sedimentar do Amazonas (HYDROS, 2010).

### 2.3.5 Planície Amazônica

A Planície Amazônica corresponde a uma faixa de relevo nas duas margens do Amazonas Marajó. Esta unidade limita-se ao norte com o Planalto Uatã-Jari e caracteriza-se por apresentar um emaranhado de canais recentes, paleocanais, “furos”, igarapés, paranás, meandros abandonados, lagos, num processo complexo de evolução atual do sistema fluvial. Boa parte da planície está sujeita às inundações periódicas, que permitem a deposição de sedimentos recentes em vastas áreas. Os canais marcam a orientação da sedimentação e os diques marginais são o reflexo de um dos últimos eventos de todo esse processo.

Do ponto de vista ambiental, a área da Planície Amazônica apresenta diversos tipos de coberturas vegetais, como campos, formações pioneiras, vegetação herbácea sem palmeiras e densa cobertura de floresta aluvial, sendo esse revestimento vegetal beneficiado por fatores edáficos, resultantes da fertilidade natural de solos hidromórficos e gleissoloseutróficos, que sofrem influências do processo de cheias sazonais típica desta unidade morfoescultural (HYDROS, 2010).

## 2.4 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DA BACIA

O clima da bacia do rio Jari não pode ser compreendido e analisado sem o concurso do mecanismo atmosférico. Até mesmo a influência de fatores geográficos, como relevo, latitude, continentalidade e maritimidade são exercidos em interação com os sistemas regionais de circulação atmosférica (AYOADE, 2010).

Desta forma, para a caracterização climática da bacia do rio Jari, é necessária uma análise dos principais sistemas de circulação atmosférica, por sua atuação direta, exercendo um papel importante na configuração do clima regional, a seguir apresentada.

A análise da circulação atmosférica é importante para o entendimento da gênese dos elementos climáticos e sua distribuição espacial ao longo do ano. Neste sentido, a localização da área é de grande importância, pois sua posição, com parte no hemisfério norte e parte no sul, está sujeita à interferência dos sistemas dos dois hemisférios. Para o presente estudo é necessário analisar a climatologia regional que investiga o comportamento da atmosfera na região selecionada, especificamente o mesoclima, que se preocupa em estudar o clima em áreas relativamente pequenas, mas que está ligado a padrões de circulação e interação de grande escala entre dois oceanos. Estudos com enfoque sobre a Amazônia Oriental indicam que a variabilidade da chuva sazonal durante a estação chuvosa é dependente desses mecanismos (LUCAS, BARRETO e CUNHA, 2010).

O domínio climático da região é classificado como Equatorial Úmido, corresponde a zona de convergência intertropical (ZCIT). Sob o domínio das massas de ar equatoriais (ME) e massas tropicais marítimas quentes (MTM), trata-se de uma região favorecida por uma intensa insolação durante todo o ano, o que justifica as temperaturas elevadas em todos os meses, com uma pequena variação mensal, ao contrário da amplitude térmica diária que é expressiva. As variações do regime de chuvas nessa região ao longo do ano são visíveis uma vez que em algumas localidades apresentem curvas de precipitação com dois máximos e dois mínimos, com isso é comum que os tipos de vegetações nessas regiões sejam árvores de grande porte e grande variedade de espécies, a intensa ação química sobre os solos e rochas e a facilidade para processos de lixiviação, em termos de pluviosidade, a porção norte do país, embora considerada bastante úmida, é onde se encontram os mais expressivos totais pluviométricos, apresenta uma distribuição heterogênea, tanto espacial quanto temporalmente, em algumas áreas, o total médio está acima de 3.000 mm (extremo leste), ao passo que em outras não passa de 1.600 mm (noroeste) (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Para entender melhor o comportamento das chuvas durante um longo período, (MENEZES, 2009), utilizou a análise exploratória dos dados como ferramenta para identificar padrões de comportamento da precipitação quanto aos aspectos de normalidade, ou seja, os valores de precipitação devem estar espacializados na área da bacia. Há programas e softwares que fazem essa plotagem de dados, ou seja, colocam os valores em uma determinada área. Eventos de precipitação que levam às cheias do rio, têm causado situações de calamidade nas cidades ribeirinhas; grandes prejuízos econômicos e sociais principalmente na última década, Em um estudo de caso realizado em 2010 (OLIVEIRA e CUNHA, 2010), destacou-se as consequências dessas cheias a sociedade daquela região.



Segundo Ayoade (2010), a climatologia trata dos padrões de comportamento da atmosfera, verificados durante um longo período de tempo, o campo da climatologia é bastante amplo e pode se fazer subdivisões com base na escala dos fenômenos atmosféricos (Tabela 1).

Os mecanismos climáticos da região são modulados pelas mudanças e alterações de comportamentos dos dois grandes oceanos que envolvem a Amazônia. No oceano Pacífico acontece o fenômeno conhecido com *El Niño* e *La Niña*, responsável pelo aumento ou diminuição da temperatura superficial desse oceano na porção equatorial, como consequência desse aumento ou diminuição é a alteração do regime de chuvas para diversas regiões do planeta. Já o oceano atlântico abastece a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) carregando água para dentro do continente, Isso afeta diretamente a bacia Amazônica e a bacia do rio Jari (SOUZA e CUNHA, 2010) (MARENGO e VALVERDE, 2007).

**Tabela 1:**Subdivisões da climatologia

<b>Climatologia Regional</b>	Descrição dos climas em áreas selecionadas da terra
<b>Climatologia Sinótica</b>	Estudo do tempo e do clima em uma área com relação ao padrão de circulação atmosférica
<b>Climatologia Física</b>	Investigação do comportamento dos elementos do tempo e processos atmosféricos em termos de princípios físicos
<b>Climatologia Dinâmica</b>	Enfatiza os movimentos atmosféricos em várias escalas, particularmente na circulação geral da atmosfera
<b>Climatologia Aplicada</b>	Aplicação do conhecimento climatológico na solução dos problemas práticos que afetam a humanidade
<b>Climatologia Histórica</b>	Estudo do desenvolvimento dos climas através dos tempos

Fonte: (AYOADE, 2010)

## 2.5 ASPECTOS HIDROLÓGICOS DA BACIA DO RIO JARI

Além da abordagem climatológica é necessário abordar aspectos da hidrologia, A Hidrologia é a geociência que investiga os fenômenos que determinam a distribuição espaço-temporal da água em nosso planeta, sob os atributos de quantidade, de qualidade e de interação com as sociedades humanas. Os fenômenos hidrológicos são aqueles que definem os

mecanismos de armazenamento e transporte entre as diversas fases do ciclo da água em nosso planeta (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Segundo a Hydros Engenharia (HYDROS, 2010), em um recente estudo que traz a tona o potencial energético da bacia, na região Norte do Brasil, onde se insere a área em estudo, constitui-se no domínio climático mais chuvoso do país.

Desta forma, as feições pluviométricos constituem outro importante aspecto para a análise climática da bacia, que relaciona a existência ou não de secas e o regime de duração dos períodos secos. O clima quente da bacia do rio Jari possui áreas bem diferenciadas, sendo um úmido com um a dois meses secos e outro úmido com três meses secos. A demanda de água para os diversos fins, na bacia hidrográfica do rio Jari, é principalmente a irrigação (96% da demanda total), sendo seguida pela demanda de áreas urbanas (3% da demanda total). Ambas as demandas, no entanto, não competem com a geração de energia pelo uso da água (MME, 2007)

A caracterização hidrológica está diretamente ligada aos aspectos climatológicos (OLIVEIRA, CUNHA, *et al.*, 2010) Abordar essa temática é estudar as características hidroclimáticas da bacia do rio Jari. Nesse trabalho foram realizadas: a caracterização espaço-temporal da precipitação e temperatura na bacia hidrográfica, cujo potencial hídrico se apresenta como o mais importante para o setor energético do Estado do Amapá, além de uma significativa importância estratégica para o desenvolvimento econômico, social e ambiental local; a somatória de vários esforços como o uso de ferramentas e informações tecnológicas acessíveis, que permitiu a confecção de mapas de distribuição pluviométrica; por intermédio de ferramentas de geoprocessamento e informações de banco de dados, interpolar e analisar a distribuição de chuvas e temperatura em toda a bacia; disponibilidade hídrica mapeada, dentre outros pontos, apenas excluindo a variável de temperatura, é um bom referencial para tomar como base a esse estudo para a bacia do rio Jari.

Para adquirir tais parâmetros é necessário recorrer aos dados coletados por plataformas de coleta de dados, disponíveis em redes de informações, como as plataformas de acesso, do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia; CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos; Núcleos de Pesquisa, como o Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis – NHMET/IEPA, Hidroweb que faz parte do sistema de informações hidrográficas da ANA – Agência Nacional de Águas. Essas PCDs – Plataformas de Coletas de Dados ou Estações Meteorológicas, são uma das principais bases de dados deste estudo, uma PCD pode servir para diferentes propósitos, desde coleta de dados simples até percepção

de dados mais complexos, elas transmitem esses registros via satélite (Telemetria) em tempo real (JESUS, CUNHA, *et al.*, 2010). Essa rede de monitoramento é de suma importância para fomentar, pesquisas a respeito do comportamento climático da região.

