



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

CLIMATOLOGIA DA PLUVIOSIDADE NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA

DANNIELLA CARVALHO DOS SANTOS

UBERLÂNDIA/MG

2016

DANNIELLA CARVALHO DOS SANTOS

**CLIMATOLOGIA DA PLUVIOSIDADE NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise e Planejamento Ambiental

Orientador: Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira

Uberlândia/MG

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S237c Santos, Danniella Carvalho dos, 1989-
2016 Climatologia da pluviosidade na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba
/ Danniella Carvalho dos Santos. - 2016.
100 f. : il.

Orientador: Vanderlei de Oliveira Ferreira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Climatologia - Triângulo Mineiro/Alto
Paranaíba (MG : Mesorregião) - Teses. 3. Precipitação (Meteorologia) -
Variabilidade - Teses. I. Ferreira, Vanderlei de Oliveira. II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III.
Título.

CDU: 910.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

IG

DANNIELLA CARVALHO DOS SANTOS

CLIMATOLOGIA DA PLUVIOSIDADE NA BACIA DO RIO
PARANAÍBA

Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira - UFU

Professor Dr. Wellington Lopes de Assis - UFMG

Professor Dr. Guilherme Resende Correa - UFU

Data: 01 / 07 de 2016

Resultado: Aprovada

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força nos momentos de maiores dificuldades, pelas bênçãos derramadas em minha vida, pelas oportunidades que me foram dadas e principalmente pelas pessoas que colocou em meu caminho até hoje, todas elas de alguma maneira me ensinaram alguma coisa que contribuiu e continuará contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço a minha família (mãe Luiza Marilac Carvalho, pai Abedias Pereira dos Santos e irmão Deyvison Carvalho Santos) por ser minha base em todos os projetos e sonhos que busco alcançar.

Agradeço ao meu marido João Souza pelo companheirismo ao longo dos anos, pelo amor incondicional que tem me oferecido e principalmente por existir em minha vida, Te amo muito.

Agradeço aos meus amigos pela paciência nos momentos em que precisei estar ausente, pelo carinho nos momentos em que estamos reunidos e pelas palavras que sempre me dão força pra continuar.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira pela paciência, sabedoria e amizade dedicada ao longo do curso. Sem sua orientação este trabalho não seria possível, obrigada.

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para minha formação, tudo que me ensinaram ficará para sempre guardado em minha mente e coração.

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo principal estudar a pluviosidade da bacia hidrográfica do Paranaíba, especialmente quanto ao quadro de variabilidade e tendências. Para isso foram utilizados dados de 22 postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA) distribuídos espacialmente ao longo da área da bacia. Os dados compreendem os anos de 1979 a 2013, o que representa uma série histórica de 35 anos, e foram baixados através do site da ANA e tabulados utilizando o software Hidro 1.2 (2015) e Excel. Após o processo de tabulação foram aplicadas metodologias baseadas na estatística para análise da variabilidade anual, mensal, diária e sazonal das chuvas na bacia além das análises de tendências. Os resultados desta pesquisa apontaram que a média anual de chuvas é de 1491 mm. A sazonalidade é uma característica marcante e a variabilidade das chuvas ocorre espacial e temporalmente. As chuvas são acumuladas na estação chuvosa representando 85% do volume anual na bacia. Nas análises diárias identificou-se que as chuvas diárias acima dos 30 mm ocorrem em apenas 3% do tempo. A estação seca comporta 15% da pluviosidade. As análises de tendência utilizando a regressão linear apontaram para uma tendência de redução das chuvas em 46% dos postos, estabilidade em 18% dos postos e aumento das chuvas em 36%. Já as análises utilizando o teste do sinal indicaram que 32 % dos postos pluviométricos analisados apresentaram tendência de aumento das chuvas ao longo da série histórica e 68% dos postos apresentaram tendência de redução. Esta pesquisa é relevante pois demonstra como se comportam as chuvas na bacia hidrográfica do Paranaíba, e poderá ser utilizada no desenvolvimento de uma melhor gestão dos recursos naturais da área através de políticas públicas voltadas para este fim.

PALAVRAS- CHAVE: Variabilidade, tendências, precipitações, bacia do Paranaíba.

ABSTRACT

The main aim of this research was to study pluviosity in the Paranaíba Riverbasin, especially concerning the variability frame and trends. For this end, we used data from 22 pluviometric stations of the Agência Nacional da Águas- ANA(National Water Agency)spatially distributed throughout the basin area. The data comprised the years 1979-2013, which is a historical series of 35 years, and was downloaded through the ANA website and tabulated using the Hydro 1.2 software (2015) and Excel. After tabulation process were applied based methodologies for statistical analysis of annual variability, monthly, daily and seasonal rainfall in the basin beyond the trend analysis. Results of this research showed that the annual rainfall averageis 1491 mm. Seasonality is a hallmark and rainfall variability occurs spatially and temporally. Rains are accumulated in the rainy season accumulating 85% of the annual volume in the basin. In daily analysis it was found that the daily rainfall above 30 mm occur in only 3% of the time. Dry season comprises 15% of the rainfall. Trend analysis using linear regression pointed to a downward trend in rainfall in 46% of jobs, stability in 18% of posts and increased rainfall by 36%. As for the analysis using the sign test indicated that 32% of the analyzed rainfall stations showed an increasing trend of rainfall over the time series and 68% of stations showed downward trend. This research is important because shows how rainfall worksin the area of the Paranaíba basin, and may be used to develop better management of natural resources and the area through public policies for this purpose.

Key words: variability, trends, rainfall, Paranaíba basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba no Brasil.....	26
Figura 2: Principais centros urbanos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba	27
Figura 3: Geologia na bacia do rio Paranaíba.....	35
Figura 4: Mapa Hipsométrico da Bacia do Paranaíba	38
Figura 5: Geomorfologia da Bacia do Paranaíba.....	39
Figura 6: Mapa de solos	45
Figura 7: Vegetação Nativa Remanescente	52
Figura 8: Localização da Bacia hidrográfica do Rio Paraná	55
Figura 9: UGHs na bacia do Paranaíba	56
Figura 10: Localização dos 22 postos pluviométricos.....	59
Figura 11: Gráficos de regressão linear indicando redução do volume de chuvas na Bacia do Paranaíba	86
Figura 12: Gráficos de Regressão Linear indicando estabilidade da precipitação na bacia do Paranaíba	88
Figura 13: Gráficos que indicam tendência de aumento nas alturas pluviométricas na Bacia do Paranaíba	89
Figura 14: Gráficos que indicam tendência de aumento nas alturas pluviométricas da Bacia do Paranaíba	91
Figura 15: Gráficos que indicam tendência de redução nas alturas pluviométricas da Bacia do Paranaíba	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Diferentes Usos da Terra na Bacia do Rio Paranaíba	30
Gráfico 2: Distribuição em (%) dos recursos minerais na Bacia.....	47
Gráfico 3: Média das alturas pluviométricas mensais na Bacia do Paranaíba	63
Gráfico 4: Acumulado da precipitação na Estação Chuvosa.....	67
Gráfico 5: Acumulado da precipitação na Estação Seca	68
Gráfico 6: Precipitação média anual na Bacia do Paranaíba (1979-2013).....	69
Gráfico 7: Curva de Permanência Diária da Bacia do Paranaíba	79
Gráfico 8: Comparativo da pluviosidade e desvio padrão.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Área ocupada pelas classes de solos mais representativas na Bacia do Paranaíba...	43
Tabela 2: Média mensal da precipitação nos postos pluviométricos da Bacia do Paranaíba...	65
Tabela 3: Média Mensal de dias Chuvosos nos Postos Pluviométricos da Bacia do Paranaíba	66
Tabela 4: Pluviograma da Bacia Hidrográfica do Paranaíba.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Quantidade de Municípios da Bacia por Unidade da Federação.....	27
Quadro 2: Usinas Hidrelétricas da Bacia do Rio Paranaíba	29
Quadro 3: Precipitações Médias Anuais por Unidade de Gestão Hídrica- UGH.....	41
Quadro 4: Dados dos postos pluviométricos da ANA adotados para a pesquisa	58
Quadro 5: Classificação dos anos da serie histórica (1979- 2013) em Secos, Habituais e Chuvosos	71
Quadro 6: Curvas de Permanência Diária dos Postos Pluviométricos da Bacia do Paranaíba	82

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO I: 2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS	16
2.1 O CLIMA E SUAS VARIÁVEIS	16
2.2 PLUVIOSIDADE.....	18
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	20
2.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIAS EM SÉRIES HISTÓRICAS	22
CAPÍTULO II: 3. ÁREA DE ESTUDO	25
3.1 Localização.....	25
3.2 Aspectos socioeconômicos	28
3.3 Aspectos fisiográficos	32
CAPÍTULO III: 4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	57
4.1 Seleção de dados de pluviosidade da rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA).....	57
4.2 Aplicação de ferramentas estatísticas para identificar o quadro de variabilidade pluviométrica.....	60
4.3 Aplicação de técnicas de análise de tendências pluviométricas	61
CAPÍTULO VI: 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
5.1 Sazonalidade Pluviométrica	63
5.2 Acumulado de Chuvas nas Estações Chuvosa e Seca	67
5.3 Variabilidade Pluviométrica Anual	69
5.4 Variabilidade Mensal das chuvas	74
5.5 Variabilidade Diária das chuvas: Curvas de permanência	79
5.6 Análise de tendências utilizando regressão Linear e Teste do Sinal	85

6.CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
REFERÊNCIAS	97

1.INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição espacial e temporal da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas é requisito básico para a gestão dos recursos hídricos das mesmas. Neste contexto, as variáveis mais importantes são a pluviosidade e a vazão, pois é necessário acompanhar a entrada de água no sistema hidrográfico e avaliar a resposta no comportamento das vazões médias e extremas (CUNHA *et al.* 2014).

Existe forte relação entre volume, frequência e intensidade da pluviosidade com a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, pois a chuva representa a fonte primária da maior parte da água doce terrestre. A variabilidade e tendências pluviométricas interferem diretamente na disponibilidade hídrica, determinando a ocorrência de situações críticas (FERREIRA, 2012).

O estudo das séries históricas de pluviosidade contribui para mensurar com mais detalhe a disponibilidade atual de água, conhecer a evolução pregressa e prever comportamentos futuros (TUNDISI, 2008). Detectar se há aumento ou redução progressiva de pluviosidade é fundamental para identificação de externalidades geradas pelas atividades produtivas regionais ou pelas mudanças climáticas globais abordadas pelo IPCC (2007) em seu Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre mudança climática.

Os modelos que analisam efeitos das mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica futura indicam que haverá escassez em muitas regiões. O Brasil será atingido pelas mudanças climáticas globais, incluindo efeitos nos padrões de pluviometria e fluviometria, que também são impactados por efeitos locais e regionais de atividades produtivas, (IPCC, 2007). São

necessários estudos abrangentes a esse respeito, incluindo o desenvolvimento de ferramentas de análise que possam oferecer apoio à decisão gerencial, especialmente na escala das bacias hidrográficas.

Com base na problemática exposta é importante realizar estudos voltados para o entendimento das mudanças climáticas, da dinâmica do tempo e da disponibilidade hídrica. Com o intuito de tentar minimizar os efeitos causados pelas transformações supracitadas, é necessário entender como as chuvas se comportam ao longo do tempo e espaço nos diferentes geossistemas, principalmente nas bacias hidrográficas que representam a fonte de água tão necessária à sobrevivência das espécies.

Considera-se que a bacia hidrográfica do Paranaíba apresenta características e problemas representativos em relação aos desafios que o Brasil enfrenta no contexto da gestão de recursos hídricos, especialmente quanto aos impactos do uso do solo (VAEZA *et al.* 2010). A temática tem aplicação direta nos estudos relacionados ao manejo e conservação de recursos naturais e nas iniciativas de planejamento de atividades econômicas, incluindo pesca, navegação, abastecimento público de água, agricultura e produção de energia hidroelétrica (TORRES *et al.* 2015). Assim sendo a presente pesquisa propõe analisar séries históricas de pluviosidade da bacia hidrográfica do Paranaíba, especialmente quanto à análise de variabilidade e tendências, por meio da aplicação de ferramentas estatísticas.

O objetivo geral desta pesquisa é:

- Analisar a variabilidade diária, mensal e interanual da pluviosidade na bacia do Paranaíba procurando diagnosticar situações de anomalias e tendências de longo prazo.

Objetivos específicos são:

- Caracterizar a precipitação anual, mensal e diária na bacia do Rio Paranaíba ao longo da série histórica;
- Discriminar as tendências pluviométricas a partir dos métodos de análise de regressão linear e teste do sinal.

Esta pesquisa está estruturada em quatro capítulos, sendo disposta da seguinte maneira: no primeiro tópico tem-se a Introdução; no segundo tópico está exposto o primeiro capítulo, contemplando o Referencial Conceitual. No terceiro tópico está o segundo capítulo com a caracterização da área de estudo. No quarto tópico encontra-se o terceiro capítulo onde são apresentados os materiais e metodologia a serem utilizados. No quinto tópico e quarto capítulo estão os resultados da pesquisa. Por fim, no sexto tópico estão as considerações finais seguidas pelas referências.

CAPÍTULO I

2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS

2.1 O Clima e suas variáveis

O clima é um dos mais importantes fatores ou elementos responsável pelas transformações na superfície da Terra (GOLFARI, 1974). Possui ampla variabilidade, tanto na escala espacial quanto temporal. Esta última é objeto de análise desta pesquisa.

A dinamicidade é marcante em qualquer análise climatológica, por isso as escalas temporais apresentam diversas transformações que podem ser influenciadas tanto por aspectos naturais quanto por ações antrópicas (BARBOSA, 2006).

Autores como Ayoade (2001) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007) defendem que o clima está sob a influência da ação dos oceanos, superfícies vegetadas ou não, neve, gelo, relevo e outros. Estes autores destacam que as características da atmosfera que definem o clima devem ser observadas ao longo séries históricas com no mínimo 30 anos.

O clima pode ser entendido como a sucessão habitual dos tipos de tempo num determinado local da superfície terrestre (SORRE, 1951). Conforme o CPTEC, o clima pode ser compreendido como:

[...] estado médio e o comportamento estatístico da variabilidade dos parâmetros do tempo (temperatura, chuva, vento, etc.) sobre um período, suficientemente, longo de uma localidade. O período recomendado é de 30 anos (GLOSSÁRIO TÉCNICO CPTEC).

Dessa forma, entende-se que o tempo atmosférico é estudado pela Meteorologia, enquanto o clima, pela Climatologia, um ramo da Geografia Física que possui suas bases fundamentais na própria Meteorologia (BARROS e ZAVATTINI, 2009).

Para Nascimento (2013), a Meteorologia e a Climatologia se diferem basicamente na dinamicidade que o clima apresenta ao longo do tempo. Analisar o comportamento da atmosfera em curto período de tempo (dias ou meses) é função da meteorologia. Estudar esses comportamentos atmosféricos de longos períodos (30 anos, por exemplo) compete à Climatologia.

Estudar o clima requer uma complexa análise de todos os fatores que compõe sua dinâmica, ou seja, as chuvas, o relevo, os diversos usos do solo, a vegetação e as escalas local, regional e global. A interação entre estes fatores ao longo do tempo e do espaço vão compor os três níveis principais de análise dos fenômenos climáticos, como afirma (Ayoade, 1988 apud Ribeiro 1993, pág.2):

Nível macroclimático : - Interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e os seus movimentos de rotação e translação. A macroclimatologia está “relacionada com os aspectos dos climas de amplas áreas da Terra e com os movimentos atmosféricos em larga escala”[...]

Nível mesoclimático : - Interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e de geração de campos de pressão) e as feições do meio terrestre. A mesoclimatologia está “preocupada com o estudo do clima em áreas relativamente pequenas, entre 10 a 100 quilômetros de largura, por exemplo, o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais severos tais como tornados e temporais”[...]

Nível microclimático :Interação entre os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e momentum. A microclimatologia está “preocupada com o estudo do clima próximo à superfície ou de áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão”[...].

Apartir destes níveis Ribeiro (1993) destaca ainda cinco ordens de grandeza têmporo- espacial para estudo dos fenômenos climáticos, são elas: o clima zonal, o clima regional e o clima local também chamado de mesoclima, o topoclima e o microclima.

Nesta pesquisa utilizou-se o nível macroclimático para análise do fenômeno climático variabilidade pluviométrica, pois trata-se de uma bacia hidrográfica com ampla área de abrangência. A ordem de grandeza utilizada foi a clima regional.

A identidade do clima regional confunde-se com suas próprias repercussões na cobertura vegetal natural dos continentes, relação que tem inspirado a proposição de muitas classificações climáticas nesta escala. É comum a referência ao clima do cerrado, ao clima da caatinga ou ao clima da floresta amazônica, menção ao efeito em relação à sua causa; ou seja, variações regionais do mesmo clima zonal tropical, no território brasileiro. A definição do clima regional no interior de um clima zonal deve-se à ação modificadora da circulação geral da atmosfera provocada por um conjunto de fatores de superfície, como a distribuição entre as áreas continentais e oceânicas, forma dos continentes, correntes marítimas, rugosidade dos continentes (incluindo as altitudes relativas) e continentalidade/maritimidade. (RIBEIRO, 1993. Pág. 3)

2.2 Pluviosidade

Nascimento (2013) ressalta que a precipitação refere-se a fenômeno de circulação de água no globo terrestre, seja ela em estado sólido, líquido ou gasoso. Concernente à participação na dinâmica climatológica, somente a chuva (em estado líquido) e a neve contribuem de modo significativo com os totais precipitados.

De acordo com Silveira *et al.*, (2011), na quantificação das precipitações pluviométricas as séries históricas a serem utilizadas nos estudos devem possuir um período mínimo de 30 anos consecutivos com observações.