Quanto à pluviosidade que tem influência direta com a disponibilidade de água dos rios, pode-se verificar que na Região Amazônica há dois centros de altas precipitações (mais de 3.000 mm anuais) e entre os dois, um corredor de precipitação menor, com pequena estiagem. Esta faixa de precipitações menores abrange o baixo curso do rio Amazonas, o leste do Pará e o leste do Estado do Amapá. A região leste do Estado do Amapá sofre a ação da Zona de Convergência Intertropical (produtoras de fortes chuvas). A Convergência passa o ano todo semi-estacionária no litoral do Estado. A bacia do rio Jari tem sua área inserida no corredor de menor precipitação do centro norte da região amazônica (SOUZA e CUNHA, 2010).

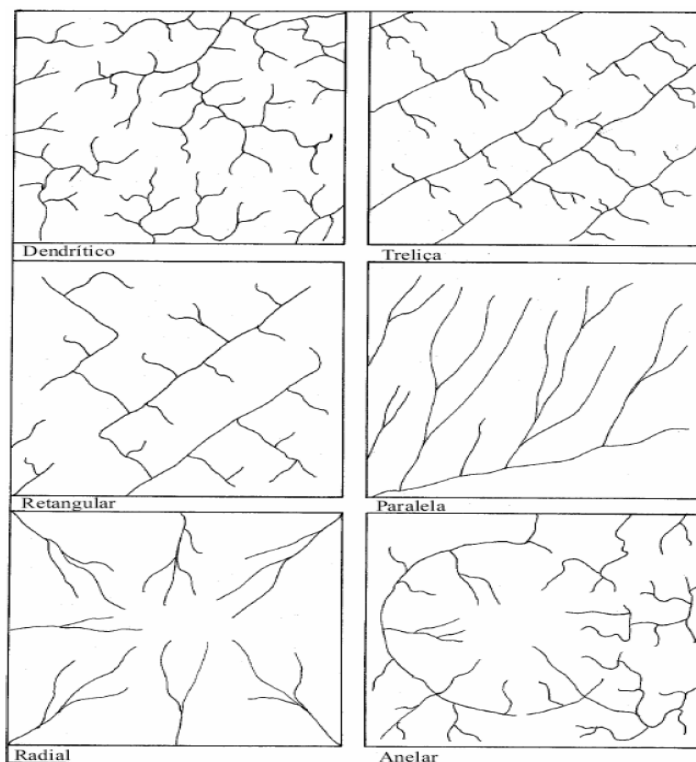
Na bacia do rio Jari, os dados acusam médias de precipitação de 1.500 mm (Alenquer – PA, 1.462,5 mm e Recreio - PA média de 1.578,2 mm), até 2.400 mm. Os maiores totais de precipitação estão entre 2.400 mm e 2.500 mm (Maracauera - Florestal - AP, 2.578,6 mm). Os dados pluviométricos foram coletados de estações do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica-DNAEE e Agência Nacional de Águas-ANA, visto que o Estado do Amapá possui poucas estações meteorológicas completas do INMET (HYDROS, 2010).

Baseando-se em dados históricos, disponibilizados pela ANA no site *hidroweb*, para o posto fluviométrico São Francisco, de coordenadas geográficas 00°34'04" S e 52°34'09" W, localizado no rio Jari, cuja vazão média anual, no período de Julho/72 a Novembro/06, é 1.042 m<sup>3</sup>/s, é possível afirmar que a disponibilidade hídrica superficial média da bacia, até o local do citado posto, é de 3,2x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/ano. As recargas de águas superficiais ocorrem através das precipitações, uma vez que estas são constantes durante todo o período do ano. A disponibilidade de águas superficiais é resultado das precipitações pluviométricas, além das nascentes e tributários existentes na bacia em estudo, cujos dados foram apresentados separadamente. Já as descargas ocorrem através das infiltrações, evaporações e transpirações ocorridas na mesma área. (LUCAS, BARRETO e CUNHA, 2010)

### 2.5.1 Características de drenagem da bacia do rio Jari

A rede de drenagem é influenciada pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. Os tipos básicos dos padrões de drenagem, baseados principalmente em critérios geométricos, podem ser classificados nas formas: dendrítica, treliça, retangular, paralela, radial e anelar. A figura 3 ilustra isso a seguir (HYDROS, 2010);

**Figura 3:** Tipos de Drenagem



Fonte: Hydros, 2010

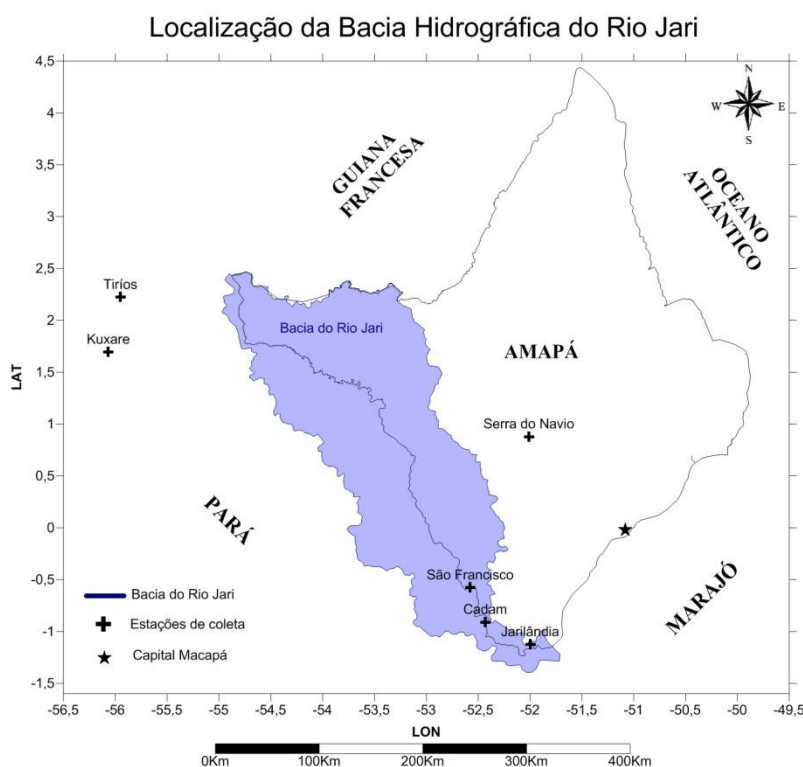
A bacia do rio Jari possui padrão de drenagem na forma dendrítica, forma predominante na natureza. Trata-se de um padrão com a forma arborescente, como as nervuras de uma folha ou galhos de árvore. Essa forma é típica de áreas cobertas por rochas não fraturadas e isotrópicas em relação à erosão pluvial e fluvial, ou de áreas com estruturas sedimentares horizontais. Os talwegues são de variados comprimentos e não possuem orientação preferencial ou uma organização sistemática (HYDROS, 2010).

Em busca de parâmetros que tornem mais compreensível a bacia, em uma linguagem dinâmica, alguns autores utilizaram cálculos, onde se utiliza de suas dimensões reais para se chegar a um resultado mais confiável de seu comportamento (MME, 2007), (NAGHETTINI e PINTO, 2007), (NETTO, 2011), (BASTOS, 2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O cenário desse trabalho é a Bacia do rio Jari, situada na região sul do Amapá e norte do Estado do Pará. Esta bacia está inserida entre ambos os Estados, entre as coordenadas geográficas de latitudes  $02^{\circ}39'02''\text{N}$  e  $01^{\circ}26'24''\text{S}$  e longitudes  $51^{\circ}47'24''\text{W}$  e  $55^{\circ}07'48''\text{W}$ .

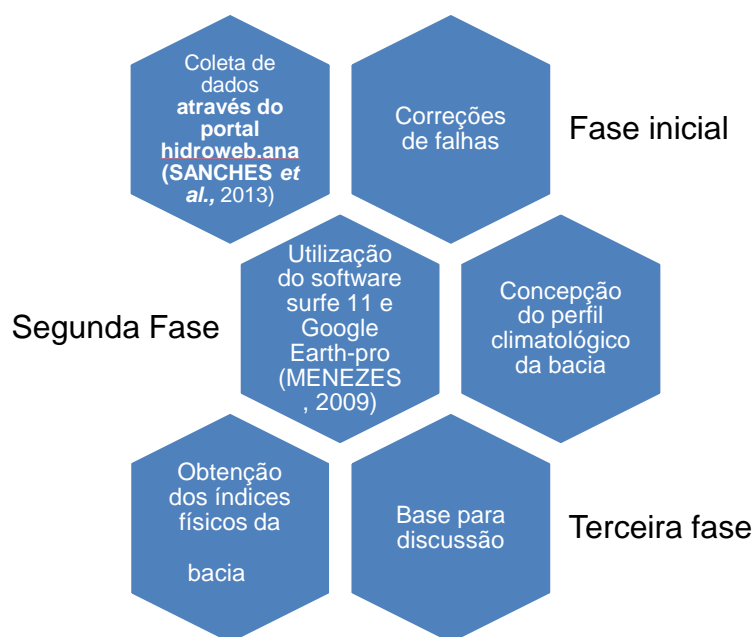
**Figura 4:** Localização da área de estudo – Bacia hidrográfica



Fonte: Adaptado pelo autor

Para o desenvolvimento dessa investigação, foram utilizados dados de pluviometria diários coletados da rede de postos da Agência Nacional de Águas (ANA) e estações privadas como a estação da empresa Caulim da Amazônia (CADAM), os dados da agência nacional de águas foram obtidos através da plataforma (<http://hidroweb.ana.gov.br>) e da empresa Caulim da Amazônia, foram obtidos através de solicitação a terceiros, que utilizaram os dados em pesquisas e análise anteriores. As estações utilizadas foram **Cadam**, **São Francisco**, **Jarilândia**, **Serra do Navio**, **Kuxare** e **Tiriós**. Os dados foram organizados e tabulados a fim de se obter os totais anuais para uma análise detalhada do comportamento durante o ano. A localização e disposição das estações em relação a bacia do rio Jari é mostrada a figura 4 abaixo, e a listagem das estações utilizadas, com as coordenadas e o início da operação, vide

tabela 2, (SANCHES, VERDUM e FISCH, 2013), (MENEZES, 2009). Abaixo o Fluxograma da metodologia, passo a passo.



Foi utilizada neste trabalho uma base de dados observacionais de precipitação com uma série entre **1968** a **2012**, após a coleta foi feita a análise e consistência dos dados, devido a existência de falhas em diversos meses, mas tais falhas não comprometeram os resultados, pois para evitar que tais falhas alterem de forma considerável o trabalho, foi feito o preenchimento de falhas de dados inexistentes, a lacuna onde os dados estavam ausentes foi utilizado a média dos dados que circundam a lacuna vazia, método de espacialização por krigagem (MENEZES, 2009), pois os resultados das médias desses dados irão resultar em um valor mais próximo do real.

Os dados quando baixados estavam em formato de arquivo de texto (.txt) e para serem tratados precisam estar organizados em planilhas eletrônicas (Excel). Depois de organizadas, podem ser geradas as demais análises, além de poder conferir as falhas que eventualmente ocorrem durante as coletas. Abaixo a tabela com as informações das estações de onde foram coletados os dados. (SOUZA e CUNHA, 2010); (CUNHA, SOUZA e CUNHA, 2010); (SANCHES, VERDUM e FISCH, 2013). A tabela 2 mostra detalhadamente a localização das estações utilizadas para o presente estudo.

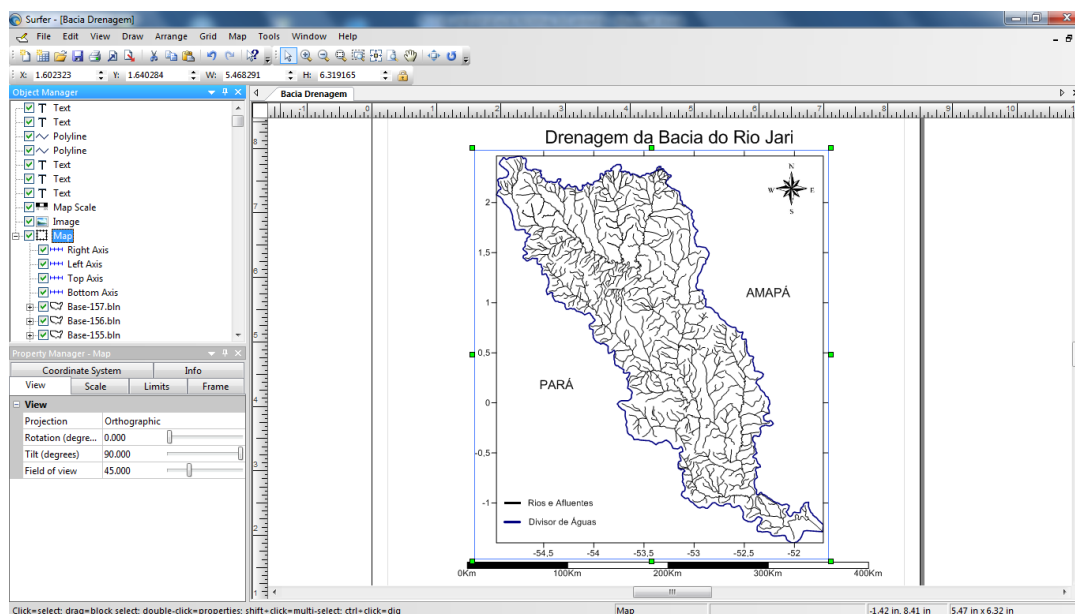
**Tabela 2:** Lista de estações utilizadas no estudo

Estação	Início de Operação	Localização	Acesso aos Dados
Serra do Navio	1980	Lat -0°54'0'' Lon -52°1'0''	hidroweb.ana
Jarilândia	1980	Lat - 1° 7' 24'' Lon - 51° 59' 47''	hidroweb.ana
São Francisco	1968	Lat - 0° 34' 16'' Lon - 52° 34' 30''	hidroweb.ana
Kuxare	1999	Lat - 1° 41' 45'' Lon - 56° 3' 54''	hidroweb.ana
Tiríós	1972	Lat - 2° 13' 31'' Lon - 52° 34' 9''	hidroweb.ana
Cadam	1988	Lat - 0° 54' 28'' Lon - 52° 25' 46''	Cadam

Fonte. Adaptado pelo autor

Para analisar e modelar a estrutura de variabilidade espacial da precipitação sobre a bacia do rio Jari aplicou-se a análise e tratamento da base de dados mensais e anuais, para realizar a interpolação por krigagem (MENEZES, 2009). Utilizando o software de uso livre Surfer-11 (Imagem 1), que é usado na elaboração de mapas e que o mesmo interpola os valores dos dados de precipitação em uma dada área específica.

**Imagem 1.** Interface do software Surfer 11 utilizado para a construção da figura



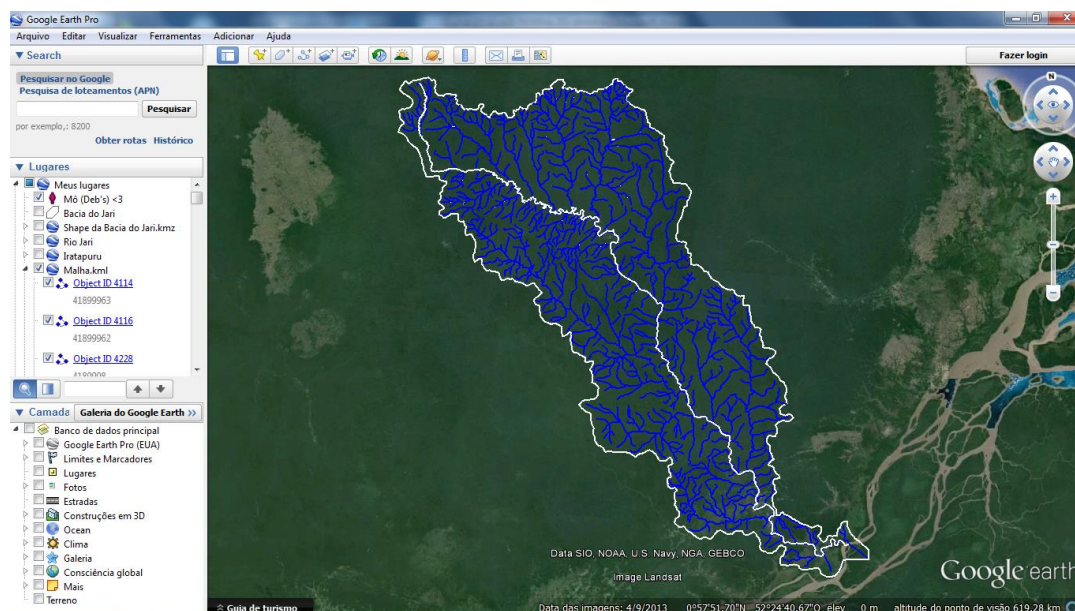
Fonte. Surfer 11, adaptado pelo autor



Antes foi feito um recorte da área da bacia a partir do seu divisor de águas, com o mesmo software, e a espacialização dos dados na área da bacia, ou seja, os dados de chuva coletados das estações meteorológicas e pluviômetros, foram dispostos dentro do contorno da bacia. Com a série de dados foi possível verificar a média mensal das chuvas em todos os meses do ano (OLIVEIRA, CUNHA, *et al.*, 2010)

Além da área da bacia foi feita a concepção da drenagem da bacia, utilizando os arquivos 'Shape File' do sistema de informações hidrológicas da Agência Nacional de Águas e o aplicativo de mapas e imagens de satélite do Google – Google Earth Pró (Imagem2), ambos de uso livre, onde foi possível conceber os mapas de precipitação e análise físicas para a bacia.

**Imagem2.**Interface do software Google Earth-pro



Fonte: Google Earth-pro; adaptado pelo autor

Para se obter respostas sobre as características físicas é necessário utilizar, fórmulas específicas em estudo básicos de hidrologia, Estas características são importantes para se transferir dados de uma bacia monitorada para uma outra qualitativamente semelhante onde faltam dados ou não é possível a instalação de postos hidrométricos (fluviométricos e pluviométricos). Este é um estudo particularmente importante nas ciências ambientais, pois no Brasil, a densidade de postos fluviométricos é baixa e a maioria deles encontra-se nos grandes cursos d'água, devido á prioridade do governo para a geração de energia hidroelétrica

(BASTOS, 2010), (NAGHETTINI e PINTO, 2007), (MME, 2007), (HYDROS, 2010), (NETTO, 2011) . Com este objetivo foram utilizadas as fórmulas:

**Fórmula 1:Índice de Compacidade ( $k_c$ )** – é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O  $K_c$  é sempre um valor  $>1$  (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o  $K_c$  (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, menor o tempo de concentração é maior a tendência de haver picos de enchente.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3.1)$$

Onde:

$P$  – perímetro da bacia;

$A$  – área da bacia em  $\text{Km}^2$ .