Porém, é condição importante que todas as séries climatológicas tenham sido obtidas sobre os mesmos padrões, ou seja, os dados devem ser coletados sempre com o mesmo instrumento, no mesmo local e horário. (SILVEIRA *et al.* 2011 pág. 2)

Assim, diz-se que esses dados são homogêneos, porém, é sabido por todos que nem sempre ocorre. Às vezes não se dispõem de séries tão longas de dados, sendo comum em estudos climáticos a utilização de séries de dados com tempo de observações inferior a 30 anos. Além disso, há precariedade na coleta de alguns dados, por erro do observador e, por vezes, por falha dos instrumentos medidores (VILLELA e MATTOS, 1975).

Os principais tipos de chuvas que podem ocorrer na superfície terrestre são: convectiva, frontal e orográfica. Em superfícies tropicais estas três são as mais citadas (AYOADE, 2001; BARRY e CHORLEY, 2013), como a bacia do Paranaíba encontra-se em área de clima tropical infere-se que podem ocorrer estes tipos. Destaca-se aqui como ocorre cada tipo de chuva supracitado.

A precipitação do tipo *convectivo* tem como causa básica o movimento vertical de uma dada massa de ar ascendente, ou seja, uma massa de ar mais quente que o ambiente adjacente. Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a precipitação convectiva ocorre através de:

[...] movimentos verticais que caracterizam a célula de convecção. Resultam do acentuado aquecimento de dada coluna de ar úmido, que é forçada a se expandir, ascendendo para níveis superiores da Troposfera, onde se resfria adiabaticamente (pág. 71).

Segundo Ayoade (1996), o tipo convectivo, associada a nuvens do tipo cumulus e cumulusnimbus, geralmente, é mais intenso que os outros tipos de precipitação existentes, e ocorre acompanhada por trovões e de duração mais curta, menos de quatro horas de duração.

A chuva de origem *frontal*, por outro lado, ocorre basicamente, pela associação de nuvens formadas a partir da ascensão de ar úmido ao longo de rampas frontais. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a intensidade e duração deste tipo de chuva dependem de: tempo de permanência da frente, umidade da massa de ar, contraste de temperatura das massas e a velocidade de deslocamento da frente.

A precipitação do tipo *orográfico* ou de *relevo* está associada às presença de áreas topograficamente elevadas. Este tipo de precipitação ocorre inteira ou parcialmente pela elevação do ar úmido sobre um dado terreno. Entretanto, as elevações por si só não são

suficientes para remover a umidade que se desloca por elas, embora recebam mais chuvas que as superfícies que os circundam (AYOADE, 1996).

As precipitações representam a entrada de águas nos sistemas hidrográficos, repercutindo diretamente sobre os regimes de vazões. O entendimento do regime de vazões dos cursos d'água é muito importante. Estiagens severas podem comprometer o fornecimento de água para abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais e abastecimento humano, por exemplo. Por outro lado, as cheias, podem comprometer atividades econômicas e provocar perda de vidas humanas.

2.3 Análise estatística

Uma característica importante da estatística é o uso de modelos matemáticos. Estes são versões simplificadas de algum problema ou situação real. A característica principal dos modelos é o fato de reduzirem situações complexas a formas mais simples e mais compreensíveis, focalizando a atenção em detalhes de uma situação e ignorando-lhe outros aspectos ou diminuindo-lhe a ênfase. Os modelos podem se apresentar de muitas formas, tendo aplicação em várias áreas do conhecimento (STEVENSON, 1981).

A evolução da matemática fez surgir aplicações específicas, com linguagens e símbolos próprios, como foi o caso da matemática financeira, com sua constante evolução, e também da estatística.

A necessidade de expressar o grau de incerteza na ocorrência dos experimentos e de explicar o fato de duas experiências iguais poderem ter resultados diferentes leva ao reconhecimento da racionalidade probabilística em eventos da natureza. A pesquisa em probabilidade no século XVIII culmina com o notável trabalho de Pierre Simon de Laplace, "Theorie Analytique de Probabilités". À luz da concepção do cientificismo, rapidamente amplia-se o domínio de abrangência do cálculo probabilístico. Este se torna indispensável para lidar com dados relativos a temas de interesse social e econômico, como administração das finanças públicas, saúde

coletiva, conduta de eleições e seguro de vida. Surgem as primeiras idéias do positivismo e Condorcet propõe uma “ciência natural da sociedade”, isto é, uma “matemática social” baseada no cálculo das probabilidades. (SZWARCOWALD e CASTILHO, 1992, pág. 5)

A estatística vista enquanto ciência só ocorreu a partir do século XVIII, nos registros do alemão Godofredo Achenwall, ainda como catalogação não regular de dados (CRESPO, 2001).

Neste sentido, Santos (2015) afirma que o uso da Estatística na Geografia deu origem a uma nova ciência, a Geoestatística que promove o estudo da Geografia Quantitativa através da análise matemática aliado a distribuição espacial dos fenômenos estudados. LANNA (1993) afirma que os valores de precipitação anual, costumam ajustar-se adequadamente à distribuição normal, enquanto que GOULART (1991) explica que muitas vezes a variável não se ajusta a distribuição normal, mas o logaritmo desta ajusta-se. A análise estatística é uma importante ferramenta para avaliação, compilação e interpretação dos dados pluviométricos e fluviométricos.

Conforme Vieira (2000 apud Salgueiro 2005), a Geoestatística foi desenvolvida por Krige (1951) na África do Sul e surgiu a partir da percepção da necessidade de utilização das distâncias entre pontos amostrados. Para Salgueiro (2005) a Geoestatística possui interpoladores capazes de estimar valores em pontos que não foram amostrados, sendo fundamental na quantificação e distribuição espacial da precipitação pluviométrica e no estudo das vazões.

Para isso, a estacionaridade estatística é uma condição específica que a variável regionalizada deve satisfazer. Diz-se estacionária se os momentos estatísticos da variável aleatória forem os mesmos para qualquer distância. (SALGUEIRO, 2005 pág. 25)

A análise geoestatística aplicada nesta pesquisa abrange os cálculos de valores máximos e mínimos nas series históricas referentes a pluviometria, bem como análise e calculo das médias mensais, anuais e diárias na Bacia do Paranaíba. Além disso, buscou-se aliar os resultados obtidos por esta análise à identificação de anomalias e/ou alterações climáticas na área em estudo.

2.4 Análise de tendências em séries históricas

A análise de tendências em séries históricas possui grande importância na gestão dos recursos hídricos. Conforme Alves et all (2011pág. 2):

Pequenas flutuações, associadas às condições climáticas, provocam significativos impactos sociais e econômicos. Desta forma, identificar padrões ou tendências de mudanças climáticas é de relevante importância, já que impactam os recursos hídricos, agricultura e outras áreas.

Além disso, a análise espacial de tendências possibilita definir em quais regiões determinada variável está sofrendo mudanças significativas. O estudo de séries históricas tem sido usado como base para entendimento e identificação de externalidades geradas pelas mudanças no uso e ocupação do solo, mudanças climáticas e nos regimes hidropiuviométricos de bacias hidrográficas tendo grande aplicabilidade na Climatologia como afirma Ferreira (2012):

Existem diversas metodologias destinadas à previsão de séries temporais, dentre as quais as que recorrem a modelos de suavização exponencial, modelos autorregressivos, regressão linear, médias móveis ou Modelos ARIMA (Auto Regressive Integrate Moving Average). Tecnologias de inteligência computacional tais como redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos têm possibilitado a criação de metodologias avançadas de análise de tendências em séries temporais. (FERREIRA, 2012 pág. 317)

Este tipo de análise procura indicar expectativas de valores para um dado horizonte de previsão. Para isso, recorre às séries históricas, que são utilizadas para formar os exemplos (padrões) necessários à extração do conhecimento aplicável à previsão de valores futuros (PALIT e POPOVIC, 2005).

Ferreira (2012) chama a atenção para a necessidade de espacializar as tendências, pois as situações variam de região para região. Elas podem indicar também tendência de incremento nos aportes de água. Várias são as possibilidades metodológicas como afirma o autor supracitado, entretanto Leone Filho (2006 apud FERREIRA 2012) destaca que não existem procedimentos que se apliquem com total eficiência a análise de tendência em séries temporais.

As ações humanas geram impactos no clima. Até recentemente o efeito era local, mas é discutido por muitos pesquisadores que a atividade humana nos últimos dois séculos, primariamente através do lançamento de gases do efeito estufa na atmosfera, está provocando mudança climática global que é mais rápida e extensa que as observadas durante o restante da história humana. A habilidade do ecossistema planetário de resistir a essas mudanças de condições está sendo questionada.

Projeções das condições do clima no futuro associadas com as emissões de gases do efeito estufa e o "aquecimento global" requerem uma previsão com escala de tempo de décadas. Segundo Robinson e Henderson-Sellers (1999), os modelos que estão associados a previsões determinísticas são altamente incertos. Em consequência, é frequentemente necessário incorporar dados históricos observados em campo. Neste contexto, a análise de séries históricas de pluviometria assume importância.

Considerando que tem sido detectado um aumento da temperatura do planeta da ordem 0,13 (0,10 a 0,16)°C por década, ao longo dos últimos 50 anos (IPCC, 2007, p.8), poderia também estar havendo um aumento nas taxas de evapotranspiração. Schädler (1987), ao avaliar as causas de um suposto aumento da evapotranspiração em bacias europeias, já considerava seriamente tal possibilidade.

CAPÍTULO II

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização

A Região Hidrográfica do Paraná possui uma área superior a 870.000km² e está dividida em seis unidades hidrográficas principais. Uma delas é a bacia do rio Paranaíba (Figura 1), localizada nos estados de Minas Gerais (MG), Goiás (GO), Mato Grosso do Sul (MS) e Distrito Federal (DF).

A Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba localiza-se entre os paralelos 15° e 20° sul e os meridianos 45° e 53° oeste como mostra a figura 1. Sua área de drenagem é de 222,767 Km². Abrangendo os estados de Minas Gerais (MG), Goiás (GO), Mato Grosso do Sul (MS) e Distrito Federal (DF) conforme Agência Nacional das Águas ANA (2013), este rio nasce na Serra da Mata da Corda, no Estado de Minas Gerais no município de Rio Paranaíba, percorrendo aproximadamente 1.160 Km até sua foz.

LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO PARANAÍBA

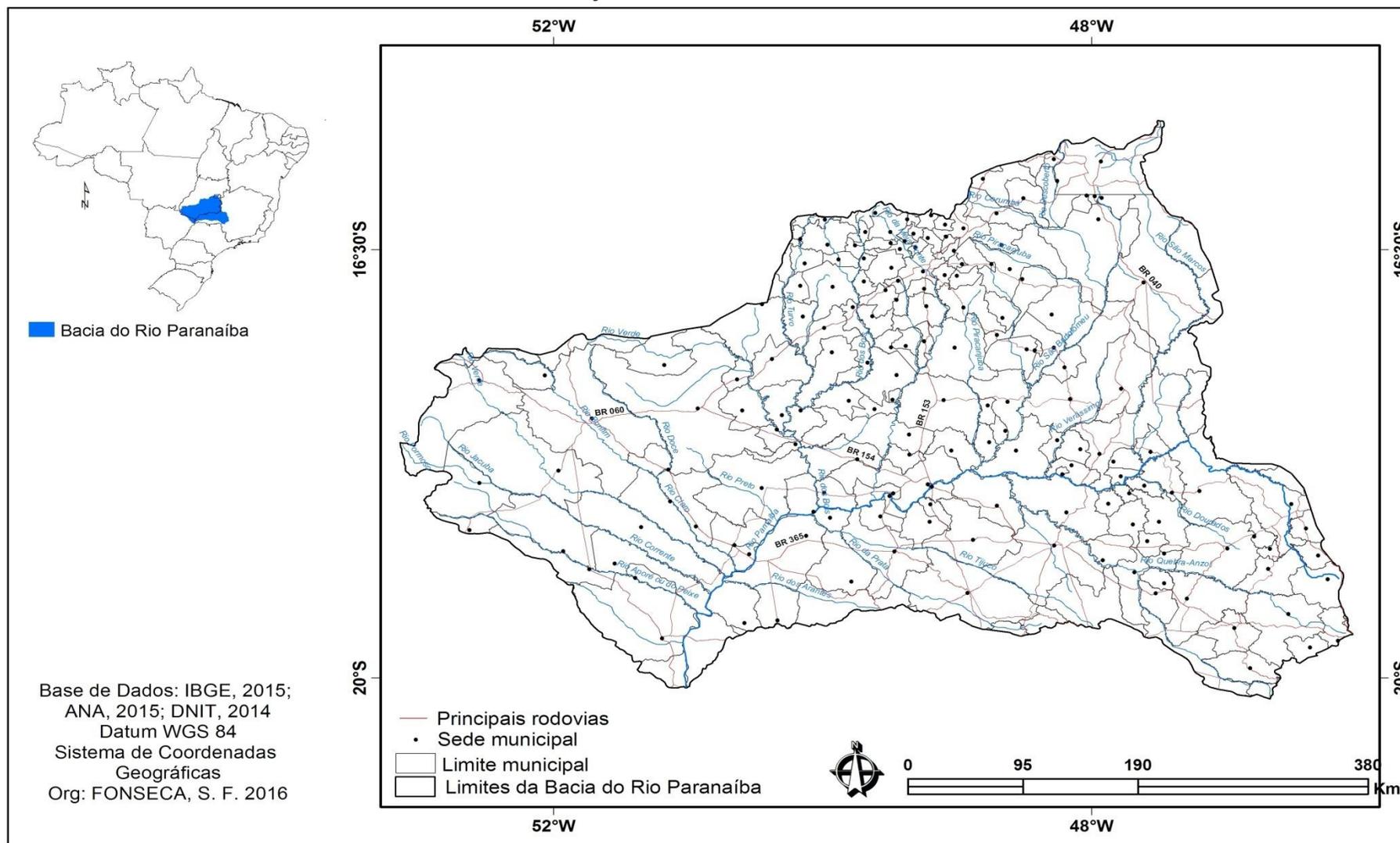


Figura 1: Localização da Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba no Brasil.
Org: Fonseca, S.F. 2016.

A bacia integra áreas de 193 municípios e o Distrito Federal (DF) como aponta o quadro 01 e de acordo com a rede de cidades nacional, descrita no estudo Regiões de Influência das Cidades 2007, estão inseridas em sua área duas Metrôpoles (Brasília e Goiânia) e uma Capital Regional (Uberlândia).

Quadro 1: Quantidade de Municípios da Bacia por Unidade da Federação

ESTADO	MUNICÍPIOS
Distrito Federal	1
Goiás	133
Minas Gerais	55
Mato grosso do Sul	4
TOTAL	193

Fonte: IBGE (2010)

A figura 2 traz em destaque algumas das principais cidades, metrôpoles, capitais regionais e o Distrito Federal.

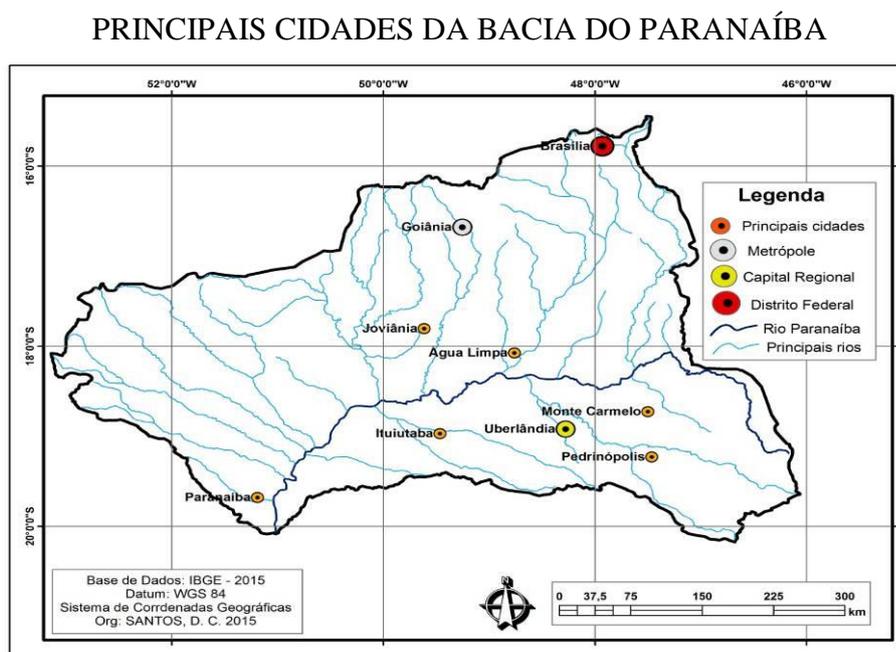


Figura 2: Principais centros urbanos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba
Organizado pela autora

3.2 Aspectos socioeconômicos

O povoamento da bacia do Rio Paranaíba se deu principalmente em decorrência das atividades dos bandeirantes por volta do século XVIII, onde o objetivo principal da ocupação dessa área era a formação de postos de abastecimento. Com a intenção de fomentar o desenvolvimento de outras regiões circunvizinhas o avanço dessa ocupação na bacia esteve associado também à disponibilidade hídrica e condições naturais favoráveis. Por isso, ainda hoje se percebe um maior adensamento populacional nos locais que oferecem os recursos supracitados em abundância, afirma (RODRIGUES et al.2008) .

De acordo com o Comitê de Bacia Hidrográfica- CBH do Rio Paranaíba - atividades como agroindústria e mineração são destaques na economia. Na bacia do rio Paranaíba a produção industrial é de baixa intensidade tecnológica, voltada para o agronegócio, produção de bioenergia e a extração de recursos naturais, segundo o autor supracitado.

No que diz respeito à produção de bioenergia são 49 usinas sucroalcooleiras em operação concentradas no setor oeste da bacia e mais 30 unidades em fase de projeto que serão instaladas nas proximidades das usinas já existentes. Convém destacar também a produção da Bioenergia associada principalmente à produção de soja e cana-de-açúcar. Como já destacado a priori, a bacia do Rio Paranaíba apresenta alto potencial de produção agrícola o que favoreceu o desenvolvimento da Bioenergia nessa área, (ANA, 2013).