**Fórmula 2: Índice de Conformação (Fator de forma- $I_c$ )** – é a relação entre a área da bacia e o quadrado de seu comprimento axial medido ao longo do curso d'água desde a desembocadura até a cabeceira mais distante do divisor de água. Quanto menor o  $I_c$ , , abaixo de 0,28, mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchentes, pois o tempo de concentração é maior. Além disso, é difícil uma mesma chuva intensa abranger toda a bacia. Com base nesta equação é possível estimar o valor de quanto seria necessário de chuva para que uma bacia inicie um processo de inundação:

$$I_c = \frac{A}{L^2} \quad (3.2)$$

Onde:

$A$  – área da bacia;

$L$  – comprimento axial.

**Fórmula 3:Sistema de Drenagem ( $R_d$ )**– é o somatório de todos os tributários do rio. O sistema de drenagem de uma bacia é constituído pelo rio principal e seus tributários, o estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema é importante, pois ele indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica.

$$R_d = \sum_{i=1}^n l_i \quad (3.3)$$

Onde:

$l_i$  – comprimento de todos os cursos d'água.

O padrão de drenagem de uma bacia depende da estrutura geológica do local, tipo de solo, topografia e clima. Esse padrão também influencia no comportamento hidrológico da bacia. A densidade de drenagem indica eficiência da drenagem na bacia. Esta é definida como a relação entre o comprimento total dos cursos d'água (sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes) e a área de drenagem, e é expressa em km/km<sup>2</sup>. A bacia tem a maior eficiência de drenagem quanto maior for essa relação. Para se estimar essa relação foram utilizados todos os cursos do rio, segundo as recomendações de Bastos (2010) e Netto (2011).

$$Dd = \frac{L_t}{A} \quad (3.4)$$

Onde:

$L_t$  – comprimento total dos cursos d'água;

$A$  – área da bacia.

Tabela 3: Relação de Drenagem

<b>Tipo de Drenagem</b>	<b>Densidade</b>
Drenagem Pobre	$Dd < 0,5 \text{ km/km}^2$
Drenagem Regular	$0,5 \leq Dd < 1,5 \text{ km/km}^2$
Drenagem Boa	$1,5 \leq Dd < 2,5 \text{ km/km}^2$
Drenagem Muito boa	$2,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$
Excepcionalmente Bem Drenada	$Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$

Fonte: NETTO, 2011

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

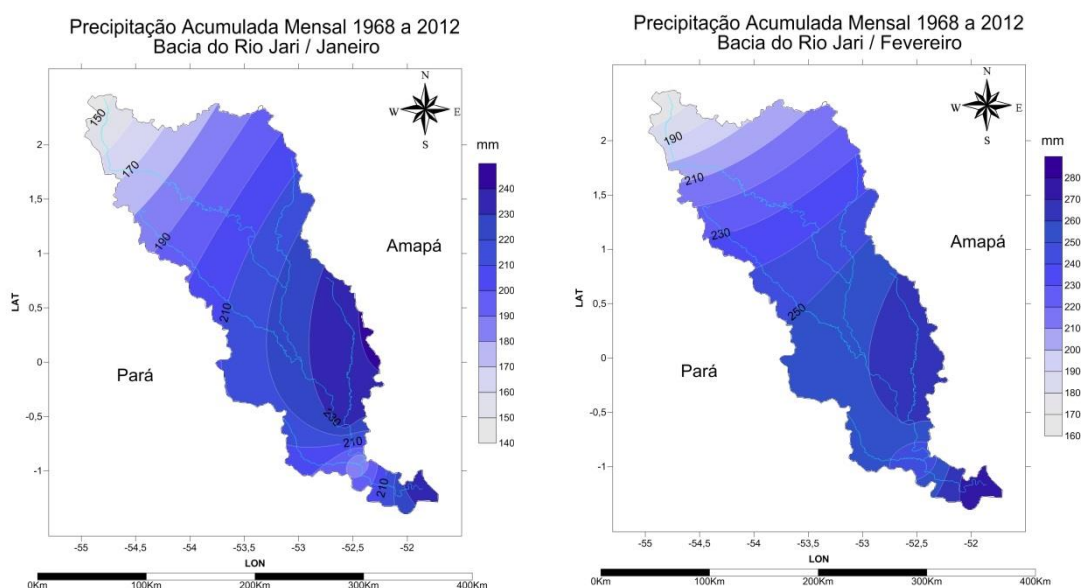
### 4.1 ASPECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS - PRECIPITAÇÃO

Um dos principais resultados da presente investigação é a geração de mapas de distribuição mensal e total da precipitação na Bacia do Rio JARI-AP. A seguir é mostrada a distribuição mensal da precipitação com base nas fontes de observação das estações da Cadam, São Francisco, Jarilândia, Serra do Navio, Kuxare e Tiriós, ao longo de séries históricas entre 1968 a 2012, totalizando 44 anos consecutivos de observação. Sabe-se que a região sofre influência das massas de ar equatoriais continentais, massa de ar - marítima e a Zona de Convergência Intertropical (AYOADE, 2010), (MENEZES, 2009).

Os dados apresentados de precipitação ainda não são suficientes para a região norte da bacia, pois essa região, não dispõe de estações que possam monitorar a bacia mais internamente de forma eficaz e continua. O setor norte da bacia é uma região de difícil acesso, relevo acentuado em alguns trechos e floresta densa, de acordo com o que foi visualizado através das imagens de satélite. O ideal para monitorar seria pelo menos 10 estações meteorológicas, bem distribuídas dentro de sua área, mas esses resultados são os mais próximos da realidade da região, pois foram feitos com base de dados coletados em solo.

Para o mês de janeiro (Figura 5), foi observada uma distribuição espacial da precipitação variando entre 150 mm ao norte e 240 mm a nordeste da bacia, com suaves variações de norte a sul. Na porção sudeste da bacia houve maior concentração de chuva, entre 210 e 240 mm. Esse período se caracteriza como o início da temporada das chuvas na região amazônica, onde as condições climáticas são favoráveis para a ocorrência de chuvas e grandes acumulados.

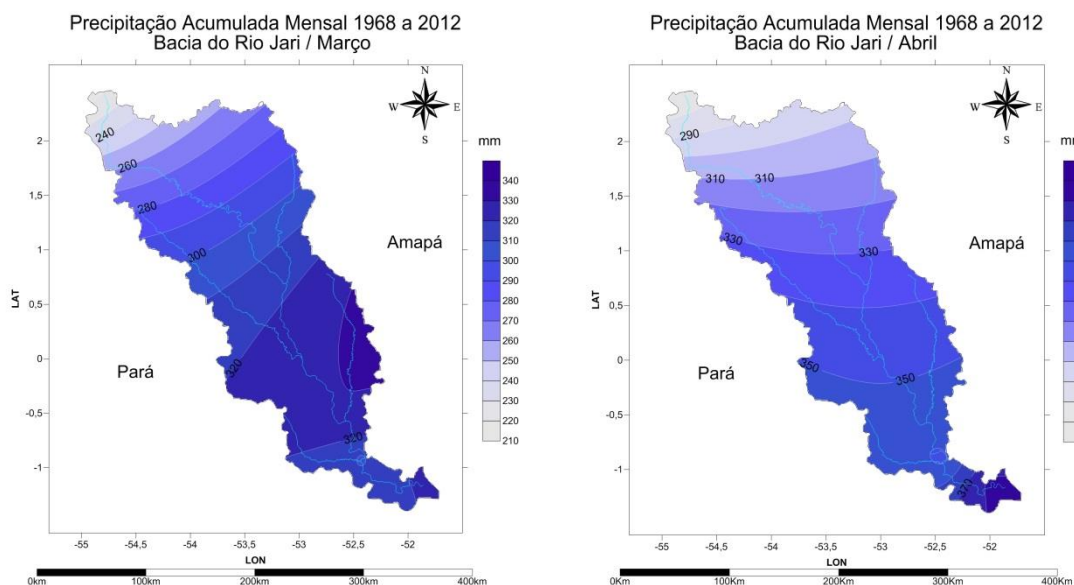
**Figura 5.** Distribuição da precipitação média para o mês de janeiro e fevereiro (série de 1968 - 2012). Com base nas medições das Estações da Cadam, São Francisco, Jarilândia, Serra do Navio, Kuxare e Tiriós.



Para o mês de fevereiro (Figura 5), foi observada uma distribuição espacial variando entre 190 mm ao norte e 280 mm a nordeste da bacia, com suaves variações de norte a sul, mas ainda mantendo-se o padrão de distribuição semelhante ao do mês de janeiro. A exceção foi o padrão da inclinação das isolinhas de precipitação, menos acentuadas neste mês de fevereiro, mantendo-se, contudo as máximas próximas da porção sudeste da bacia, próximo da estação do São Francisco (Rio Iratapuru), na faixa de 270 a 280 mm contra 190 mm na porção norte da bacia. A medida que os meses avançam, a tendência é de aumento de precipitação, pois a zona de convergência intertropical fica muito mais atuante.

No mês de março (Figura 6) foi observada uma distribuição espacial variando entre 240 mm ao norte e 330 mm a nordeste da bacia, com suaves variações de norte a sul e mantendo-se o padrão de distribuição semelhante ao do mês de fevereiro. Este período sofre aumento dos índices de precipitação em relação ao mês de fevereiro, mantendo um núcleo de concentração de precipitação próximo da estação meteorológica do São Francisco, com valores entre 340 e 330 mm.

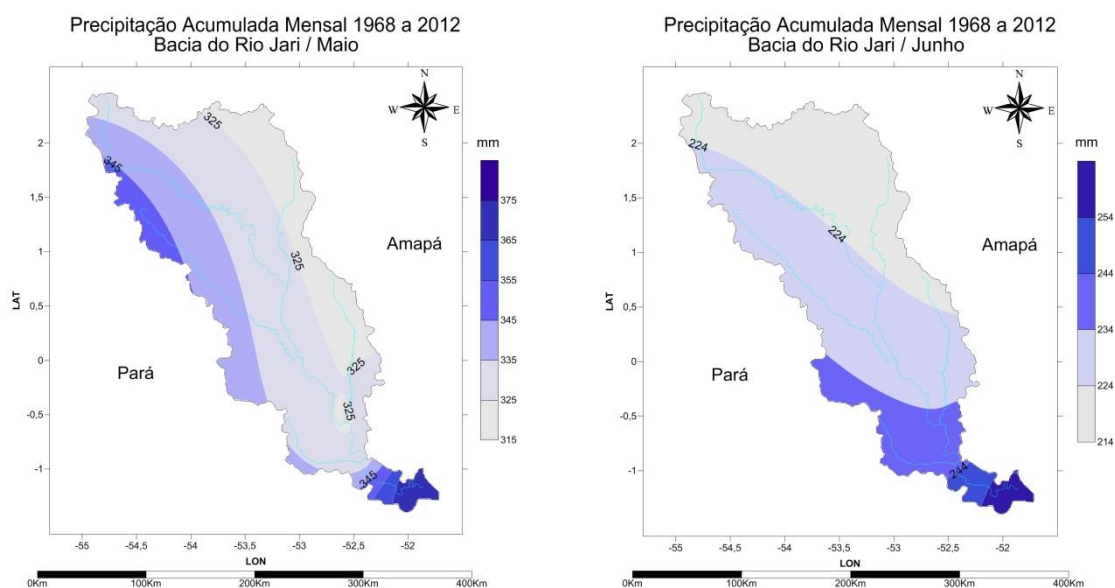
**Figura 6.** Distribuição da precipitação média para o mês de março e abril (série de 1968 - 2012). Com base nas medições das Estações da Cadam, São Francisco, Jarilândia, Serra do Navio, Kuxare e Tiriós.



De acordo com a figura 6, o mês de abril teve uma distribuição espacial variando entre 390 mm ao sul e 290 mm a norte da bacia, com suaves variações de norte a sul. Contudo, houve suave modificação do padrão de distribuição de precipitação, com os perfis mais horizontais, atingindo valores mensais médios máximos em relação aos demais meses do ano. Neste mês, em especial, observa-se uma divisão das faixas de precipitação mais horizontal, sugerindo possível influência da ZCIT em movimento vertical em relação a Linha do Equador, enquanto nos meses de Janeiro a Março, a distribuição das faixas de precipitação parecem ter sido influenciadas mais intensamente pelas frentes de umidade do Oceano Atlântico. O mês de abril se caracteriza como o mais chuvoso da temporada de chuvas na região.

No mês de maio foi observado uma distribuição espacial quase sem variação, com precipitações variando entre 345 mm a oeste e 325 mm a leste, com padrão diferenciado em relação aos meses anteriores. Portanto, neste mês, aparentemente ocorre o máxima de homogeneização das chuvas, cuja amplitude máxima entre os extremos geográficos da bacia não ultrapassa 60 mm. Portanto, as contribuições de precipitação do mês de maio, em média, representam contribuições de chuvas ao longo dos cursos principais do rio Jari e seus principais afluentes. A partir desse mês ocorre uma diminuição leve dos níveis de precipitação, pois a zona de convergência chega a uma estabilidade, onde a chuvas ficam mais bem distribuídas (Figura 7).

**Figura 7.** Distribuição da precipitação média para o mês de maio e junho (série de 1968 - 2012). Com base nas medições das Estações da Cadam, São Francisco, Jarilândia, Serra do Navio, Kuxare e Tiriós.



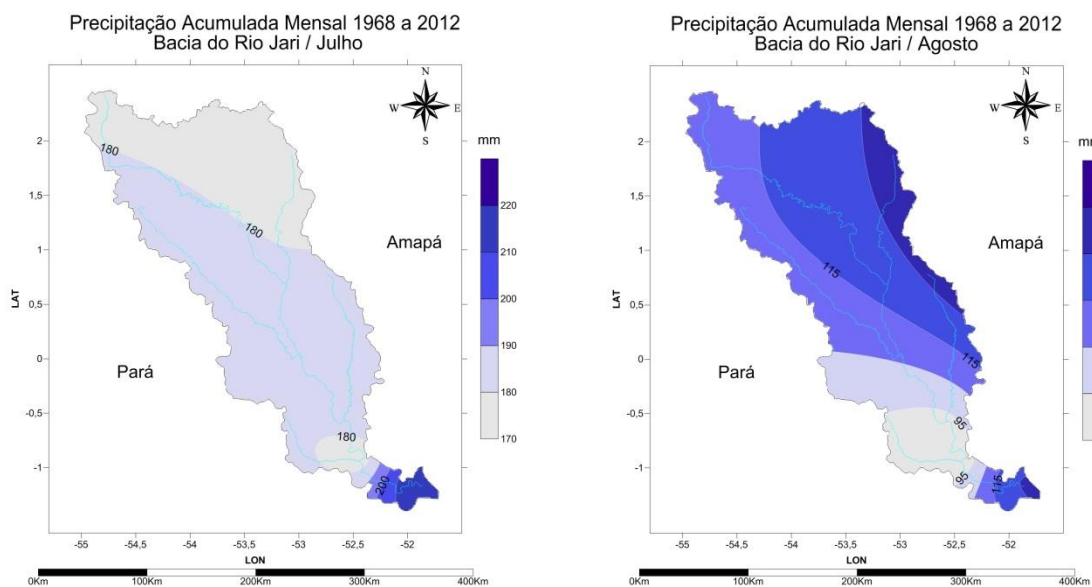
De acordo com a figura 7, no mês de junho foi observado uma distribuição espacial variando entre 254 mm ao sul da bacia e 214 mm a norte da bacia, com suaves variações de nordeste a sudoeste, mas mantendo-se um padrão de distribuição semelhante ao do mês de maio, cuja máxima amplitude entre as regiões norte e sul foi em média de 40 mm. Mesmo com uma diminuição maior as chuvas ainda ficam bem distribuídas na região. É possível observar ainda que os máximos de chuvas concentram-se principalmente na porção sul da bacia, após os núcleos urbanos de Laranjal e Vitória do Jarí. Estes acumulados de chuvas escoam rapidamente para o leito do rio Amazonas, já que neste trecho do rio, está localizado o final da bacia do rio Jarí.

Para o mês de Julho foi observado uma distribuição espacial variando entre 180 mm ao norte e 200 mm a sul da bacia, com suaves variações de nordeste a sudoeste, mas com a permanência de um núcleo de precipitação na porção geográfica extrema sudeste, com máxima amplitude espacial de 50 mm. Com o enfraquecimento da zona de convergência, a tendência é o início do período mais seco na região (Figura 8).

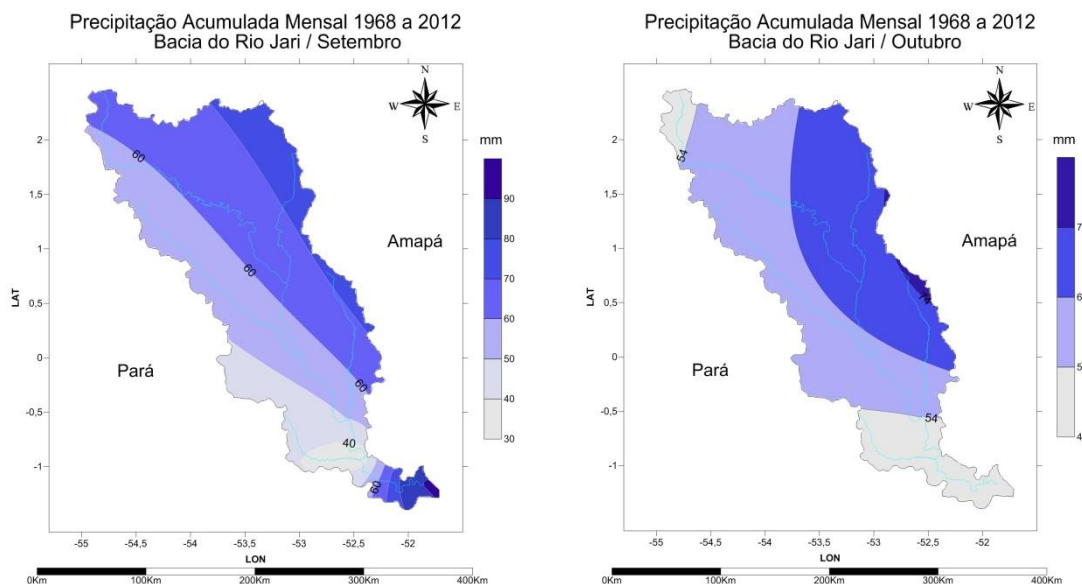
Para o mês de agosto (Figura 8), foi observada uma distribuição espacial variando entre 135 mm a nordeste e 85 mm a sul-sudoeste da bacia, com suaves variações de leste para oeste, e mudanças profundas do padrão de distribuição de precipitação, com máximas amplitudes de 50 mm. Os meses de julho e agosto são o período de transição, entre a estação chuvosa e a estação seca. Onde temos durante o ano, de dois a três meses muito chuvosos e de

dois a três meses secos com baixos índices de pluviosidade ou simplesmente nenhum ou quase nenhum registro de chuva durante este período.