A bacia hidrográfica do rio Paranaíba tem uma importância significativa na produção de energia hidrelétrica no cenário nacional conforme ANA (2013), uma vez que a calha principal

do rio Paranaíba apresenta usinas que, em termos de potência, estão entre as principais do País. O Quadro 2 destaca as usinas em funcionamento na bacia e a potência gerada.

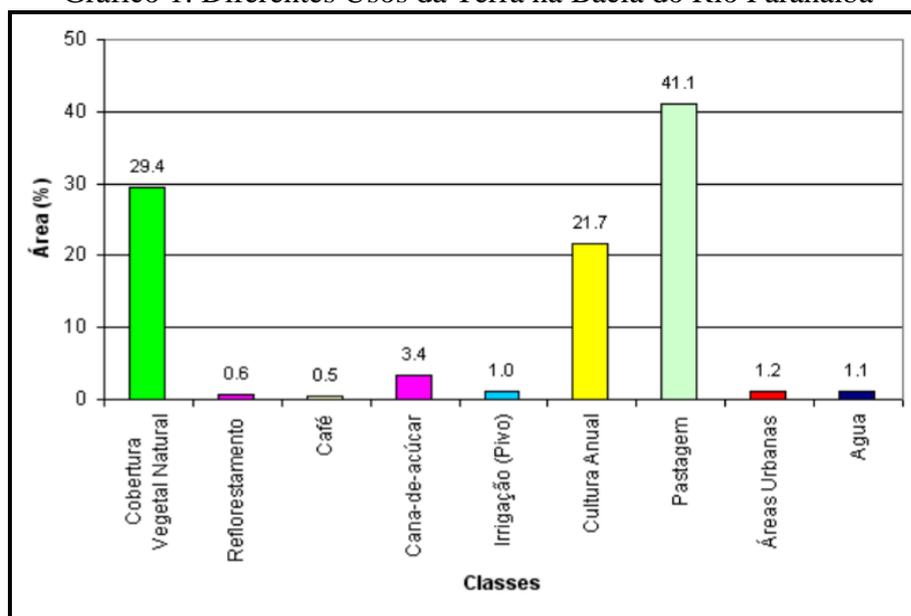
Quadro 2: Usinas Hidrelétricas da Bacia do Rio Paranaíba

USINA HIDRELÉTRICA	LOCALIZAÇÃO	UNIDADES GERADORAS	INÍCIO DA OPERAÇÃO	POTÊNCIA DECLARADA (MW)
Capim Branco I	Araguari (MG)	3	2006	240,00
Capim Branco II	Araguari (MG)	3	2007	210,00
São Simão	São Simão (GO)	6	1978	1.710,00
Emborcação	Araguari (MG)	4	1982	1.192,00
Lages	Coromandel (MG)	2	Reativada em 07/01/2005	0,680
Martins	Uberlândia (MG)	4	1947	7,700
Miranda	Indianópolis (MG)	3	1998	408,00
Nova Ponte	Nova Ponte (MG)	3	1994	510,00
Pai Joaquim	Santa Juliana (MG)	1	2004	23,00
Pissarrão	Araguari (MG)	2	Reativada em 07/2001	0,8
Salto Morais	Ituiutaba (MG)	2	1957	2,394
Santa Luzia	Araporã (MG)	1	Reativada em 03/2011	0,704

Fonte: CEMIG (2016) Organizado pela autora

A economia é bastante diversificada na bacia do Paranaíba, possuindo áreas de criação de bovinos (dando destaque ao sudoeste goiano), suínos e galináceos. Em relação à agricultura destacam-se as monoculturas de cana, soja, milho, café, feijão, algodão e sorgo (ANA, 2013). O gráfico 01 elaborado por Rosa e Sano (2014, pág. 46) demonstra os principais usos do solo na bacia do rio Paranaíba.

Gráfico 1: Diferentes Usos da Terra na Bacia do Rio Paranaíba



Fonte: Rosa e Sano (2014, pág. 46)

Segundo a Agência Nacional das águas (ANA, 2013), em seu Resumo Executivo – 2013, que diz respeito ao Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da Bacia hidrográfica do rio Paranaíba, a bacia está localizada em uma região estratégica no contexto nacional, possuindo relativa diversificação de suas atividades econômicas e grande potencial de expansão. Associadas a algumas das atividades que mais geram riquezas para o Brasil, a agricultura, a pecuária, a mineração e a indústria apresentam destaque na bacia, além do setor de serviços nos principais centros urbanos.

O Produto Interno Bruto (PIB), importante indicador econômico, alcançou 193,3 bilhões de reais em 2007 para o conjunto de municípios da bacia. Cerca de 21,4 bilhões (11,1% do total) foi representado por impostos. Analisando a evolução desde 2002, a preços de 2007, constata-se um crescimento de 19,7%. No ramo industrial, as maiores concentrações de estabelecimentos (indústrias extrativas e de transformação) estão localizadas junto aos grandes centros urbanos, tanto pela oferta de infraestrutura física e logística quanto pela

proximidade ou facilidade de interconexão a mercados consumidores. No setor agroindustrial, foram identificadas 49 usinas sucroalcooleiras em operação na bacia.

O uso agrícola na bacia está relacionado principalmente aos cultivos de soja, café, milho e feijão, além da cana-de-açúcar. As culturas de feijão e arroz, voltadas principalmente para a subsistência, sofreram declínio em função da entrada, na década de 80, da agricultura comercial, representada principalmente pela soja. A cultura da cana para produção de álcool e açúcar se expandiu fortemente na bacia a partir dos anos 2000. Embora seja observada a tendência de avanço desta cultura sobre áreas de pastagens plantadas e de outras lavouras, os cultivos de soja e milho ainda são os mais representativos em extensão territorial.

A agricultura irrigada encontra-se em franca expansão na bacia, saltando de 30,8 mil hectares em 1980 para 608,8 mil hectares em 2010. Em relação à pecuária, os rebanhos apresentam ampla distribuição na bacia, ocupando aproximadamente 7,8 milhões de hectares. Quando avaliada a evolução da atividade nos municípios da bacia nas últimas décadas, observa-se relativa estabilidade do rebanho de suínos desde a década de 1970, conta do em 2007 com cerca de 2,8 milhões de cabeças. O rebanho de bovinos aumentou significativamente até os anos 1990, quando se estabilizou (17 milhões de cabeças em 2007). Expressivo crescimento tem ocorrido com o grupo de galináceos, alcançando a marca de 77,2 milhões em 2007. A mineração foi importante no processo de ocupação da bacia do rio Paranaíba, e ainda hoje se mantém como atividade expressiva. Atualmente, destaca-se a produção e comercialização de fosfato, calcário e nióbio.

O Estado de Minas Gerais detém os municípios de maior produção, Araxá e Tapira, que somam cerca de 54% do faturamento mineral da bacia. Os municípios mineiros de Lagamar,

Patrocínio, Patos de Minas e Serra do Salitre, além de Catalão/GO e Brasília/DF, também apresentam elevado faturamento mineral anual. Cabe mencionar ainda a exploração de diamante em Coromandel/MG e a mineração de areia, que está localizada principalmente no rio Paranaíba (ANA, 2013).

3.3 Aspectos fisiográficos¹

Geologia Geral

De acordo com Flauzino et all (2010),os tipos litológicos encontrados na área da bacia são compostos por rochas da bacia sedimentar do Paraná. Podem ser identificadas três grandes províncias estruturais em termos de compartimentação da estrutura geológica: Província Tocantins, Província Paraná e Bacia Sanfranciscana. Esta última compõe uma porção pequena e não representativa da bacia, localizada na divisa leste nas proximidades das cidades de Patos de Minas e Patrocínio.

Conforme PRHBP (2011),a Província Tocantins demonstra direção preferencial norte-sul, chegando a ter 2.000 km de extensão longitudinal e até 800 km de largura em algumas áreas.

A mesma pode ser subdividida em duas subprovíncias litoestruturais:

- a) A primeira compreendendo o embasamento cristalino, que é constituído por rochas de estruturação complexa e comportamento predominantemente dúctil, em especial granítico-gnáissica.
- b) A segunda subprovíncia lito-estrutural corresponde às sequências supra-crustais, que são constituídas geralmente por rochas metassedimentares clásticas e com pouca

¹ As informações e dados contidos neste tópico tiveram como fonte principal o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba – (PRHBP, 2011 pág.85-180).

deformação. Com relação à Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba, a área de ocorrência dessa Província corresponde à sua porção centro-leste.

A Província Paraná por sua vez, compreende os limites da bacia tectônica do Paraná, que se caracteriza por ser uma estrutura intracratônica, com cerca de 1750 km de comprimento e largura aproximada de 900 km, abrangendo a parte meridional do Brasil, a metade oriental do Paraguai e parte da Argentina e Uruguai, totalizando 1.600.000 km². Pode também ser subdividida em duas subprovíncias litoestruturais:

- a) A primeira corresponde às sequências sedimentares clásticas, com contatos quase que exclusivamente litológicos e estratificação subhorizontal;
- b) A segunda subprovíncia formada pelos basaltos do Grupo São Bento (Fm. Serra Geral), que caracterizam-se como rochas magmáticas provenientes de derrames de lava, sendo intensamente fraturadas, por vezes diaclasadas, e que dão origem às chamadas coberturas detrícolateríticas. Com relação à bacia hidrográfica do rio Paranaíba, a sua área de abrangência está restrita à parte ocidental.

Geologia Local: Província Tocantins, Província Paraná e Bacia Sanfranciscana

O PRHBP (2011, pág.94) destaca que:

A Província Estrutural do Tocantins está localizada entre os Crátons do São Francisco e Amazônico, sendo nela reconhecidas três unidades geotectônicas nas suas porções central e norte, e que são representadas pelo Maciço de Goiás e Arco Magmático, pela Faixa Araguaia e pela Faixa Brasília. Destaca-se que dentro de seu domínio, unicamente a Faixa Brasília está presente na área da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

O Maciço de Goiás contém além de terrenos granito-greenstone arqueanos, rochas ortognaissicas neoproterozóicas, podendo ser classificado como um fragmento crustal complexo (Fuck et al. 1994), devido a ter sido envolvido pela orogênese Brasileira.

O arco magmático do oeste de Goiás (Pimentel & Fuck, 1992) por sua vez, se constitui numa crosta neoproterozóica juvenil, sendo composto por seqüências vulcanos sedimentares e ortognaisses. Sua relação tectônica com o Maciço de Goiás ainda é pouco desvendada.

A faixa Brasília é composta por rochas supracrustais do período Meso e Neoproterozóico, cujo metamorfismo e deformação ocorreram durante o Ciclo Brasileiro. Destaca-se que o Ciclo Brasileiro ocorreu durante o Neoproterozóico (850 – 500 milhões de anos), e permitiu a formação do super continente Gondwana, que por sua vez deu origem a partes do continente sul americano e africano.

Por fim, a Faixa Araguaia, localizada na porção noroeste da Província Estrutural de Tocantins, demonstra o aumento do grau metamórfico das coberturas sedimentares sendo composta estratigraficamente por migmatitos (embasamento), xistos e anfibolitos e granitos, que foram tectonicamente recobertos por rochas metassedimentares.

A Província do Paraná ou bacia sedimentar do Paraná é constituída por uma estrutura geológica intracratônica, conforme o PRHBP (2011). Esta localizada no centro-leste da América do Sul e abrange uma área total de 1.600.000 km².

É constituída por uma seqüência de rochas sedimentares e derrames de lavas basálticas, registrando em seu interior espessuras superiores a 5.000 metros, o que representa, portanto, uma ampla paleotopografia depressiva, preenchida durante sucessivos períodos geológicos.

Suas principais características estruturais e litológicas estão vinculadas à associação de diversos fenômenos geológicos, como vulcanismo, subsidência, falhamentos epirogênese e sedimentação, que ocorreram no interior da bacia de forma isolada ou não, durante o decorrer do tempo geológico e que foram os responsáveis diretos pela sua geração e modelamento.

Em geral, o mergulho das camadas possui uma inclinação de 2° a 3° em direção ao centro da bacia, e as feições estruturais mais significativas estão alinhadas com o eixo dos principais cursos d'água que drenam para o seu interior.

Na borda da bacia do Paraná, onde a subsidência foi muito mais lenta em relação ao centro, os processos erosionais vinculados aos eventos de soerguimento crustal foram mais fortes, fazendo com que o registro sedimentar do tempo geológico tenha sido menos completo do que em sua porção central, resultando, assim, em camadas estratigráficas descontínuas e de menor espessura quando comparadas àquelas presentes no interior da bacia. (PRHBP, 2011 pág. 94)

Ainda segundo este último autor, a Bacia Sanfranciscana é uma cobertura fanerozóica do Cráton São Francisco que ocorre numa faixa alongada, segundo a direção norte-sul, com cerca de 150.000 km² e que se estende desde o Triângulo Mineiro até o estado do Maranhão. Sua principal característica é a de que esta estrutura geológica forma o divisor de águas das bacias do Paraná e do São Francisco. A figura 3 traz o esboço geológico da Bacia do Paranaíba.

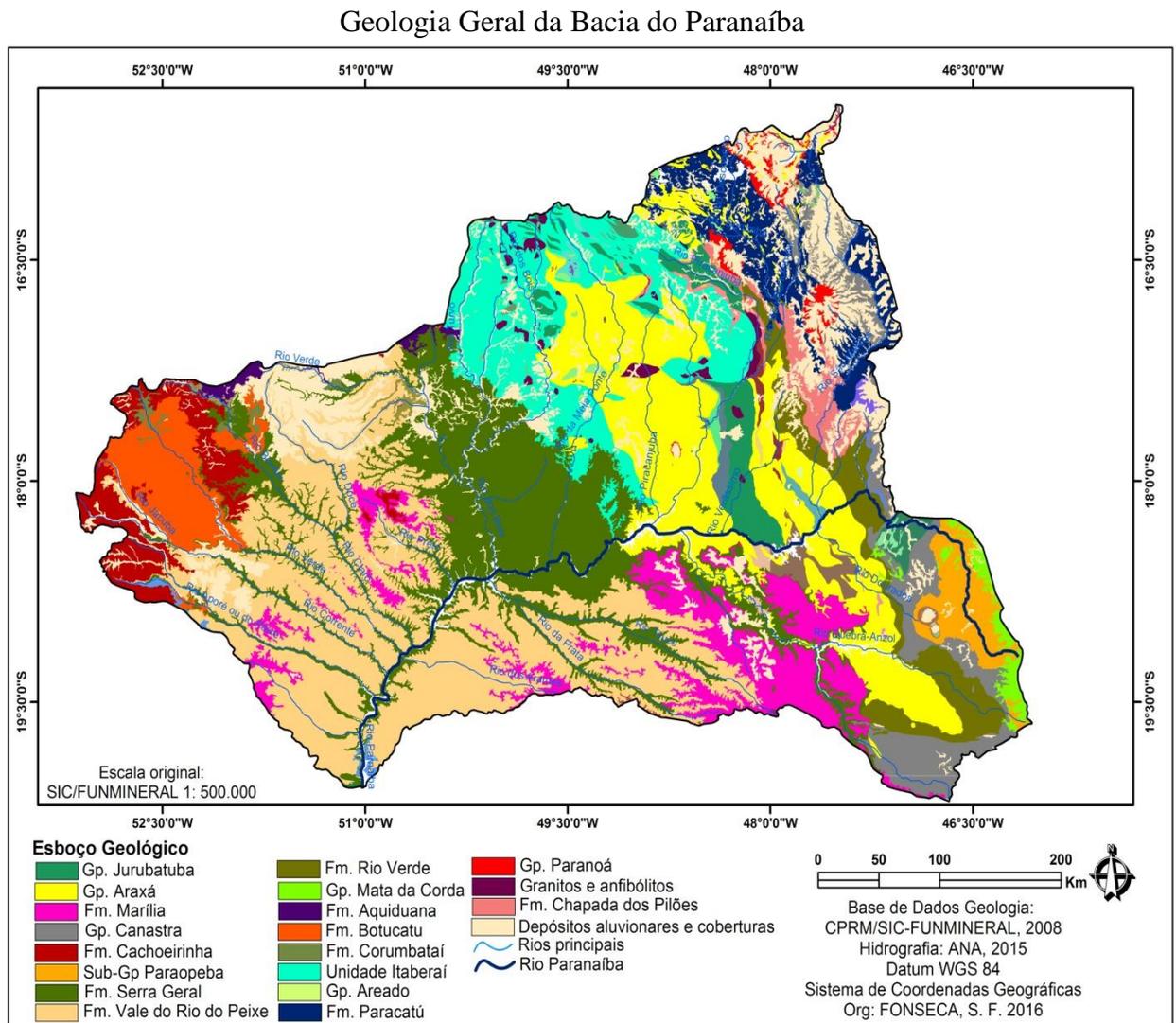


Figura 3: Geologia na bacia do rio Paranaíba
Org. Fonseca, S.F. 2016

Geomorfologia

A Geomorfologia tem por objetivo analisar as formas do relevo para compreender os processos atuais e passados, de modo que esta ciência é de extrema importância no fornecimento de dados que orientam de forma segura a apropriação e uso correto do espaço pelo homem. A análise geomorfológica incorpora a atuação dos sistemas endógenos (atividades tectogenéticas) e exógenos (mecanismos morfoclimáticos), responsáveis pelas formas de relevo resultantes (CASSETI, 2005 apud PRHBP, 2011).

No que diz respeito à Geomorfologia da Bacia do Paranaíba, são definidos dois conjuntos de relevo: O primeiro denominado de Planalto Central Goiano, compreende o Planalto do Distrito Federal e Planalto Rebaixado de Goiás, no domínio das rochas metamórficas e metassedimentares. O segundo, denominado Planalto Setentrional da Bacia do Paraná (Região dos Planaltos Areníticos-Basálticos Interiores), ocorre no domínio da Província Paraná e é subdividido no Planalto(Chapadão) do Rio Verde e Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná (EPE, 2006apud PRHBP, 2011).