**Figura 8.** Distribuição da precipitação média para o mês de julho e agosto (série de 1968 - 2012). Com base nas medições das Estações da Cadam, São Francisco, Jarilândia, Serra do Navio, Kuxare e Tiriós.



**Figura 9.** Distribuição da precipitação média para o mês de setembro e outubro (série de 1968 - 2012). Com base nas medições das Estações da Cadam, São Francisco, Jarilândia, Serra do Navio, Kuxare e Tiriós.



No decorrer do mês de setembro (Figura 9), é possível observar uma distribuição espacial variando entre 80 mm a nordeste e 30 mm a sul-sudoeste da bacia, com suaves variações de leste para oeste e mantendo-se um padrão de distribuição semelhante aos dos

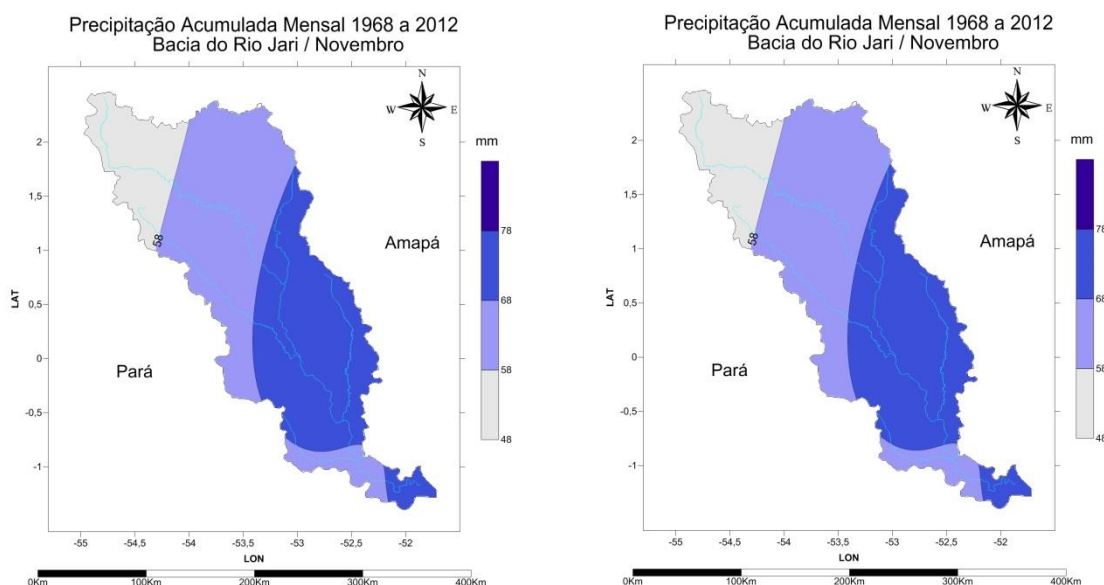


meses de maio a agosto, mas com a inclinação das faixas de precipitação bastante acentuadas na vertical, cuja amplitude máxima foram de 60 mm. Os meses de setembro e outubro, em geral, são classificados como os meses mais secos da temporada de estiagem.

Para o mês de outubro (Figura 9) foi observado uma distribuição espacial variando entre 74 mm a leste e 44 mm a sul e parte do norte da bacia, com baixas variações do padrão de distribuição, cuja amplitude máxima foi de 30 mm, sugerindo um pico de mínima precipitação regional. A figura 9 mostra que apenas na porção nordeste estão concentrados os maiores acumulados de chuva, variando pouco e com os índices baixos, ainda característico do período de estiagem. Neste período também é observado o nível mínimo do rio Jari às margens da cidade de Laranjal e Vitória do Jari.

No mês de novembro (Figura 10) é possível notar uma distribuição espacial semelhante ao mês de outubro, contudo, variando entre 70 mm a leste e 50 mm a norte da bacia, com baixas variações do padrão de distribuição, principalmente por se tratar ainda do período de estiagem (AYOADE, 2010) cuja amplitude máxima também foi de 30 mm, sugerindo leve aumento da precipitação regional, ou reversão para início das chuvas.

**Figura 10.** Distribuição da precipitação média para o mês de novembro e dezembro (série de 1968 - 2012). Com base nas medições das Estações da Cadam, São Francisco, Jarilândia, Serra do Navio, Kuxare e Tiriós.



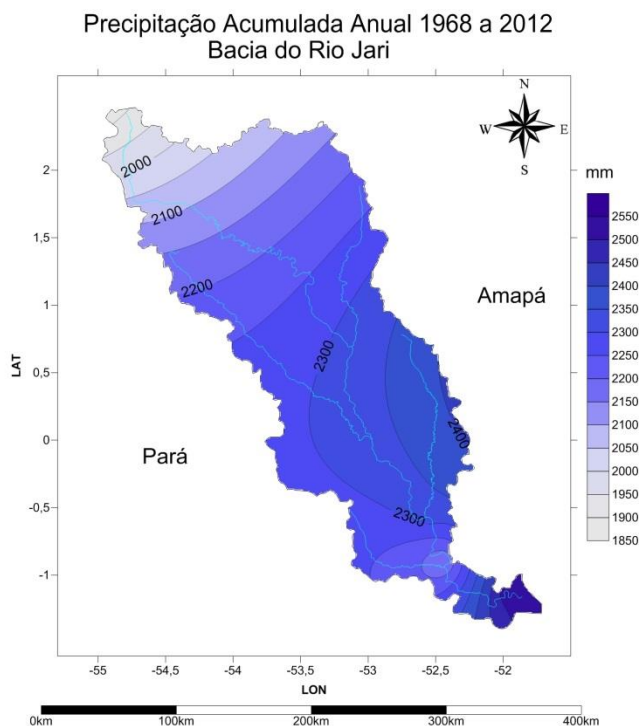
Ainda na figura 10, no mês de dezembro nota-se uma distribuição espacial das faixas de precipitação variando entre 145 mm a leste e 95 mm a norte da bacia, com leves variações desde o sul até o norte da bacia, mantendo-se um padrão de distribuição semelhante ao do mês de janeiro, exceto pela inclinação das faixas de precipitação mais acentuadas, cuja amplitude

da variação espacial foi da ordem de 60 mm. Neste mês começa a reversão para o período chuvoso, pois a zona de convergência novamente começa a se organizar e ganhar força (AYOADE, 2010).

Ao observar a figura 11, que mostra o acumulado anual de precipitação, é possível notar uma distribuição espacial variando entre 2.550 mm ao sul-sudeste e 1.950 mm a norte da bacia, com suaves variações geoespaciais na direção norte, contudo, mantendo-se um padrão de distribuição semelhante aos dos meses mais chuvosos, entre dezembro a junho. A amplitude máxima observada para a variação total foi de aproximadamente 600 mm, em média. Deste modo, observa-se que as principais quantidades de precipitação que ocorrem na bacia, espacialmente são mais presentes na sua porção sul, com amplitudes médias anuais da ordem de até 300 mm de um extremo a outro da bacia.

O fato das chuvas se concentrarem mais na porção centro e sul da bacia é interessante porque quando os picos de precipitação ocorrem, as respostas observacionais do nível do rio, nas estações de jusante como São Francisco, tendem a ser menores. Ou seja, apenas os picos de chuvas parecem não ser suficientes para aumentar o nível do rio, mostrando a capacidade de dreno rápido da bacia.

**Figura 11.** Distribuição da precipitação média anual para a bacia do rio Jari (série de 1968 - 2012). Com base nas medições das Estações da Cadam, São Francisco, Jarilândia, Serra do Navio, Kuxare e Tiriós.

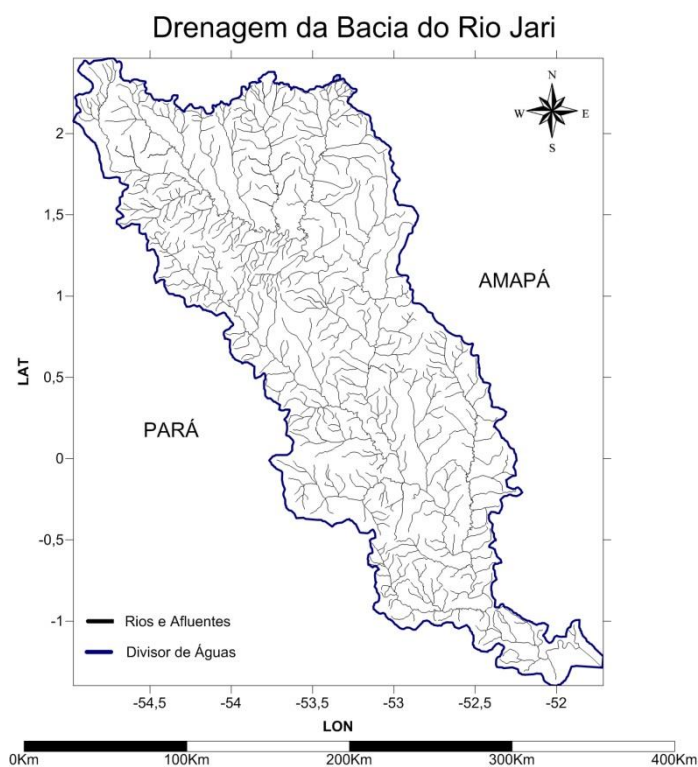


De acordo com os dados obtidos, a série de 44 anos resultou no mapa da média de chuvas para a bacia, entre 2.550 e 1.850 mm, que tendem a precipitar anualmente na bacia do rio Jari. O mês mais chuvoso na bacia é o mês de abril com acumulados de até 390 mm, em média, e o mês que menos chove é o de setembro com acumulados máximos de até 30 mm, em média, segundo a série de 1968 a 2012, estando dentro das características descritas por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), para essa região. Esses acumulados foram compatíveis com os resultados climatológicos apresentados no trabalho de Climatologia de Precipitação no Amapá e Mecanismos Climáticos de Grande Escala (SOUZA e CUNHA, 2010)

#### 4.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS - INDICADORES

Com o uso do Google Earth Pro e os arquivos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), foi possível elaborar o mapa da bacia hidrográfica do rio Jari com a sua drenagem completa, esse mapa poderá facilitar o trabalho de órgãos de pesquisa, até mesmo na subdivisão da bacia para eventuais estudos posteriores e planejamento estratégico, como visto na Figura 12.

**Figura 12.** Concepção da drenagem da bacia do rio Jari



## 4.2.1 DISCUSSÃO SOBRE OS DADOS FÍSICOS

Tabela 4. Dados obtidos da bacia

<i>Parâmetro</i>	<i>Dados</i>
Área (km <sup>2</sup> )	58.517
Perímetro (km)	1797 / 1808
Coefficiente de Compacidade	2,08
Fator de Forma	0,08157
Comprimento do Rio Principal (km)	847
Comprimento Total dos Rios (km)	5.073,722
Densidade de Drenagem (km/km <sup>2</sup> )	0,08671

Com uma área muito extensa, aproximadamente 58.517 km<sup>2</sup> de acordo com as mensurações feitas no Google Earth Pro, a bacia do rio Jari pode ser caracterizada como uma bacia de grandes proporções de captação de água, seu perímetro total está entre 1.797 á 1.808 km de comprimento, essa diferença de resultados é a margem de erro entre medições feitas no Google Earth Pro, utilizando ferramentas distintas como régua e polígono (Tabela 4).

Os resultados de maneira geral foram positivos; o coeficiente de compacidade: 2,08, fator de forma: 0,08157 esses resultados indicam que existem possibilidades muito baixas de ocorrência de enchentes; contudo os resultados que apontam para a densidade de drenagem, resultou no valor de 0,08671 km/km<sup>2</sup>, ou seja um sistema de drenagem pobre, porém; Sua área extensa, relevo não acentuado, muitas cachoeiras e uma forma que proporciona um escoamento lento da água em seu leito, são fatores físicos que impossibilitam a ocorrência de enchentes, mas nunca livre de qualquer evento extremo que possa ocorrer.

Essa bacia fisicamente é menos sujeita a enchentes, apesar de haver registros de prejuízos causados por cheias nesse rio, assunto que foi abordado por Oliveira e Cunha, 2010, no estudo de caso. A explicação mais plausível para o que acontece nas cidades situadas dentro da bacia é simplesmente problema de planejamento estratégico urbano, onde áreas de várzea foram ocupadas, o que antes era uma zona de cheia natural do rio se tornou cidade,

como é possível visualizar na Imagem 3, onde destaca-se a área inundável nos períodos de cheias do rio Jari:

**Imagem 3.** Laranjal do Jari situado a margem esquerda do rio Jari, com destaque em vermelho para a área de várzea circulado em vermelho.



Fonte: Google Earth Pro

Na Imagem 3, onde mostra a localização da cidade de Laranjal do Jari, os contornos em vermelho indicam as áreas de várzea, ou seja, qualquer construção dentro deste contorno delimitado estará sujeito a dinâmica natural do rio Jari, tal como suas cheias, erosão natural e modificações de seu leito de acordo com o deslocamento de sedimentos. Há uma certa tendência em dizer que a bacia enche acima do normal, mas isso é visto de forma errada, só seria enchente de fato se o nível do rio se expandisse para áreas de terreno de terra firme, apesar dos registros contarem que já houve eventos de precipitação muito maiores do que os registrados na última década, isso se deve ao fato da população ter crescido na região, portanto, habitando mais a localidade, deixando bem mais perceptível, eventos naturais que causa grandes prejuízos socioeconômicos. Relatos de antigos moradores da região dão conta a respeito desses limites do alcance do leito do rio delimitados em vermelho na imagem 3, que foi justamente o limite da cheia do rio Jari no ano de 2000.

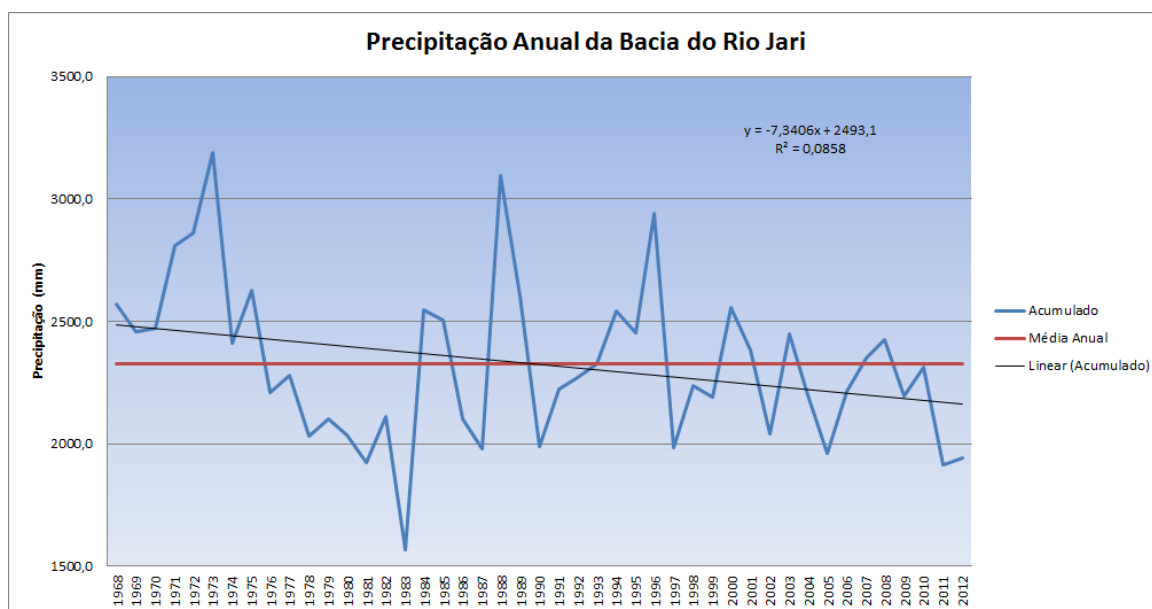
Este estudo discorda com a ocorrência de enchentes na bacia, mas é favorável com as algumas conclusões analisadas em outros estudos realizados na bacia, como a variabilidade

pluviométrica interanual para o período chuvoso que é bem visível (LUCAS, BARRETO e CUNHA, 2010).

#### 4.4 GRÁFICO DE PRECIPITAÇÃO – ANALISE

De acordo com a análise do gráfico de precipitação, a sua grande variância é explicada da seguinte forma (MARENGO e VALVERDE, 2007); as variações de chuvas e cheias na Amazônia e no nordeste brasileiro em escalas de tempo interdecadal que são mais importantes, mais até mesmo do que tendência de aumento e redução, estão associadas a padrões de variação da mesma escala de tempo nos oceanos Pacífico e Atlântico, ou seja, a sua grande variabilidade interanual pode estar associada a eventos de *El Niño* Oscilação Sul, ENOS, ou à variabilidade decadal do Pacífico sul. Foram observadas tendências para aumento de chuvas e vazões dos rios (LUCAS, BARRETO e CUNHA, 2010), mas não se observaram aumentos significativos das chuvas (Gráfico 1):

**Gráfico1:** Precipitação anual da bacia do rio Jari, de acordo com dados da estação de São Francisco.



Ao analisar as séries históricas da bacia foi possível observar que o comportamento das chuvas nas décadas de 70, 80 e 90 varia muito, de 1997 até 2012 conforme mostra o gráfico não houve aumento dos picos máximos e mínimos, apenas uma leve queda no regime de chuvas na região. Uma média de 7 mm de chuva a menos a cada ano, o que resulta em uma

queda total média de 124 mm de 1997 a 2012 e uma redução total de 312 mm em 44 anos na bacia. Houve também uma redução considerável dos picos extremos, chegando a certa estabilidade nos últimos anos, tendendo a uma redução da precipitação se comparada com a média anual (aproximadamente 2.300 mm).

A Média de todas as estações fica em torno de 2.230 mm em toda a série, sendo que a maior média da amostra é da estação da Cadam com 2.518 mm e a menor média é da estação de Kuxare com 1.624 mm, o menor registro anual de precipitação nesse comparativo é da estação de Kuxare com apenas 690 mm em um ano e o máximo registrado foi na estação de Serra do Navio com um registro total de 4.774 mm anual. A estação com a maior série de dados é a de São Francisco com 45 anos de dados disponíveis, a Estação de Tirios possui apenas 14 anos de dados coletados. Com nível de confiança médio de 151,2% (Tabela 5).