- a) Planalto Central Goiano- essa unidade localiza-se na porção nordeste da área, abrangendo um grande planalto que se subdivide em níveis topográficos distintos, que por sua vez se apresentam escalonados em acordo às idades geológicas, à tectônica pretérita e à ação erosiva. Engloba a região centro leste do estado de Goiás, o Distrito Federal e uma pequena porção do oeste de Minas Gerais. É drenado principalmente por afluentes do alto e médio curso da margem direita do Rio Paranaíba.
- b) Planalto Setentrional da Bacia do Paraná- localiza-se no sudoeste da Bacia do Paranaíba, abrangendo a região sudeste de Goiás, além das porções extremo oeste

do estado de Minas Gerais e nordeste de Mato Grosso do Sul. Compreende um grande planalto que se subdivide em níveis topográficos distintos, principalmente devido à ação erosiva pretérita. É drenado principalmente por afluentes da margem direita do médio e baixo curso do Rio Paranaíba.

Conforme a figura 4 observa-se que a porção sudoeste da bacia presente na chamada Província Paraná - concentra as menores altitudes da área de estudos. Esse baixo altimétrico ocorre ao longo do canal principal do rio Paranaíba e o médio a baixo curso de seus principais afluentes da margem esquerda. Geomorfologicamente, esta área da bacia compõe em grande parte o chamado “Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná”.

Os pontos de maior altitude também representados na figura 4 estão localizados na margem nordeste, representados pelos Grupos Araxá e Paranoá; e na margem leste - sudeste, representados pelos Grupos Canastra e Baurú (especificadamente a Formação Marília), ambos localizados na chamada Província Tocantins. Esta porção da bacia compreende o alto e médio curso dos rios Piracanjuba, Corumbá, Veríssimo e São Marcos, na margem direita do Rio Paranaíba; e Ribeirão Verde, Rio Dourados e Rio Araguari, em sua margem esquerda. Geomorfologicamente, esta área da bacia compõe o Planalto do Distrito Federal (nas cotas mais elevadas) e o Planalto Rebaixado de Goiás (topograficamente abaixo do Planalto do Distrito Federal).

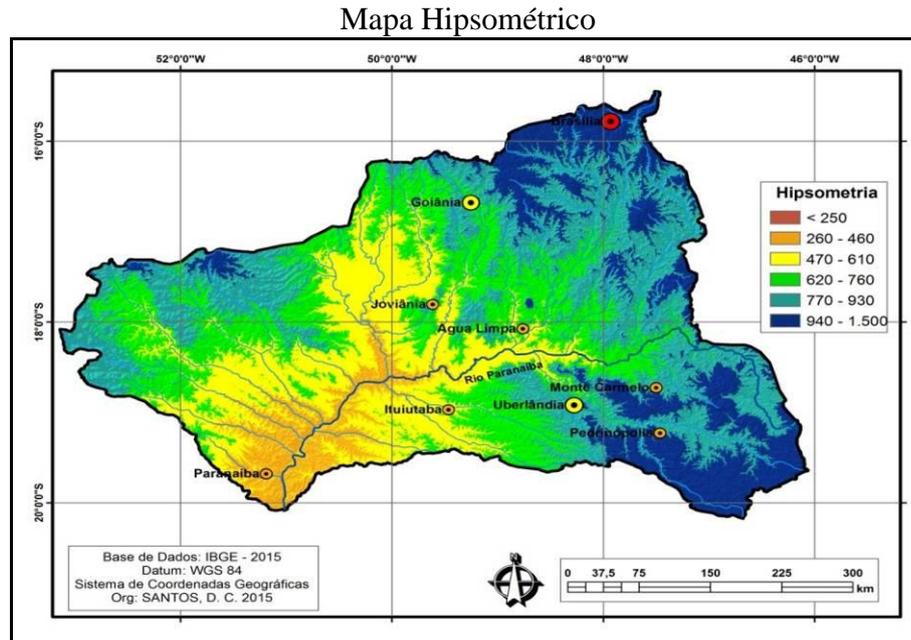


Figura 4: Mapa Hipsométrico da Bacia do Paranaíba
Organizado pela autora

Conforme o EPE (2006 apud PRHBP, 2011 pág. 111) o:

Planalto Central Goiano GO/MG: localizado na porção nordeste da área, abrange um grande planalto que se subdivide em níveis topográficos distintos, apresentando-se escalonado em acordo com as idades geológicas, a tectônica pretérita e a ação erosiva. Possui como característica a demonstração de feições de relevo provenientes da exumação de estruturas dobradas que formam geradas no decorrer de vários ciclos tectônicos estruturais, influenciando diretamente no arranjo dos sistemas de drenagem, que associados aos fatores de origem climática propiciaram a intensa dissecação da região em relação aos demais compartimentos da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. As subdivisões desta unidade geomorfológica são: Planalto do Distrito Federal (1A) e Planalto Rebaixado de Goiás (1B); Planalto Setentrional da Bacia do Paraná: esta localizada no sudoeste da área de estudos, abrangendo a região sudeste de Goiás, além das porções extrema oeste do estado de Minas Gerais e nordeste de Mato Grosso do Sul. Compreende um grande planalto que se subdivide em níveis topográficos distintos, principalmente devido a ação erosiva pretérita. Essa região é caracterizada por feições de relevo vinculadas ao passado tectônico da Bacia do Paraná, bem como a maior ou menor erodibilidade dos estratos deposicionais da bacia. Esta unidade encontra-se subdividida em: Planalto Rebaixado da Bacia do Paraná (2A) e Planalto do Rio Verde (2B).

A figura 5 apresenta as divisões das unidades geomorfológicas da Bacia do Paranaíba.

Mapa Geomorfológico da Bacia

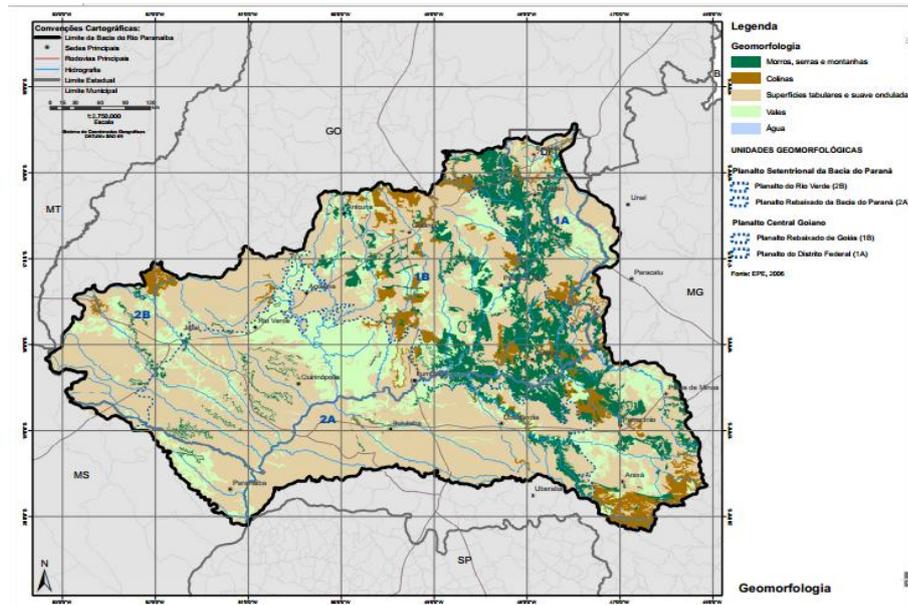


Figura 5: Geomorfologia da Bacia do Paranaíba
Fonte: PRHBP(2011, pág. 114)

Clima

Segundo Silva (2012), A dinâmica climática da região é influenciada principalmente pelas Massas de ar Tropical Continental, Equatorial Continental, Tropical Atlântica e Polar Atlântica, apresentando variações espaciais determinadas pela continentalidade e pela topografia. Segundo a classificação climática de Köppen predomina na Bacia do Rio Paranaíba o clima “Aw”, que indica clima tropical, quente em todas as estações do ano (temperatura média mensal $\geq 18^{\circ}$ C), com inverno seco. Esta classificação se baseia nas características do regime de chuva e de temperatura do ar, e está apoiada na premissa de que a vegetação de um determinado local é derivada principalmente do tipo de clima encontrado (FLAUZINO et al, 2010).

Segundo a classificação de Thornthwaite, baseada no balanço hídrico, o clima da bacia supracitada é úmido com pequeno déficit hídrico (inverno), mesotérmico e com concentração da evapotranspiração potencial no verão inferior a 48%, (PRHPB, 2011).

De acordo com Silva (2014), as precipitações anuais na bacia em estudo apresentam maiores médias na porção leste/nordeste e na porção sudeste e estão associadas principalmente a altitudes mais elevadas. Por sua vez esta mesma autora enfatiza com base em estudos de trabalhos de autores como Martins e Rosa (2012), que áreas com menor altitude na bacia (confluência do Rio Paranaíba com o Rio Grande, por exemplo) apresentam relativa tendência de redução nos totais anuais de precipitação.

Associada a variável altitude tem-se ainda a variação espacial da temperatura. Áreas com altitude mais elevada apresentam menores valores de temperatura e maiores médias pluviométricas. Em áreas com altitudes mais baixas ocorre o oposto, ou seja, maiores valores de temperatura e menores médias pluviométricas (SILVA, 2014).

De acordo com PRHPB (2011, pág. 86):

[...] verifica-se que o mês mais quente é outubro, quando é verificada uma maior incidência solar na região, com alta disponibilidade de energia radiante. [...] O mês mais frio é julho, e mesmo neste mês ainda existe umidade no ambiente para consumir o excesso de radiação líquida. Essa análise confirma o caráter tropical do clima regional.

Ainda segundo o PRHPB (2011), as temperaturas médias anuais ocorrem da seguinte forma: mínimas na Bacia do Paranaíba girando em torno de 16° e 18 ° e foram identificadas no município de Araxá/MG. Já as temperaturas máximas são de 22° e foram identificadas na região central da bacia. A amplitude térmica na Bacia do Paranaíba é 6° C, entre a temperatura mínima e máxima durante o ano.

A umidade relativa do ar pode variar conforme a dinâmica de circulação atmosférica, como mostra o PRHBP (2011, pág.88):

O ar mais seco entre os meses de maio a agosto, associado aos ventos mais intensos do Anticiclone do Atlântico Sul, provocam maior demanda evaporativa da atmosfera junto ao solo. Os menores valores ocorrem no mês de agosto, com médias próximas aos 50%. A maior umidade ocorre quando predomina o sistema de convergência do Atlântico Sul, destacada no período de novembro a abril, encontrando-se acima dos 75%. Esse fato explica em parte a sazonalidade marcante da região e o estado de estabilidade atmosférica, como nos meses de junho a setembro, com umidade geralmente abaixo dos 65%. Os maiores índices de umidade relativa são registrados nos meses de dezembro e janeiro, com valores médios superiores a 80%.

Quanto à precipitação na Bacia do Paranaíba percebe-se que há pouca variação nos totais anuais sendo que os menores totais médios da bacia situam-se em torno de 1300 mm e os maiores são próximos de 1800mm. O valor médio da precipitação na bacia em estudo está em torno de 1.500 mm (PRHBP, 2011). O quadro 3 mostra as Precipitações Médias Anuais por Unidade de Gestão Hídrica- UGH.

Quadro 3: Precipitações Médias Anuais por Unidade de Gestão Hídrica- UGH

UGH	Precipitação Média (mm)
Claro, Verde, Correntes e Aporé	1.548
Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba	1.464
Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba	1.489
Corumbá	1.542
Distrito Federal	1.435
Meia Ponte	1.565
Rio Araguari	1.552
Santana-Aporé	1.592
São Marcos	1.454
Turvo e dos Bois	1.452
TOTAL	1.509

Fonte: PRHBP (2011, pág. 92)

As precipitações médias mensais na Bacia do Paranaíba ficam entre 0 e 400 mm, conforme o PRHBP (2011), com uma sazonalidade marcante que classifica os meses de maio a setembro

como secos, com valores próximos a zero, e os meses de outubro a abril como úmidos com as precipitações variando de 100 a 400 mm.

Balanço Hídrico Da Bacia Do Paranaíba

Para Mendes (2013) os meses de outubro a março (estação chuvosa) apresentam os maiores índices pluviométricos e de temperatura na bacia do Paranaíba, apresentam também os maiores índices de evapotranspiração. Conforme a figura 6, apesar deste último índice ser elevado ainda tem-se um excedente hídrico que é responsável pela reposição de água no solo, isto demonstra que as chuvas estão superando o alto índice de evapotranspiração.

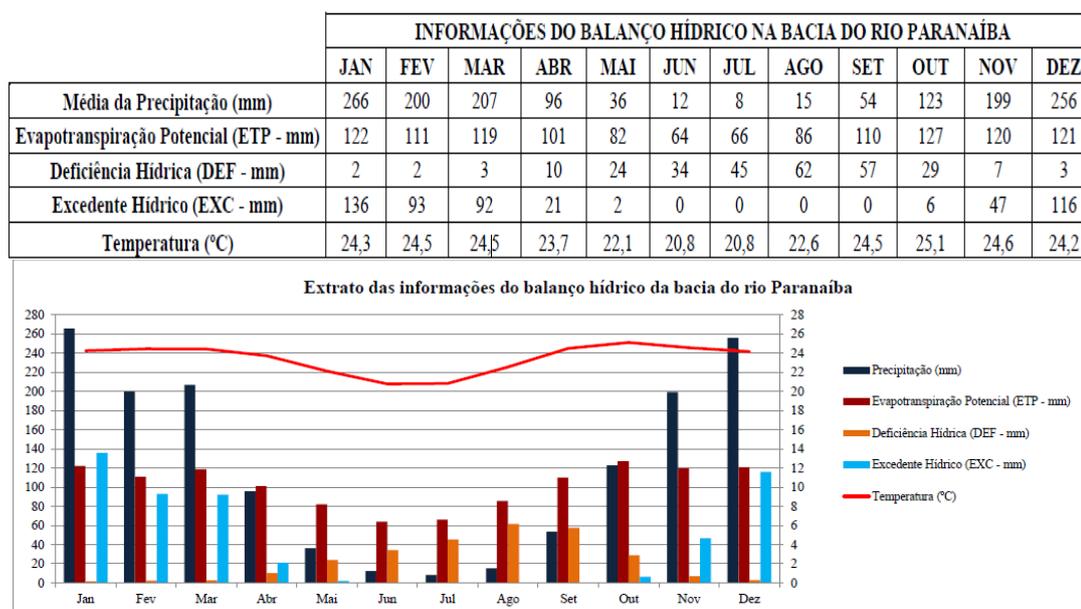


Figura 6: Balanço Hídrico da Bacia do Paranaíba
Org. Mendes (2013)

Em contrapartida, na estação seca que vai de abril a setembro a bacia apresenta baixos índices pluviométricos que geram deficiência hídrica principalmente nos meses de junho a setembro, (MENDES, 2013).

As precipitações médias anuais variam de 1.435 mm na Unidade de Gestão Hidrica-UGH do Distrito Federal a 1.592 na UGH Santana-Aporé, não havendo variações extremas entre as

UGHs. O valor médio na bacia do rio Paranaíba está em torno de 1.500 mm. Valores mais elevados são encontrados na parte setentrional da bacia do rio Corumbá e na região sudeste (cabeceiras da bacia do rio Araguari e do Alto Paranaíba), onde as altitudes são mais elevadas, enquanto as regiões de menor pluviosidade estão situadas próximas da região sudoeste, prolongando-se para a região central (Médio Paranaíba). A pluviosidade média volta a aumentar na região mais a oeste, na parte central da região do sudoeste goiano. A evapotranspiração anual também apresenta pouca variação na bacia, com valores médios desde 909 mm no Distrito Federal até 1.129 na UGH Meia Ponte

Solos

Os solos são materiais resultantes da decomposição de rochas que apresentam propriedades diferenciadas dependendo do material de origem, do relevo e do clima, segundo Oliveira (2008) podemos definir como solo, a superfície inconsolidada onde repousa a vida animal e vegetal, sendo, portanto o componente central dos ecossistemas terrestres. Na Bacia do Paranaíba destacam-se principalmente os Latossolos que ocupam uma área de mais de 13 milhões de hectares distribuídos ao longo da Bacia, segundo (PRHBP, 2011), os cambissolos também tem grande representatividade na área de estudo, ocupando cerca de 3 milhões de hectares, seguido pelos solos podzólicos, solos litólicos e gleissolos como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Área ocupada pelas classes de solos mais representativas na Bacia do Paranaíba

Classes de Solos	Área (ha)
Latossolos	13.873.097,2
Cambissolos	3.940.324,5
Podzolic	2.211.862,1
Solo Litolico	628.451,1
Glei pouco húmico	400.975,6

Fonte: PRHBP(2011, pág.141) Organizado pela autora

Convém destacar que os tipos de Latossolos presentes na área de estudo são: Latossolo Vermelho- alumínico e distrófico, Latossolo Vermelho distroférico, Latossolo Vermelho- Amarelo Alumínico e distrófico e Argissolo Vermelho- Amarelo distrófico latossólico. De acordo com o PRHBP (2011, pág.144) esses solos são:

Solos com baixa fertilidade natural e boas propriedades físicas. Ocorrem em relevos planos e suaves ondulados favoráveis à mecanização agrícola. São aptos para a irrigação por aspersão e estão localizados em toda área central da bacia hidrográfica, incluindo as sub-bacias dos rios dos Bois, Turvo, Verde, Doce, Corrente, Arantes, São Domingos, Prata, margem esquerda dos rios Araguari e Meia Ponte.

Os Cambissolos por sua vez são classificados em Cambissolo háplico alumínico e distrófico e podem ser agrupados aos Nitossolos Vermelho distróficos e aos Argissolos Vermelhos- Amarelo alumínico e distrófico, estes dois últimos tem baixa ocorrência na área da bacia, entretanto os três apresentam características semelhantes: possuem baixa fertilidade natural, ocorre em relevo favorável à mecanização, entretanto nas áreas mais onduladas e com presença de cascalhos pode gerar algumas restrições a mecanização (PRHBP, 2011).

Os Gleissolos Melânico e Háplico juntamente com os Plintossolos, Neossolos Quartzarênicos hidromórficos, Neossolos Flúvicos e os Organossolos, compreendem os solos hidromórficos e aluviais que possuem como limitação principal ao uso agrícola o excesso de água. Estes solos ocorrem nas várzeas dos rios da região (alto Uberabinha, Cabeças, RO Verde, Arantes e rio dos Patos), nas cabeceiras dos rios Formoso, Jacuíba e Verde, Ariranha, Doce, S. Tomás, Pindaíba, Montividiu, Ponte de Pedra, Turvo, Bois e Meia Ponte (PRHBP, 2011).

Além das classes de solos supracitadas encontramos ainda na área da Bacia do Paranaíba os Neossolos Litólicos, Cambissolos héplicos e Argissolo Vermelho amarelo eutrófico (PRHBP, 2011). A figura 6 traz em detalhes as principais classes de solo encontradas na área de estudo.

No que diz respeito à aptidão agrícola dos solos da Bacia em análise o PRHBP (2011) destaca que, as terras com boa aptidão para lavoura, ou seja, terras sem grandes limitações para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização, desde que sejam observadas as condições de manejo, estão localizadas principalmente na área central da Bacia.

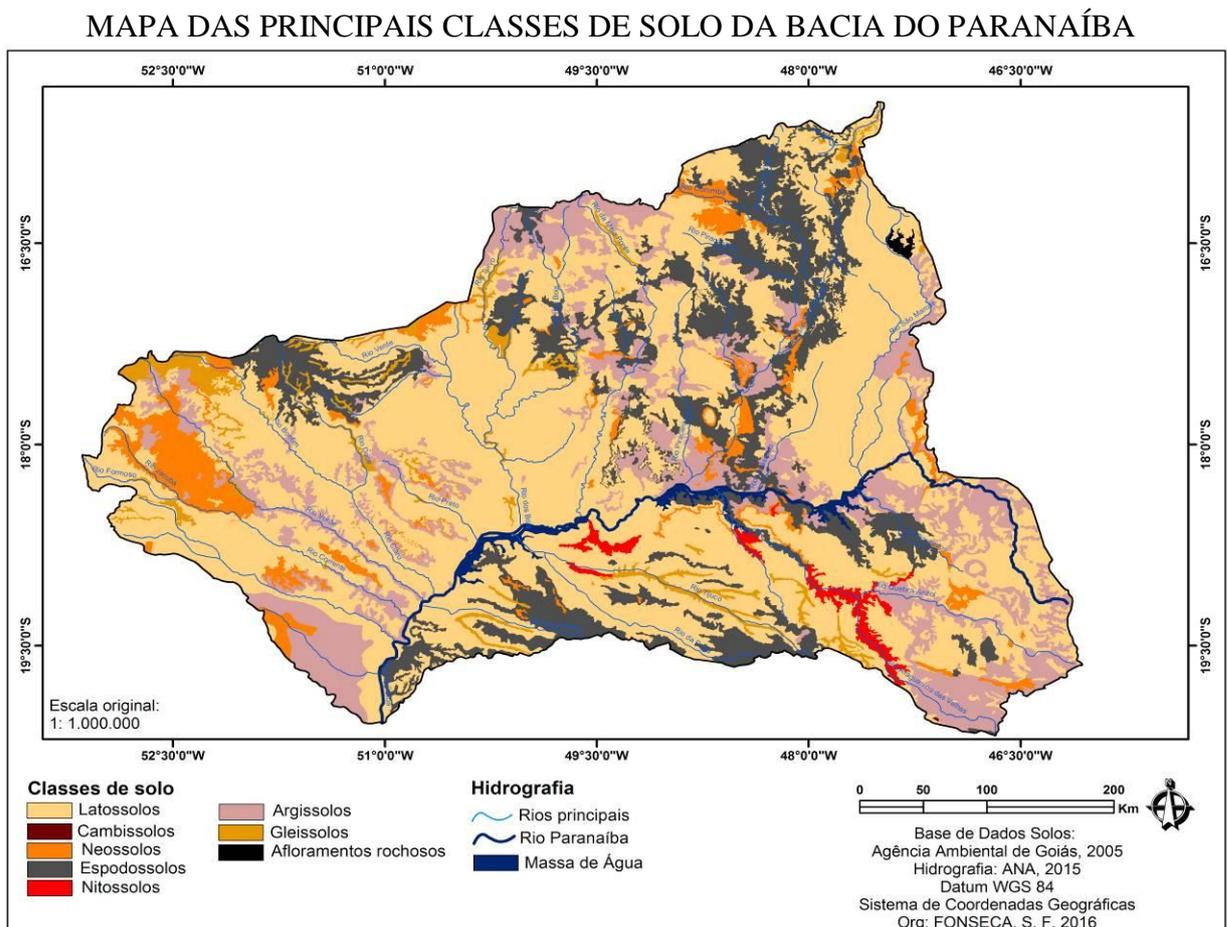


Figura 7: Mapa de solos. Org. Fonseca, S.F. (2016)

É notória a ocorrência de processos erosivos na Bacia do Paranaíba, seja pelo desgaste gerado através da ação da água, do vento ou mesmo de atividades antrópicas. A agricultura emerge

neste cenário como principal fator de influencia na perda de solos ligados a erosão, tendo como causas principais: a alteração da cobertura vegetal e o manejo inadequado do solo, (PRHBP, 2011).

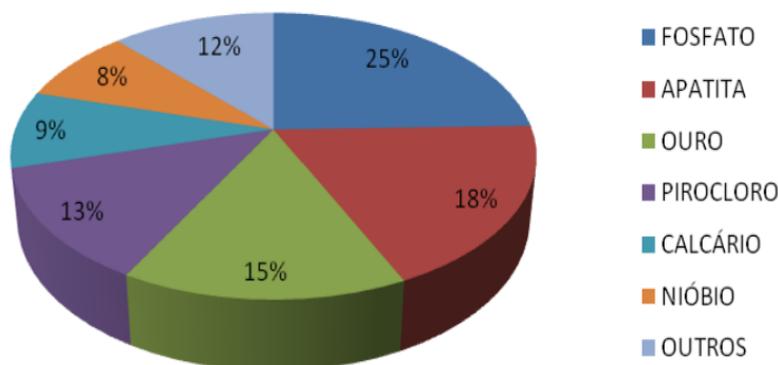
A classificação de suscetibilidade a erosão baseia-se no relevo do terreno, ou seja, leva em consideração principalmente a declividade do mesmo. Assim, as classes definidas para a área da bacia com base no estudo do EPE (2006 apud PRHBP 2011, pág.148) foram:

- Nula – terras não suscetíveis à erosão (relevo de 0 a 3% de declive)
- Ligeira – terras que apresentam pouca suscetibilidade à erosão (relevo de 3 a 8% de declive)
- Moderada – terras que apresentam moderada suscetibilidade à erosão (relevo de 8 a 13% de declive)
- Forte – terras que apresentam forte suscetibilidade à erosão (relevo de 13 a 20% de declive)
- Muito Forte – terras com suscetibilidade maior o que o grau forte, tendo seu uso agrícola muito restrito (relevo entre 20 e 45% de declive)
- Extremamente Forte – terras que apresentam severa suscetibilidade à erosão (declives superiores a 45%)

Ainda segundo este último autor as regiões da Bacia que apresentam maior suscetibilidade á erosão são as regiões nordeste e sudeste variando na classificação geral de nula a muito forte, (PRHBP, 2011 pág.148) “sendo “muito forte” principalmente nos limites dos estados de Goiás e Minas Gerais”.

Quanto aos recursos minerais que se assentam sob os solos da Bacia do Paranaíba, convém destacar que as substâncias de origem mineral mais produzidas são: Fosfato e Apatita (43%), Ouro (15%), Pirocloro (13%), Calcário (9%), Nióbio (8%) entre outras substâncias menos exploradas que juntas somam 12% do total produzido, (PRHBP, 2011).O gráfico 2 destaca esta distribuição.

Figura 4.20. Substâncias com maior valor arrecadado da Bacia do Paranaíba



FONTE: DNPM (2010).

Gráfico 2: Distribuição em (%) dos recursos minerais na Bacia
 Fonte: DNPM (2010 apud PRHBP 2011, pág. 150)

Vegetação

Para se estudar a vegetação de uma determinada área é necessário primeiramente avaliar em qual ou quais Biomas a mesma esta inserida, para posteriormente entender as dinâmicas que determinam as características e peculiaridades de cada um. A bacia hidrográfica do rio Paranaíba, encontra-se na área de abrangência do bioma Cerrado e parte da Mata Atlântica.

A vegetação e o relevo compõem a base para classificação dos biomas, como afirma o Silva (2012). A existência destes dois fatores em equilíbrio são determinantes para a conservação dos solos, dos recursos hídricos, da biodiversidade e principalmente para estabilidade climática. Neste sentido, abordaremos os biomas Cerrado e Mata Atlântica que no âmbito vegetacional da bacia do Paranaíba.

- a) Cerrado- de acordo com Ribeiro e Walter (2008) o Bioma Cerrado pode ser dividido em dez fitofisionomias distintas, sendo que estas se encontram

divididas em três grupos vegetacionais: as formações florestais: Mata Ciliar, Mata Seca ou Floresta Estacional Decidual e o Cerradão; as formações savânicas: Cerrado sentido restrito ou Cerrado Típico, Campo Cerrado, Palmeiral e Vereda; e as campestres: Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre. Para Eiten (1993), este Bioma é dividido em quatorze tipos de paisagens diferentes sendo elas: Campo Limpo de Cerrado, Campo Rupestre, Campo Sujo, Campo Cerrado, Cerrado senso-estrito, Cerradão, Campo de Murundus, Buritizal e Veredas, Campo Úmido, Brejos Permanentes, Pantanal, Floresta Baixa, Floresta Mesofítica decídua e Floresta Mesofítica semidecídua.

O Bioma Cerrado possui apenas 7,44% de sua área protegida por unidades de conservação – federais / estaduais / municipais - sendo que 2,91 % correspondem a Unidades de Conservação Integral (SILVA, 2012). Dado a sensibilidade as Áreas Úmidas do Cerrado são reconhecidas por legislação federal e estaduais, como Áreas de Preservação Permanente (SILVA, 2012).

Dentre as características deste bioma, convém destacar conforme o PRHBP (2011, pág. 157):

[...] que a vegetação apresenta fenologia marcadamente sazonal, com incremento da biomassa na estação das chuvas –outubro a maio – e dessecação das partes aéreas na estação seca - junho a setembro– o que favorece a ocorrência de incêndios naturais e, também, decorrentes da ação antrópica. Enfatiza-se que vários fatores podem contribuir para que as espécies tenham diferentes níveis de sensibilidade ao fogo. A diferença de sensibilidade ao fogo também tem um importante papel na dinâmica do ecótono cerrado-mata. Ecótono é a região de transição / contato entre dois biomas(ou zona de formações distintas), normalmente é uma região de alta diversidade biológica.

A vegetação deste bioma ocorre em variados tipos de solo, entretanto em sua maioria são profundos, ácidos, bem drenados, pobres em nutrientes e com alta saturação de alumínio, (PRHBP, 2011).

Dentre as fitofisionomias do bioma Cerrado encontradas na bacia do Paranaíba estão a Mata Ciliar, a Mata de Galeria, as Veredas e o Campo úmido. Segundo a Lei Federal Nº 12.651 de 25 de maio de 2012 que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e o Código Florestal Brasileiro, as Matas ciliares e de galeria bem como as Veredas são formações vegetais consideradas como áreas de preservação permanente- APP.

As APP's precisam ser mantidas intocadas, em casos de degradação da mesma deve-se prever a imediata recuperação. Ainda conforme a lei citada acima, toda a vegetação natural que se encontre as margens dos rios, e ao redor de nascentes e de reservatórios, deve ser preservada. De acordo com o código florestal brasileiro, a largura da faixa de mata ciliar a ser preservada está relacionada com a largura do curso d'água.

Apesar de serem protegidas por Leis bastante restritivas, ainda é acelerado o processo de antropização dessas áreas que vem sofrendo com a exploração desordenada e predatória de suas APP's. Essa degradação pode causar sérios danos ambientais como: perda de qualidade da água, erosão e perda de nutrientes do solo, aumento de pragas das lavouras, assoreamento dos rios e enchentes, alterações e desequilíbrios climáticos e conseqüentemente redução da atividade pesqueira, (PRHBP, 2011).

Uma alternativa que tem dado muito certo, na busca pelo equilíbrio ecológico destas áreas e também tem possibilitado alguns serviços ambientais essenciais na utilização sustentável das

mesmas são os corredores ecológicos. O PRHBP (2011, pág.158) define corredor ecológico como:

Estes constituem-se em uma área estrategicamente destinada à conservação ambiental em escala regional. Compreende uma rede de áreas protegidas, intercalado por áreas com variáveis graus de ocupação humana. O manejo é integrado para ampliar a possibilidade de sobrevivência de todas as espécies, a manutenção de processos ecológicos e evolutivos e o desenvolvimento de uma economia regional baseada no uso sustentável dos recursos naturais. Uma das premissas básicas em estratégias de conservação é que a biodiversidade não está distribuída de forma homogênea no planeta. Assim, os Corredores Ecológicos (ou Corredores de Biodiversidade) são estabelecidos em áreas de grande importância biológica, ou seja, onde se concentra a maior parte da diversidade biológica.

b) Mata Atlântica- Segundo o Decreto Lei n. 750/1993, o Domínio da Mata Atlântica, é definido como:

O espaço que contém aspectos fitogeográficos e botânicos que tenham influência das condições climatológicas peculiares do mar incluindo as áreas associadas delimitadas segundo o Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE,1993) que inclui as Florestas Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, manguezais, restingas e campos de altitude associados, brejos interioranos e encaves florestais da Região Nordeste (RBMA, 2011apud PRHBP, 2011 pág. 171).

O Bioma Mata Atlântica abriga a maioria das cidades e regiões metropolitanas do Brasil, os grandes polos industriais, químicos, petroleiros e portuários. Desta forma, a Mata original encontra-se reduzida a cerca de 7% (300 mil km²) e as nascentes e mananciais presentes na mesma sob forte pressão, constituindo-se em um dos fatores que tem contribuído para a crise hídrica que vivenciamos (PRHBP, 2011).

A vegetação do bioma Mata Atlântica é caracterizada por uma fisionomia alta e densa, os níveis vegetacionais inferiores compreendem um ambiente sombrio e úmido, dependente do estrato superior, (FLAUZINO et all, 2010). As formações vegetais encontradas ao longo da sua extensão variam em função do solo, clima e relevo de cada região. Sendo assim:

Para além do Planalto Atlântico, em direção ao interior onde a precipitação anual diminui e o clima exibe sazonalidade bem definida, ocorre à floresta estacional, classificada em decidual ou semidecidual. Nesse contexto, extensões de floresta estacional semidecidual e pequenos fragmentos de floresta ombrófila densa são encontrados no sudoeste da Bacia do Rio Paranaíba, numa área que engloba o sul de

Goiás, o nordeste do Mato Grosso do Sul e o norte e oeste do Triângulo Mineiro. (PRHBP, 2011 pág. 173)

Ao analisarmos a vegetação da Bacia do Paranaíba, identificamos um avanço na ocupação das áreas da mesma, com isso cresceu também o desmatamento regular ou não. Neste contexto, o PRHBP (2011, pág. 194) chama a atenção para a vegetação remanescente dos biomas da bacia em 2008: o bioma cerrado possuía uma área de remanescentes florestais de 51,54% da cobertura original, partindo da premissa que a área total do bioma é igual a 2.039.386 km². As áreas desmatadas do bioma cerrado correspondem a 47,84% e os corpos d'água a 0,61%, “a taxa média anual do desmatamento esta na ordem de 0,69%.”

Sobre o bioma Mata Atlântica destacamos que ele abrange uma área de 1.103.961 km² sendo que 75,88% de cobertura vegetal foi suprimida conforme dados de 2008, restando apenas 22,25% de vegetação nativa remanescente. Os corpos d'água correspondem aos outros 1,87%. Na bacia em estudo essa vegetação remanescente pode ser localizada ao Norte, na região Centro- Sul e especificamente ao longo do rio Paranaíba, (ROSA e SANO, 2014).