Tabela 5. Comparativo das estações

<i>Parâmetros</i>	<i>São. F</i>	<i>Cadam</i>	<i>Jarilândia</i>	<i>Serra. N</i>	<i>Tirios</i>	<i>Kuxare</i>
<i>Média</i>	2324	2518	2151	2470	2295	1624
<i>Erro Padrão</i>	49,06	74,12	60,30	71,68	111,74	71,74
<i>Mediana</i>	2278	2507	2106	2443	2299	1629
<i>Modo</i>	#N/D	#N/D	#N/D	2563	#N/D	#N/D
<i>Desvio Padrão</i>	329,15	419,32	289,1917	453,37	418,11	412,13
<i>Variância de Amostra</i>	108344,1	175836,2	83631,81	205549,3	174818,2	169855
<i>Curtose</i>	0,5824	-0,3958	0,2607	17,16	-0,7640	0,1405
<i>Assimetria</i>	0,5438	-0,0324	0,4488	3,35	0,1612	-0,2897
<i>Intervalo</i>	1621,5	1705,1	1222	2943	1387	1716
<i>Mínimo</i>	1566	1621,9	1620	1831	1692	690
<i>Máximo</i>	3187	3327	2842	4774	3079	2406
<i>Soma</i>	104590,96	80597,8	49478	98809	32130	53624
<i>Contagem</i>	45	32	23	40	14	33
<i>Nível de Confiança (%)</i>	98,88	151,18	125,05	144,99	241,41	146,13

## 5 CONCLUSÃO

Uma das problemáticas sobre o conhecimento da bacia era a fragmentação dos dados a respeito da mesma, este estudo conseguiu reunir o máximo de informações que podem ser muito relevantes para diversas áreas de aplicação de interesse e usuários da bacia hidrográfica do rio Jari. As análises tiveram um resultado positivo a respeito de seus objetivos, que foi mostrar como a região se comporta durante o ano tomando como base uma grande série de dados que poderiam mostrar alguma resposta. Contudo, o sistema de monitoramento ainda é deficiente, aliado com a grande falta de preparo governamental e a capacidade de gestão urbana deixando evidente que qualquer evento acima da média que aconteça na bacia vai ocasionar sérias consequências, como as que foram vistas na última década e isso de certa forma vai interferir na qualidade de vida das pessoas.

Apesar de popularmente a região ser conhecida pelas constantes “enchentes” que ocorrem principalmente no entorno das cidades de Laranjal e Vitória do Jarí, a análise deste estudo mostra que estes resultados evidenciam para uma não corroboração deste conhecimento, pois, pode-se considerar que os eventos ditos como “enchentes” são apenas ocorrências naturais da cheia do rio Jari no período chuvoso desta região. Já que a cidade foi precariamente construída de uma maneira desordenada sobre a área de cheia natural do rio Jari, conhecida na literatura como áreas de várzeas, Propensas a serem inundadas naturalmente no período de cheias ou grandes chuvas.

Ressaltasse ainda que, apesar dos mapas de precipitação indicar que as maiores ocorrências de chuvas se concentram sobre a região centro-sul da bacia e, o gráfico de precipitação anual (Gráfico 1) indicam a diminuição da ocorrência dos extremos máximos e mínimos de precipitação sobre a mesma, supõe-se que as cheias que provocaram os alagamentos nas áreas de várzea do rio em 2000, 2003 e 2011, podem ter sido ocasionadas por grandes quantidades de chuvas em áreas isoladas da bacia, justamente onde não há o devido monitoramento. Isto reforça a necessidade de mais pontos de coleta de dados espalhados sobre a área da bacia.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, este trabalho traz muitas respostas sobre o comportamento da bacia, apesar das cheias ocorridas na última década a conclusão mais plausível é que eventos extremos de enchentes de fato não ocorreram, pois naturalmente o rio não têm características físicas que propiciem esses eventos, o que ocorre é que as cidades ribeirinhas que são mais atingidas de acordo com os registros são Laranjal do Jari e Vitória do Jari, essas cidades estão situadas às margens do rio dentro de sua área de várzea. Isso faz com que as mesmas fiquem em risco, sofrendo com o dinamismo natural do rio.

Os mapas gerados por esse estudo podem ser usados em outros estudos e até mesmo os dados reunidos, podem servir de base para o planejamento urbano de áreas onde haja populações que habitem as margens dos rios da Amazônia, pois é preciso saber essas informações básicas de uma bacia hidrográfica, com o afim de prevenir catástrofes naturais, melhor gestão dos recursos e planejamento urbano na Amazônia.

## BIBLIOGRAFIA

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2010.

BASTOS, A. M. **Modelagem de Escoamento Ambiental como subsídio a Gestão de Ecossistemas Aquáticos no Baixo Igarapé da Fortaleza-AP**. Universidade Federal do Amapá - UNIFAP. Macapá, p. 118. 2010. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Tropical.

BRASIL, E. **Compêndio do Estudo de Impactos Ambientais para a Construção da Usina Hidrelétrica (UHE) de Santo Antônio do Jari**. [S.l.], p. 570. 2009.

CPTEC. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#m>>. Acesso em: 03 Setembro 2013.

CUNHA, A. C. Revisão Descritiva Sobre Ecossistemas Aquáticos na Perspectiva da Modelagem da Qualidade de Água. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 3, p. 123-143, 2013.

CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos**: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: [s.n.], 2010. 215 p. ISBN 978-85-87794-15-4.

HYDROS, E. **Bacia Hidrográfica do Rio Jari / PA-AP Estudo de Inventário Hidrelétrico**. Empresa de Pesquisa Energética. São Paulo, p. 202. 2010. Relatório Final.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=160080&seach=amapa|vitoria-do-jari>>. Acesso em: 29 Agosto 2013. Base de Dados e Estatística Populacional.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/perfil.php?codnum=160027&seach=amapa|laranja-do-jari>>. Acesso em: 29 Agosto 2013. Base de Dados e Estatística Populacional.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codnum=150050&seach=para|almerim>>. Acesso em: 29 Agosto 2013. Base de Dados e Estatística Populacional.

JESUS, E. S. et al. Manutenção e Expansão da Rede de Estações Hidrometeorológicas Automáticas (PCDs) no Amapá. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos**: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: [s.n.], 2010. Cap. 3, p. 29-42. ISBN 978-85-87794-15-4.

LUCAS, E. W.; BARRETO, N. J.; CUNHA, A. C. Variabilidade Hidrológica da Bacia do Rio Jari (AP): Estudo de Caso do Ano 200. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. H. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos**: resultados do Projeto REMETAP. Macapá: [s.n.], 2010. Cap. 7, p. 216. ISBN 978-85-87794-15-4.

MADOUX-HUMERY, A. S. et al. Temporal Variability of Combined Sewer Overflow Contaminants: Evaluation of Wastewater Micropollutants as Tracers of Fecal Contamination. **Water Research**, n. 47, p. 4370-4382, abr. 2013.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do Clima no Século XX e Cenário de Mudanças de Clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, São Paulo, v. 8, p. 1-24, Maio 2007.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. ISBN 978-85-86238-54-3.

MENEZES, R. H. N. **Carecterização Agroclimática e Análise do Rendimento Agrícola do Estado do Maranhão, Brasil**. Universidade Federal de Campina Grande-UFPG. Campina Grande, p. 188. 2009. Tese de Doutorado.

MME, M. D. M. E. E. **Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas**. Ministério de Minas e Energia CEPEL. Brasília, p. 686. 2007.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2007. 552 p. ISBN 978-85-7499-023-1.

NETTO, A. O. **Noções de Hidrologia**. Aracaju. 2011. Apostila.

OLIVEIRA, A. D. M.; CUNHA, A. C. Análise de Risco como Medida Preventiva de Inundações na Amazônia: Estudo de Caso da Enchente de 2000 em Laranjal do Jari-AP, Brasil. **Revista Ciência & Natura**, Santa Maria-RS, Janeiro 2014. ISSN 2179-460x.

OLIVEIRA, A. M. et al. **Eventos Hidroclimáticos Extremos no Município de Laranjal do Jari-AP: Uma Análise Jurídico-Econômica das Enchentes de 2000 e 2006**. Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia - A Amazônia e o Clima Global. Belém-PA: [s.n.]. 2010.

OLIVEIRA, A. M.; CUNHA, A. C. Impactos Socioeconômicos Associados às Enchentes de 2000 e 2006 no Município de Laranjal do Jari (AP). In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. Macapá: [s.n.], 2010. Cap. 11, p. 197-211. ISBN 978-85-87794-15-4.

OLIVEIRA, L. L. et al. Características Hidroclimáticas da Bacia do Rio Araguari. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. Macapá: [s.n.], 2010. Cap. 5, p. 83-95. ISBN 978-85-87794-15-4.

PBMC, P. B. D. M. C. **Base Científica das Mudanças Climáticas**. PBMC. Rio de Janeiro, p. 34. 2012. 1ª Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Estudo de Tendência de Chuvas de Longo Prazo. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 8, p. 214-228, 5 Dezembro 2013. ISSN 1980-993-x.

SANTOS, K. P. C. et al. **Climatologia e Qualidade Microbiológica da Água: Riscos á saúde Pública na cidade de Laranjal do Jari no sul do Estado do Amapá-AP**. XII Congresso Brasileiro de Limnologia. Natal-RN: [s.n.]. 2011.

SOUZA, E. B.; CUNHA, A. C. Climatologia de Precipitação no Amapá e Mecanismos Climáticos de Grande Escala. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. Macapá: [s.n.], 2010. Cap. 10, p. 177-195. ISBN 978-85-87794-15-4.

SOUZA, L. R. et al. Aplicação do Sistema Hidrológico IPHS<sup>1</sup> no Estudo de Chuva-Vazão em Aproveitamentos hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Alto e Médio Araguari. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. **Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá**. Macapá: [s.n.], 2010. Cap. 7, p. 97-134. ISBN 978-85-87794-15-4.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa-UFV, 1991. 449 p.