A figura 7 busca espacializar a vegetação nativa remanescente dos biomas Cerrado e Mata Atlântica na área da bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

Mapa da vegetação nativa Remanescente

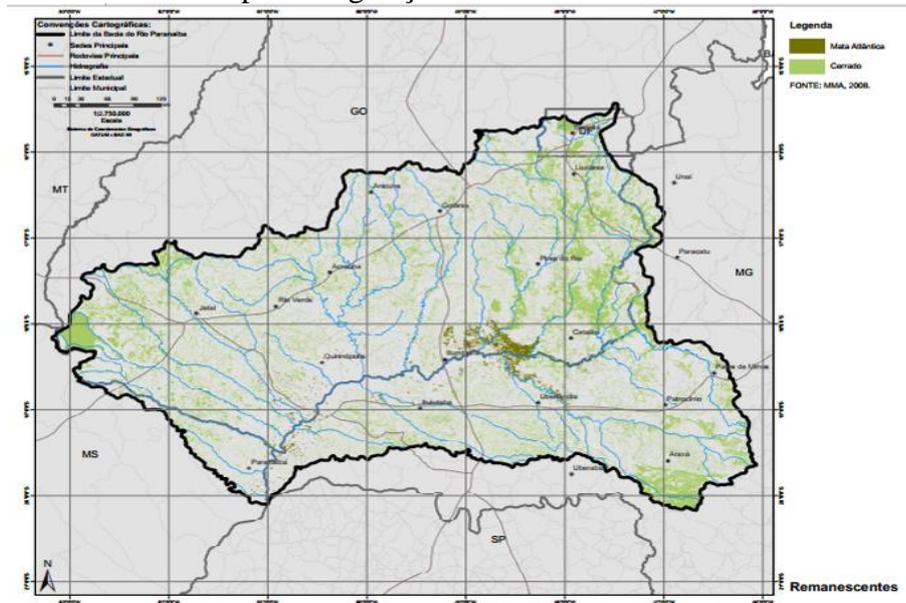


Figura 8: Vegetação Nativa Remanescente
Fonte: PRHBP (2011, pág. 195)

Hidrografia

O Brasil encontra-se dividido hidrograficamente de acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH através da Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, em 12 regiões hidrográficas. A Região Hidrográfica do Paraná está subdividida em seis unidades hidrográficas: Paraná, Paranaíba, Grande, Tietê, Paranapanema e Iguaçu. A unidade que será analisada por este estudo é a bacia do Paranaíba representada pela cor cinza na figura 8.

Com base no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba- PRHBP (2011) a bacia abrange quatro rios de esfera federal em sua área: o rio Paranaíba, o rio São Marcos, o rio Corumbá e o rio Aporé. O rio Paranaíba, juntamente com o rio Grande, é um dos formadores do rio Paraná. A partir dos municípios de Coromandel/MG e Guardamora/MG, o rio Paranaíba forma a divisa natural de Minas Gerais com Goiás e, já próximo de sua foz, de Minas Gerais com Mato Grosso do Sul.

Por ser uma bacia hidrográfica extensa territorialmente, se faz necessário separar as unidades de gestão hídrica- UGHs que são representadas pelas divisões hidrográficas estaduais para realização da gestão dos recursos hídricos na área de estudo, a figura 9 representa as UGHs da bacia do Paranaíba em cada estado pertencente a mesma.

Os aquíferos de um modo geral são unidades geológicas que comportam quantidades significativas de água subterrânea. Outro conceito apresentado pela Associação Brasileira de Águas Subterrâneas- ABAS refere-se à aquífero como sendo, somente, o material geológico capaz de servir de depósito e de transmissor da água aí armazenada.

Na área da bacia hidrográfica do rio Paranaíba podem ser individualizados nove Sistemas Aquíferos de maior representatividade sendo eles: Cristalino Sudeste de Goiás; Canastra; Paranoá; Araxá; Bambuí; Aquidauana; Guarani; Serra Geral e Bauru.

Esses sistemas aquíferos possuem diferentes graus de porosidade conforme a ANA (2013, pág. 121), podendo ainda ser subdivididos nos domínios fraturado, cárstico ou poroso.

- ✓ Os sistemas fraturados são constituídos predominantemente por rochas cristalinas, metamórficas ou magmáticas, submetidas a deformações rúpteis, responsáveis pela geração de falhas e fraturas que originaram os compartimentos capazes de armazenar a água. Dessa forma, o potencial de cada sistema está relacionado com a densidade, interconexão e espaçamento entre estas estruturas.
- ✓ Os sistemas cársticos estão representados por litotipos carbonáticos submetidos a processos de dissolução, com a formação de estruturas cársticas subterrâneas preenchidas por água. Quanto à potencialidade destes aquíferos, a mesma está

intimamente relacionada com o desenvolvimento do processo de carstificação, com a formação de espaços para armazenamento da água e sua respectiva conectividade. A presença de fraturas pode, além de facilitar os processos de dissolução, tornar as camadas carbonáticas descontínuas e intercaladas a outras rochas, gerando aquíferos com grandes potenciais de exploração.

✓ Os sistemas porosos incluem rochas com porosidade intergranular, além de rochas porosas afetadas por fraturas gerando porosidades secundárias planares. De uma forma geral, o potencial destes sistemas associa-se com a espessura das camadas saturadas, aliadas às taxas de precipitação pluvial e penetratividade das estruturas rúpteis.

LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO PARANÁ E SUAS SUB- BACIAS

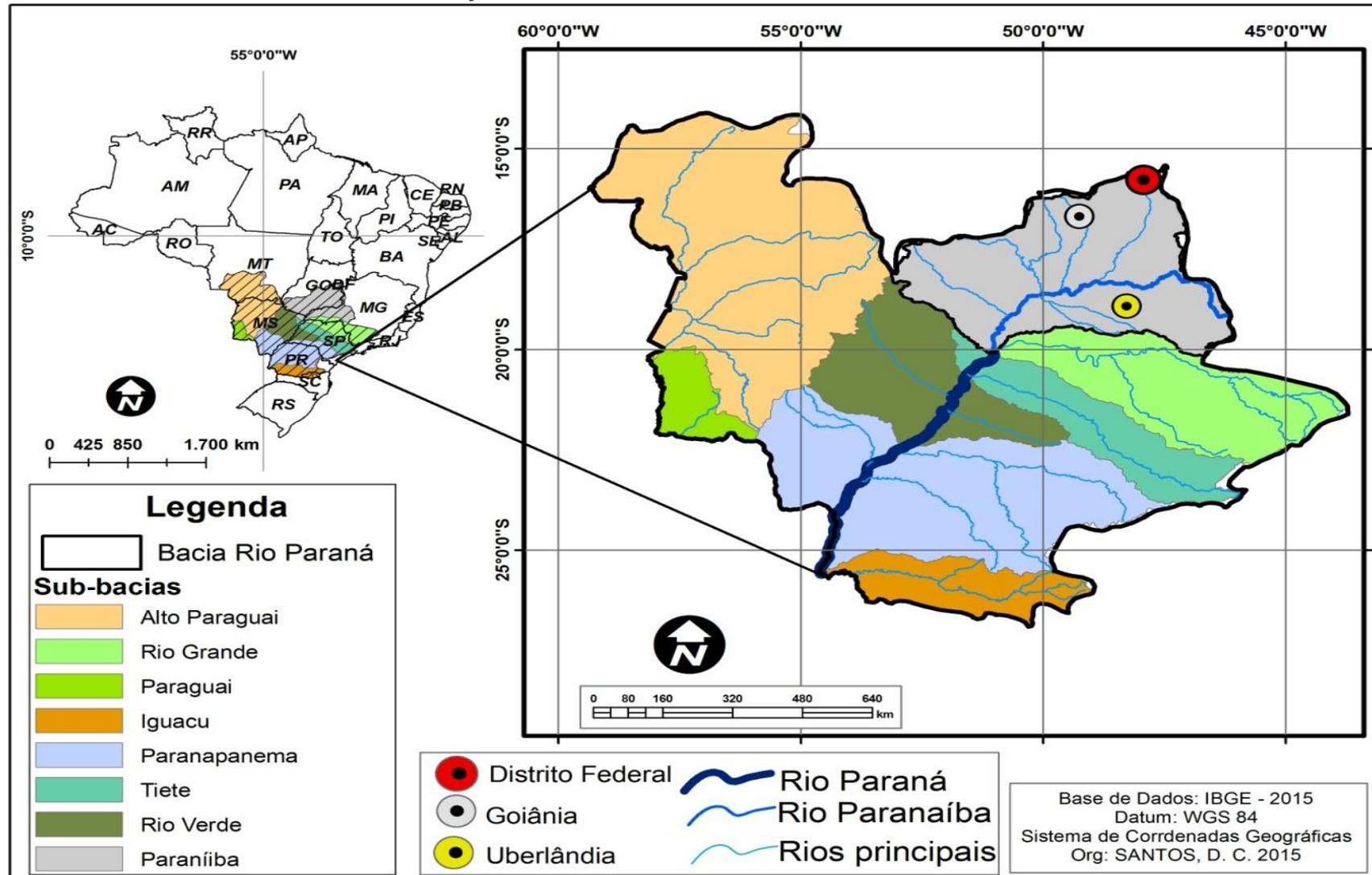


Figura 9: Localização da Bacia hidrográfica do Rio Paraná. Organizado pela autora

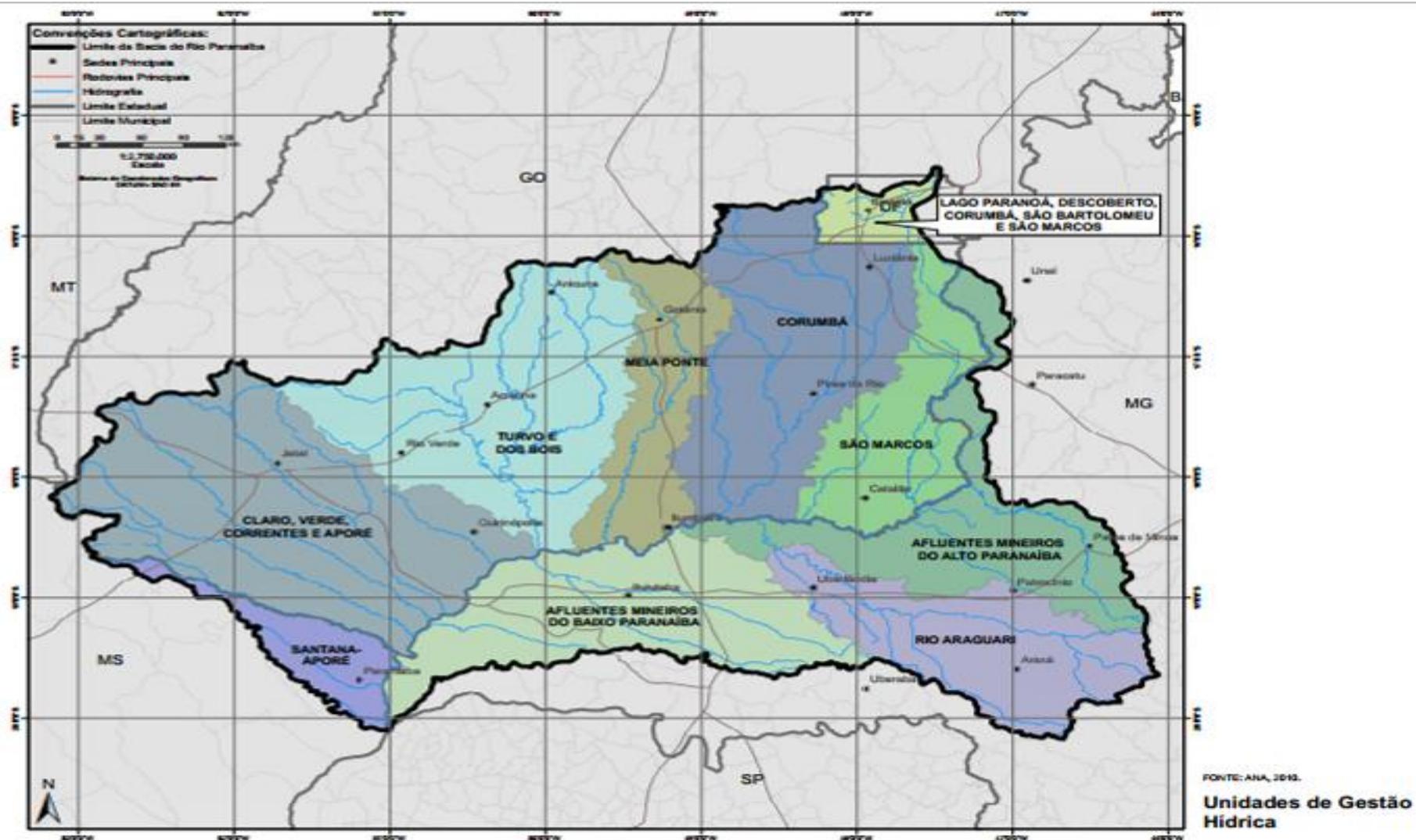


Figura 10: UGHs na bacia do Paranaíba
Fonte: PRHBP (2011, pág. 78)

CAPITULO III

4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Seleção de dados de pluviosidade da rede de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA)

Buscou-se criar uma distribuição relativamente uniforme dos postos na área da bacia, para atender ao tratamento estatístico e geração das informações para a execução dos demais procedimentos. Os postos pluviométricos selecionados contam com um intervalo de dados de no mínimo 30 anos, necessário a análise de variabilidade e tendências.

A qualidade dos dados também foi considerada, especialmente quanto à presença de lacunas na série temporal, sendo excluídos das análises os anos que apresentaram mais de um mês de falha nos dados da estação chuvosa (outubro a março), que é um dos objetos de análise desta pesquisa.

No quadro 4 e figura 10 são apresentados os postos adotados nesta pesquisa. Os postos utilizados estão localizados no interior da bacia e foram os mesmos analisados por Silva (2014) em pesquisa dedicada à delimitação da estação chuvosa, identificação e contagem de veranicos, com exceção apenas dos postos localizados no entorno que foram utilizados apenas na interpolação dos mapas.

Quadro 4: Dados dos postos pluviométricos da ANA adotados para a pesquisa

Localização dos postos pluviométricos							
MINAS GERAIS (MG)							
	Código do Posto	Município	Nome do Posto	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados disponível
1	1947001	Santa Juliana	Santa Juliana	-19,32	-47,53	950	1973-2013
2	1846002	Patrocínio	Charqueada do Patrocínio	-18,93	-46,97	960	1973-2013
3	1946004	Ibiá	Ibiá	-19,48	-46,54	855	1973-2013
4	1849000	Ituiutaba	Ituiutaba I	-18,94	-49,46	563	1973-2013
5	01847001	Estrela do Sul	Estrela do Sul	-18,74	-47,69	461	1973-2013
6	1949002	Prata	Fazenda Buriti do Prata	-19,36	-49,18	517	1973-2013
7	02047037	Sacramento	Desemboque	-20,01	-47,02	960	1973-2013
GOIÁS (GO)							
	Código do Posto	Município	Nome do Posto	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados disponível
8	1647002	Cristalina	Cristalina	-16,76	-47,61	1239	1974-2013
9	1649006	Inhumas	Inhumas	-16,35	-49,5	747	1973-2013
10	1648001	Alexânia	Ponte Anápolis-Brasília	-16,08	-48,51	1087	1973-2013
11	1752003	Mineiros	Ponte do Cedro	-17,58	-52,6	690	1973-2013
12	1751001	Jataí	Ponte Rio Doce	-17,86	-51,4	755	1973-2013
13	1750001	Paraúna	Fazenda Nova do Turvo	-17,08	-50,29	509	1973-2013
14	1850001	Goiatuba	Fazenda Aliança	-18,1	-50,03	447	1973-2013
15	1749001	Varjão	Fazenda Boa Vista	-17,11	-49,69	558	1973-2013
16	1851001	Aporé	Campo Alegre	-18,52	-51,09	670	1973-2013
17	1848007	Buriti Alegre	Corumbazul	-18,24	-48,86	547	1973-2013
18	1951001	Itajá	Itajá	-19,14	-51,53	436	1973-2013
19	1748000	Cristianópolis	Cristianópolis	-17,2	-48,72	829	1974-2013
20	1650003	Turvânia	Turvânia	-16,61	-50,13	700	1974-2013
DISTRITO FEDERAL (DF)							
	Código do Posto	Município	Nome do Posto	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados disponível
21	1547004	Brasília	Brasília-015	-15,79	-47,92	1160	1973-2013
22	1548000	Brasília	Brazlândia (Quadra 18)	-15,67	-48,22	1106	1974-2013
Localização dos postos pluviométricos do entorno da bacia							
MINAS GERAIS (MG)							
	Código do Posto	Município	Nome do Posto	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados disponível
1	1949005	Comendador Gomes	Comendador Gomes	-19,7	-49,08	-	1976-2013
2	1950000	Iturama	Iturama	-19,75	-50,19	-	1976-2013
3	1746002	Paracatu	Santa Rosa	-17,26	-46,47	490	1973-2013
4	1846005	Presidente Olegário	Presidente Olegário	-18,41	-46,42	-	1975-2013
5	1946009	São Gotardo	São Gotardo	-19,32	-46,04	-	1975-2013
GOIÁS (GO)							
	Código do Posto	Município	Nome do Posto	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados disponível
6	1651000	Caiapônia	Caiapônia	-16,95	-51,81	713	1973-2011
7	1649007	Itaberaí	Itaberaí	-16,03	-49,8	726	1974-2013
8	1752002	Mineiros	Fazenda São Bernardo	-17,69	-52,98	750	1973-2013
9	1547002	Planaltina	Planaltina	-15,64	-47,65	991	1974-2013
MATO GROSSO DO SUL (MS)							
	Código do Posto	Município	Nome do Posto	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados disponível
10	1951005	Inocência	Inocência	-19,74	-51,93	502	1983-2013

Fonte: ANA (2012). Organizado pela autora

LOCALIZAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS

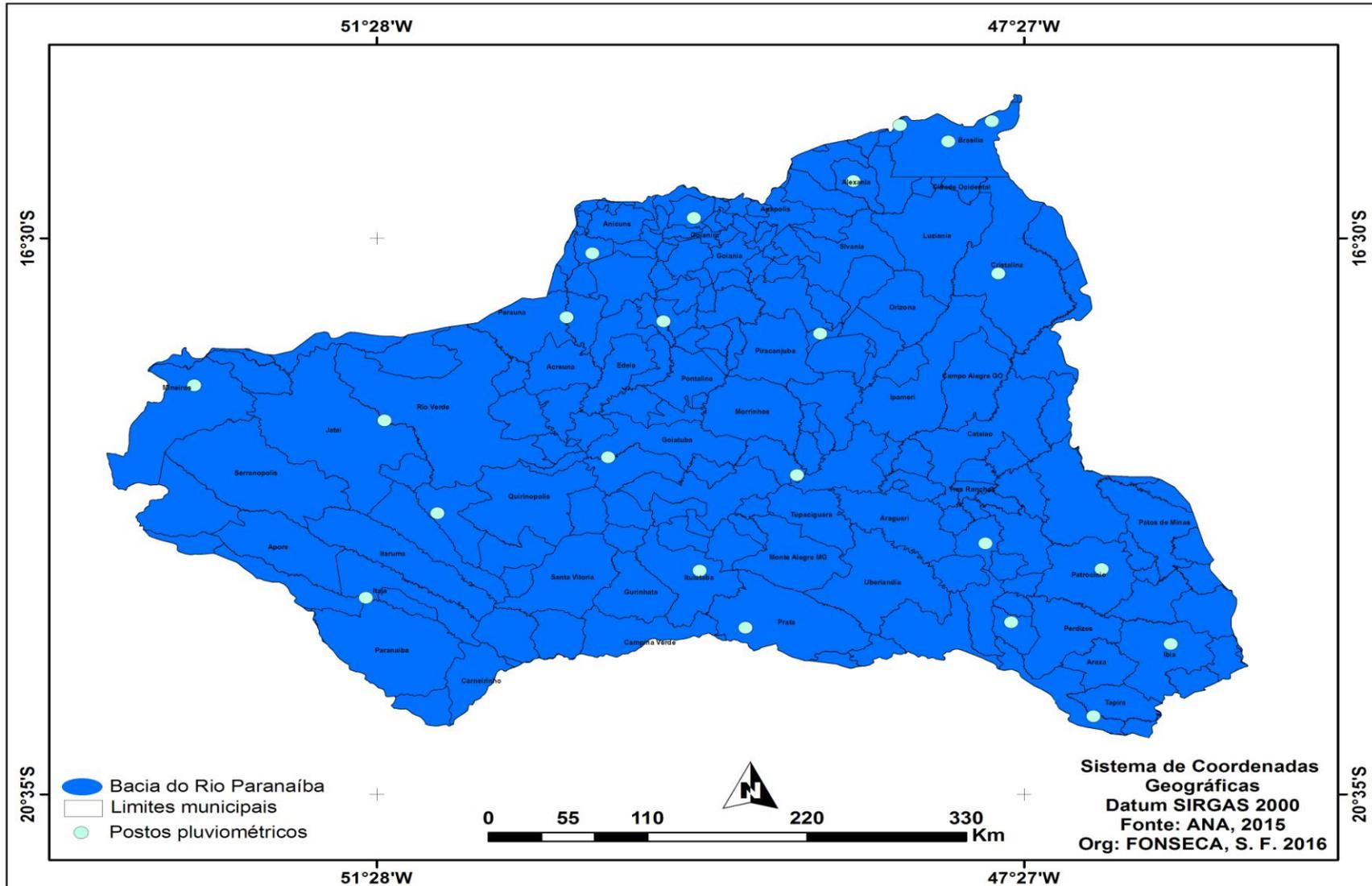


Figura 11: Localização dos 22 postos pluviométricos

4.2 Aplicação de ferramentas estatísticas para identificar o quadro de variabilidade pluviométrica

Os dados foram baixados no site da Agência Nacional de Águas- ANA através do link Hidroweb, tabulados no software Hidro 1.2, também fornecido gratuitamente no mesmo endereço eletrônico. Posteriormente foram exportados para o Excel. Um tratamento prévio dos dados é parte imprescindível no processo de análise pluviométrica. Neste caso, os primeiros procedimentos estatísticos a serem adotados foram: cálculo da média, cálculo da mediana e da moda. Depois foi analisada a amplitude, que diz respeito à diferença entre os valores mínimos e máximos das séries históricas.

Variabilidade anual da precipitação

Nas análises de variabilidade anual da precipitação foi utilizado o desvio quartílico das chuvas anuais. Através do cálculo da mediana foram delimitados o quartil superior e inferior de modo que a amplitude entre o terceiro e o primeiro quartil abranja 50% dos dados analisados, sendo, portanto classificados como habituais. O quartil inferior e superior abrangem 25% cada um, sendo classificados como anos secos e anos chuvosos, respectivamente.

Foram delimitadas as classes pluviométricas para cada um dos 22 postos pluviométricos. Os dados utilizados apresentaram amplitude significativa principalmente em função da extensão da área de estudo e intensa variabilidade.

Variabilidade mensal da precipitação

Para analisar a variabilidade pluviométrica mensal foram adotados os seguintes passos:

- a) Elaboração de pluviograma, onde se calcula o percentual que cada mês contribui para o total pluviométrico anual através de uma regra de três simples;
- b) Confecção de uma tabela contendo os dados de pluviosidade mensal, onde foi calculada a média da precipitação dos 22 postos, sendo feito este mesmo cálculo individualmente para cada mês em todos os anos da série histórica;
- c) Análise da contribuição de cada mês em relação ao total do ano correspondente utilizando a regra de três simples, destacando ainda o mês mais chuvoso da série histórica em cada posto;
- d) Elaboração de quadro contendo os meses mais secos e mais chuvosos da série histórica, através da aplicação de um gradiente de cor onde os meses mais secos correspondem as cores mais claras e os meses mais chuvosos são representados pelas cores mais escuras.

Curva de permanência

A análise da curva de permanência foi feita utilizando o software Hidro 1.2. Cada posto pluviométrico da série histórica que compreende os anos de 1973 a 2013 teve sua curva de permanência calculada. Neste sentido, foram elaboradas as curvas de permanência diárias para a Bacia do Paranaíba, com base na média dos valores de frequência da precipitação.

4.3 Aplicação de técnicas de análise de tendências pluviométricas

De acordo com Ferreira (2012), existem varias metodologias que podem ser aplicadas à previsão em séries temporais.

Detectar se há aumento ou redução progressiva de temperatura ou pluviosidade em escala mesoclimática é fundamental para a identificação de externalidades produzidas pelas mudanças no uso do solo ou pelas mudanças climáticas globais sobre os regimes hidrológicos das bacias hidrográficas. As chuvas e a disponibilidade de recursos hídricos afetam atividades humanas diversas, incluindo pesca, navegação, abastecimento público de água, agricultura e produção de energia hidroelétrica. (FERREIRA, 2012 pág.318)

Nesta pesquisa lançamos mão de duas possibilidades metodológicas na análise de tendência: O Teste do Sinal e a Regressão Linear. Para estas análises utilizamos as séries históricas disponíveis para os postos da Bacia do Paranaíba já elencados no tópico 4.1 deste trabalho.

- a) Teste do Sinal- a série temporal foi dividida em duas sub-séries de igual tamanho, seguindo a cronologia original. Em seguida foi calculada a diferença para cada par conforme equação abaixo:

$D_i = X_i - Y_i$ <p>Se $D_i > 0$, ao par é atribuído um sinal positivo (+) Se $D_i < 0$, ele recebe um sinal negativo (-) Se $D_i = 0$ exclui-se o par de observações e o tamanho da amostra é reduzido. Onde: D_i= Série Temporal Completa; X_i= Sub-Série I e Y_i= Sub-Série II.</p>
--

Ainda conforme Ferreira (2012, pág.321):

Se o número de sinais positivos for aproximadamente igual ao número de sinais negativos a tendência indica manutenção do comportamento da variável estudada. Se o sinal negativo prevalecer admite-se que está havendo tendência de aumento (a primeira sub-série apresenta valores menores). Se prevalecer o sinal positivo a situação é de redução da variável estudada (a primeira sub-série apresenta valores maiores).

- b) Regressão Linear- A linha de tendência pluviométrica foi feita através da análise de regressão linear com a variável tempo. Em teoria, se ela for estendida para os anos que dão continuidade à série histórica é possível prever os valores futuros, utilizando-se da equação da reta (FERREIRA, 2012 pág.320).

CAPÍTULO IV

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Sazonalidade Pluviométrica

A estação chuvosa na Bacia do Paranaíba tem início predominantemente no dia 28 de outubro e se encerra no dia 02 de abril. A sazonalidade na bacia é marcante como mostra o gráfico 3. A bacia do Paranaíba apresenta algumas especificidades do ponto de vista paisagístico, sendo uma delas a variação altimétrica, que influenciam diretamente o clima, causando diferenças consideráveis em relação às áreas com menor altimetria, por exemplo.

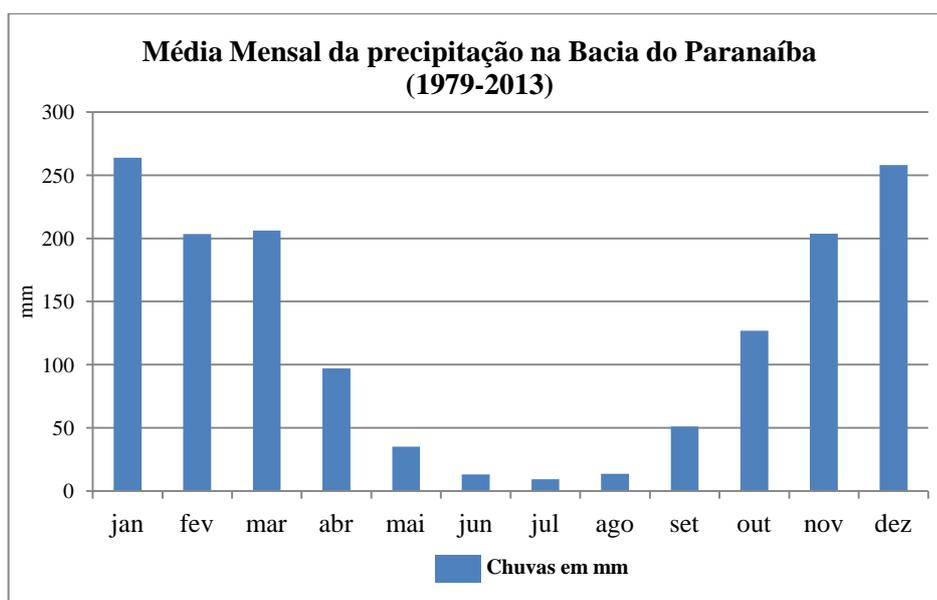


Gráfico 3: Média das alturas pluviométricas mensais na Bacia do Paranaíba
Dados: ANA (2015). Org. SANTOS., D. C.

Ainda no gráfico 3, que reforça a presença da sazonalidade na área da bacia do Paranaíba observa-se que o ano inicia com alturas pluviométricas elevadas, em média 260 mm, e se mantém até meados do mês de abril quando abaixa consideravelmente pois tem início a estação seca. Nos meses de junho, julho e agosto identificam-se as menores médias da estação

seca. Entretanto, a partir deste último mês, já é possível observar um novo aumento das alturas pluviométricas que chegam a uma média de 250 mm no mês de dezembro.

Para entender a variação espacial das médias mensais da precipitação na bacia, gerou-se a tabela 2 que traz estes dados referentes a cada posto pluviométrico selecionado para análise nesta pesquisa, conforme listados na metodologia. São dados que compreendem uma série de 35 anos (1979-2013) e que demonstram a variação entre a média das estações chuvosa e seca e a amplitude que representa a diferença entre a maior e a menor média de cada mês.

Tabela 2: Média mensal da precipitação em postos pluviométricos da Bacia do Paranaíba

Posto	Município	Média mensal da precipitação na Bacia do Paranaíba												
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
1947001	Santa Juliana	306	223	204	90	45	17	10	13	51	139	215	298	1611
1846002	Patrocínio	291	210	199	78	35	15	14	13	55	114	229	328	1595
1946004	Ibiá	270	185	172	83	42	15	13	12	47	121	195	270	1429
1849000	Ituiutaba	261	192	175	76	31	14	11	14	51	122	177	257	1397
1847001	Estrela do Sul	289	212	207	75	34	12	11	9	39	126	206	291	1516
1949002	Prata	279	224	182	89	32	17	11	12	53	116	170	261	1443
2047037	Sacramento	314	217	207	111	49	22	17	17	65	141	210	295	1660
1647002	Cristalina	249	194	229	95	28	7	4	12	42	126	221	270	1476
1649006	Inhumas	213	198	187	100	33	6	6	6	39	133	201	214	1376
1648001	Alexânia	240	195	210	124	25	8	6	12	56	135	220	260	1484
1752003	Mineiros	239	213	195	111	50	18	10	19	59	119	168	207	1420
1751001	Jataí	247	209	231	119	45	15	10	22	62	118	214	245	1512
1750001	Paraúna	235	195	193	90	25	11	4	10	43	120	183	224	1357
1850001	Goiatuba	270	189	213	98	34	12	9	14	48	129	214	262	1469
1749001	Varjão	268	218	227	95	24	10	7	11	51	122	215	254	1497
1851001	Aporé	301	244	259	108	48	23	16	24	75	138	200	243	1671
1848007	Buriti Alegre	232	164	189	72	29	11	8	13	32	98	179	236	1276
1951001	Itajá	293	192	202	92	52	22	16	16	63	129	163	250	1493
1748000	Critianópolis	270	193	204	86	23	7	4	11	48	113	213	241	1424
1650003	Turvânia	259	215	214	102	31	12	5	10	51	137	218	254	1503
1547004	Brasília	221	195	206	133	32	6	7	15	51	161	240	252	1528
1548000	Brasília	256	199	230	108	27	6	4	13	43	135	231	263	1529
	Média	264	203	206	97	35	13	9	14	51	127	204	258	1485
	Maximo	314	244	259	133	52	23	17	24	75	161	240	328	1671
	Mínimo	213	164	172	72	23	6	4	6	32	98	163	207	1276
	Amplitude	101	80	87	61	29	17	13	18	43	63	77	121	395

Dados: ANA (2015). Org. SANTOS, D. C.

Pode-se observar na tabela 2 que o mês com maior amplitude entre os dados é dezembro, com 121 mm de diferença entre as médias de Patrocínio (328 mm) e Mineiros (207 mm). Como aponta a tabela 2, a amplitude do total anual foi de 395 mm, registrada entre a média anual de Aporé (1671 mm) e Buriti Alegre (1276 mm).

A média mensal dos dias com chuva pode ser observada na tabela 3, e também demonstra variabilidade de precipitação na bacia do Paranaíba. Nos meses mais chuvosos a média de dias com chuva foi 18 e nos meses mais secos foi registrada média de apenas 1 dia com

chuva. Dentre os 22 postos pluviométricos analisados percebe-se ainda uma variação entre os dias com chuva quando se analisa os totais anuais, que varia de 134 dias em Brasília e 91 dias em Paraúna e Buriti Alegre.

Tabela 3: Média Mensal de dias Chuvosos nos Postos Pluviométricos da Bacia do Paranaíba

Posto	Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	total
1947001	Santa Juliana	18	14	15	8	4	2	1	2	5	10	14	19	112
1846002	Patrocínio	17	13	14	7	4	2	2	2	5	10	15	18	107
1946004	Ibiá	17	13	13	7	4	2	2	2	5	10	14	18	107
1849000	Ituiutaba	17	14	13	6	3	2	1	2	5	10	13	17	104
1847001	Estrela do Sul	18	15	16	8	4	2	1	1	5	11	15	19	115
1949002	Prata	16	14	13	6	3	2	1	2	4	8	11	16	97
2047037	Sacramento	20	16	17	10	5	3	2	2	6	11	15	21	129
1647002	Cristalina	18	14	15	9	3	1	1	1	5	10	17	20	115
1649006	Inhumas	18	16	16	9	4	1	1	1	4	11	15	18	117
1648001	Alexânia	19	15	17	10	3	1	1	1	5	11	16	19	116
1752003	Mineiros	16	14	15	8	4	2	1	2	5	8	11	15	102
1751001	Jataí	16	14	15	7	4	1	1	2	5	9	13	16	101
1750001	Paraúna	16	13	13	6	3	1	1	1	4	9	13	15	91
1850001	Goiatuba	17	14	15	7	3	1	1	1	5	9	14	16	103
1749001	Varjão	19	16	15	7	3	1	1	1	5	10	15	18	111
1851001	Aporé	16	14	14	8	4	2	1	2	5	8	11	15	100
1848007	Buriti Alegre	17	12	12	5	3	1	1	1	4	7	12	16	91
1951001	Itajá	15	12	12	6	4	2	1	2	5	8	11	15	95
1748000	Critianópolis	19	14	15	8	2	1	0	1	5	10	15	19	110
1650003	Turvânia	18	16	16	8	3	1	1	1	5	10	14	17	108
1547004	Brasília	19	16	17	11	4	1	1	2	6	14	19	22	134
1548000	Brasília	15	13	14	8	2	1	1	2	4	9	14	17	99
	Média	17	14	15	8	3	2	1	2	5	10	14	18	107

Dados ANA (2015). Org. SANTOS, D. C.

Nos meses de outubro a março percebe-se uma maior ocorrência de dias chuvosos. Dezembro apresenta 18 dias com chuva em média e é o mais chuvoso, seguido por janeiro com 17 dias chuvosos em média, março com 15 dias, fevereiro e novembro com 14 dias chuvosos em média e outubro com uma média de 10 dias. Já os meses de abril a setembro foram

considerados menos chuvosos e a média varia de 1 a 8 dias com chuva em cada mês como mostra os dados da tabela 3.

5.2 Acumulado de Chuvas nas Estações Chuvosa e Seca

A estação chuvosa na bacia do Paranaíba recebe 85% da precipitação anual, e ocorre em média a partir do dia 28 de outubro se estendendo até o dia 02 de abril, como já foi mencionado. Acumula em média 1262 mm do total pluviométrico da bacia e apresenta uma média de 88 dias com registro de chuvas como apontam as tabelas 2 e 3.

O acumulado de chuva na bacia do Paranaíba durante a estação chuvosa apresenta uma média de 1262 mm. O maior acumulado foi registrado em Aporé, com uma média de 1385 mm, e o menor valor acumulado de chuvas ocorre no posto pluviométrico de Buriti Alegre, com média de 1098 mm. O gráfico 4 aponta uma variação de 287 mm em toda a área da bacia do Paranaíba.

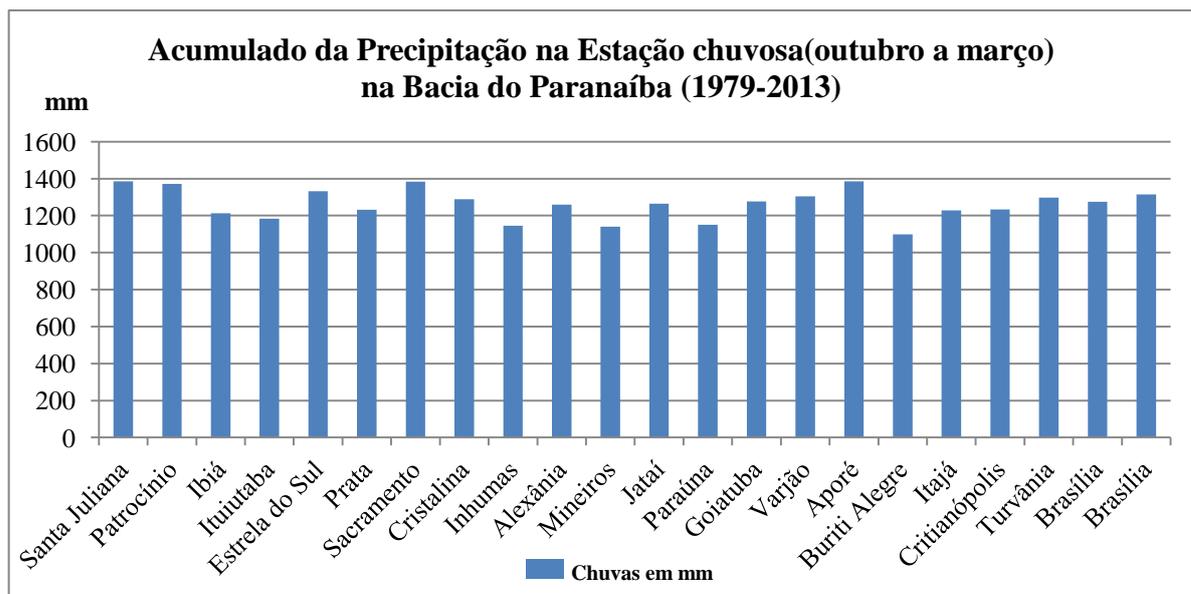


Gráfico 4: Acumulado da precipitação na Estação Chuvosa
Dados: ANA (2015). Org. SANTOS., D. C.

A estação seca na bacia em estudo começa no mês de abril e se estende até meados do mês de outubro. Os totais pluviométricos durante esta estação caem muito em relação aos totais observados na estação chuvosa acumulando, em média, 219 mm que correspondem a 15% do total anual como mostram as tabelas 2 e 3.

O gráfico 5 traz a variação entre os postos pluviométricos, com o acumulado de chuvas na estação seca, variando em 129 mm. O posto pluviométrico de Aporé registra a maior média do total de chuvas 294 mm, já o posto de Buriti Alegre apresenta o menor acumulado de chuvas no período um total de 165 mm. A média geral para os 22 postos pluviométricos no período que compreende os meses de abril a setembro foi de 219 mm, como aponta o gráfico 5.

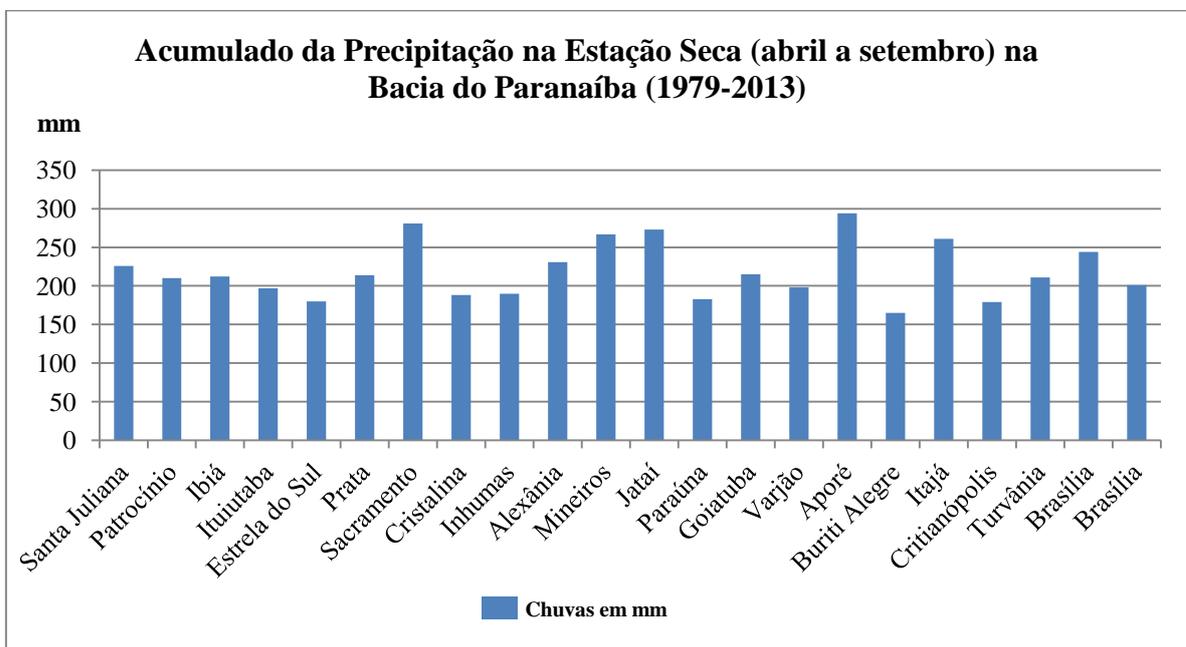


Gráfico 5: Acumulado da precipitação na Estação Seca
Dados: ANA (2015). Org. SANTOS., D. C.

5.3 Variabilidade Pluviométrica Anual

Para análise da variabilidade pluviométrica anual, tomaram-se por base os dados de 22 estações pluviométricas distribuídas espacialmente na bacia do Paranaíba. Estes dados compreendem uma série histórica de 35 anos (1979- 2013). Ao observar os dados, nota-se que a precipitação pluviométrica na bacia varia em quantidade e distribuição, apresentando ao longo da série histórica anos chuvosos, secos e habituais.

A variação média anual da precipitação na bacia do Paranaíba pode ser observada no gráfico 6. O ano de 1983 apresenta maior média de precipitação na bacia. Entretanto o ano que apresentou maior amplitude entre os dados foi 1980 (1790 mm), sendo que Patrocínio registrou 2991 mm de precipitação e Goiatuba registrou apenas 1200 mm.

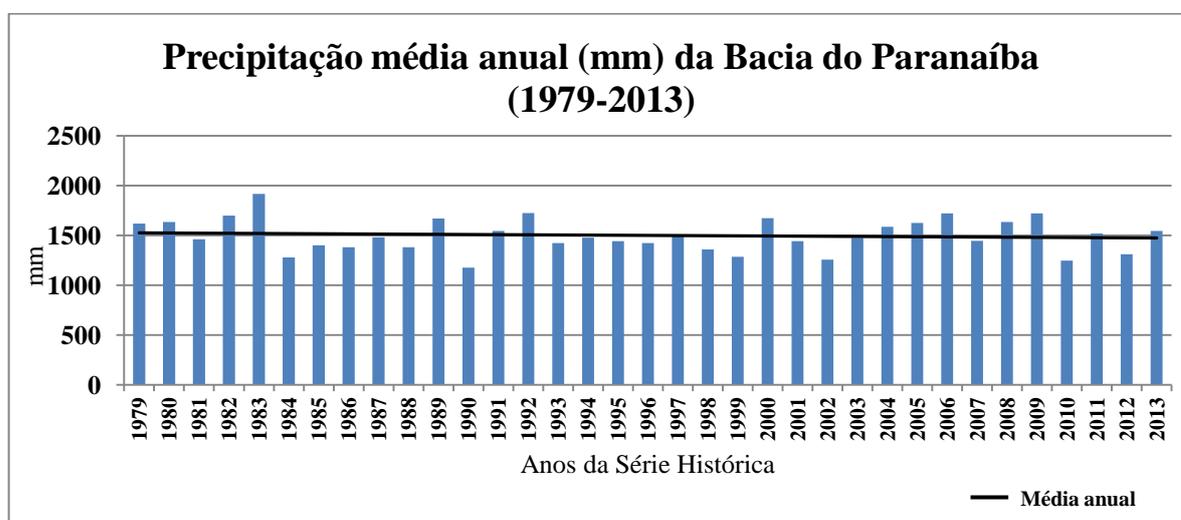


Gráfico 6: Precipitação média anual na Bacia do Paranaíba (1979-2013)
Dados: ANA (2015). Org. SANTOS., D. C.

Através do gráfico 6 identificamos que os anos de 1981, 1987, 1994, 1997, 2001, 2003 e 2007 apresentaram chuvas mais próximas a média e foram classificados no quadro 5 como habituais.

Nos anos de 1985,1986,1988,1989,1993,1996,2000,2003,2004,2005,2006 e 2009 observa-se também o comportamento habitual na maioria dos postos pluviométricos analisados. Convém ressaltar que nesses anos quase não houve classificação dos postos em seco, e sim em habituais ou chuvosos. Por isso, a classificação dos mesmos com base na análise da maior classe verificada na série foi de habituais tendendo a chuvoso, como aponta o quadro 5.

Com base no quadro 5, o ano considerado mais chuvoso foi o de 1983 que foi classificado em 82% dos postos como chuvoso, os outros 18% dos postos pluviométricos foram classificados como habituais. Não houve neste ano nenhum posto classificado como seco. Portanto, este pode ser considerado como habitual tendendo a chuvoso.

Posto	Município	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13		
1947001	Santa Juliana	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		
1846002	Patrocínio	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		
1946004	Ibiá	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		
1849000	Ituiutaba	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		
1847001	Estrela do Sul	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		
1949002	Prata	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		
2047037	Sacramento	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		
1647002	Cristalina	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH		
1649006	Inhumas	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	
1648001	Alexânia	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	
1752003	Mineiros	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	
1751001	Jataí	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	
1750001	Paraúna	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	
1850001	Goiatuba	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1749001	Varjão	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1851001	Aporé	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1848007	Buriti Alegre	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1951001	Itajá	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1748000	Cristianópolis	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1650003	Turvânia	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1547004	Brasília	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
1548000	Brasília	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
Legenda		SECOS					HABITUAIS					CHUVOSOS					AUSÊNCIA DE DADOS																					

Quadro 5: Classificação dos anos da serie histórica (1979- 2013) em Secos, Habituais e Chuvosos

Fonte: SANTOS, D.C.

Os anos de 1982, 1989, 1991, 1992, 200, 2006 e 2009 também foram classificados predominantemente como chuvosos, o que demonstra uma variação espacial considerável, visto que este comportamento foi observado em mais de 50% dos postos durante os anos supracitados.

Já os anos de 1984, 1985, 1990, 1999, 2001, 2002, 2010 e 2012 foram classificados em sua maioria como habituais ou secos, sendo entendidos para fins de análise como habituais tendendo a secos pois apresentou ao longo da série histórica a maior parte dos anos classificados em habituais ou secos, em alguns destes anos não houve registro de nenhum ano chuvoso ,como mostra o quadro 5. O ano considerado menos chuvoso foi 1990 que apresentou 73% dos postos classificados como seco.Convém destacar que nenhum posto pluviométrico neste ano foi classificado como chuvoso.

É notório na análise pluviométrica a variabilidade anual dos dados da série histórica, ou seja, podem ocorrer anos mais secos e mais chuvosos. Assim também ocorre com a variabilidade mensal da precipitação. Pode-se calcular o percentual de contribuição do mês em relação ao total pluviométrico do ano correspondente.

O uso do desvio quartílico para classificar os anos da série histórica em habituais, secos e chuvosos facilitou a análise e interpretação dos resultados. O gradiente de cor aponta que os anos com cor mais clara tendendo ao branco são mais secos, os anos com cor intermediária são os habituais e os com cor mais escura são os mais chuvosos, como demonstrado no quadro 5.

Através da classificação dos anos em habituais, secos e chuvosos feita pelo cálculo do desvio quartílico foi possível entender o comportamento das chuvas na bacia do Paranáiába, bem como visualizar a variação espacial anual, pois cada posto pluviométrico apresenta uma especificidade ligada principalmente a sua localização dentro da bacia. Portanto, ficou evidenciado com esta análise que existe uma variabilidade pluviométrica significativa na bacia em estudo.

Análise do Desvio Padrão

O desvio padrão é uma importante medida de dispersão obtida por meio da raiz quadrada da variância. Indica como os dados se comportam em torno da média dos valores. No caso desta pesquisa o desvio padrão (DP) vai indicar como os dados referentes às chuvas na bacia do Paranaíba vão se apresentar frente a media anual pluviométrica de cada posto de coleta analisado.

Através do gráfico 8 tem-se a análise do desvio padrão médio, onde os valores mais próximos ao zero caracterizam a menor ocorrência de variabilidade. Neste caso, os valores de chuvas estarão próximos a média. Já os valores mais altos configuram chuvas muito mais elevadas ou muito menores à média. Foi calculada a média somada e subtraída do desvio padrão e contado o número de anos abaixo e acima desse número, caracterizando maior ou menor quantidade de anos chuvosos (gráfico 8).

O gráfico 8 traz a média da pluviosidade anual para os 22 postos pluviométricos estudados por esta pesquisa. A linha vermelha representa a media da pluviosidade por posto subtraída do

desvio padrão médio e a linha verde indica a média de chuvas somada aos valores de desvio padrão médio.

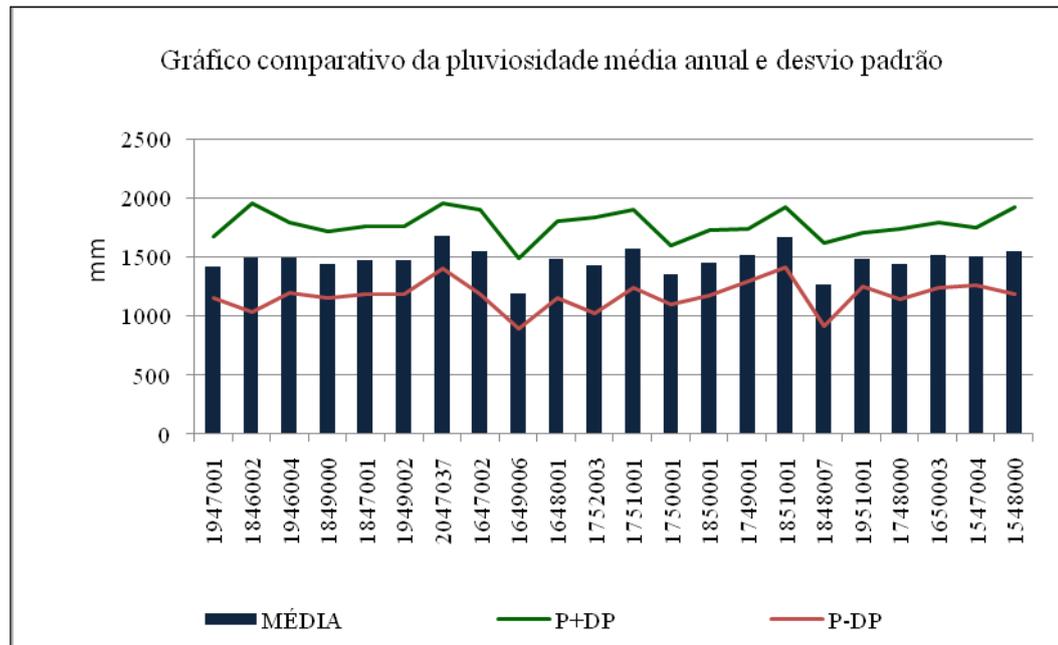


Gráfico 7: Comparativo da pluviosidade e desvio padrão
Dados: ANA (2015) Org. SANTOS, D. C.

5.4 Variabilidade Mensal das chuvas

O entendimento da variabilidade mensal das chuvas parte da premissa que as estações chuvosa e seca são determinantes na classificação de um mês como chuvoso ou seco. Quando classificou-se os anos em habituais, secos e chuvosos foi identificado que existe na bacia do Paranaíba uma variação anual dos totais pluviométricos. Esta por sua vez varia no espaço e no tempo.

É possível identificar qual foi o mês mais chuvoso e o mais seco de cada estação através do cálculo do percentual de contribuição mensal em relação ao total anual em análise. Para isso, lançou-se mão do pluviograma que demonstra em números (%) a contribuição mensal para os

totais anuais de precipitação. Utilizou-se a cor branca para destacar a fonte dos meses mais chuvosos em cada ano da série histórica.

Através da análise da tabela 4, pode-se inferir que as chuvas concentram-se predominantemente nos meses de outubro a março. O mês de janeiro em 40% dos anos é o mais chuvoso, seguido pelos meses de fevereiro e dezembro. A estação chuvosa que abrange os meses citados no início deste parágrafo contribui com 85% do total anual e a estação seca (meses de abril a setembro) contribuem com 15%, como mostra a tabela 4.

Ao verificar a estação chuvosa, percebe-se que o mês de outubro apresenta o menor percentual de contribuição anual, em média 8%, chegando em alguns anos como 1980, 1991, 2000, 2002 e 2012 a contribuir com apenas 5% do total anual. Isto pode ser explicado pelo fato da estação chuvosa ter início no dia 28 de outubro, conforme Silva (2014), o que daria apenas quatro dias com chuva. Entretanto, a intensidade desta chuva é determinante para o baixo percentual de contribuição do mês.

O mês de novembro por sua vez contribui em média com 13% do total anual, como mostra a tabela 4. Os anos que registraram os maiores percentuais de contribuição do mês na série histórica foram 1996 e 2010 com 19% do total anual seguidos pelo ano de 1981 com 18% do total. Por sua vez os anos com menores registros foram 1982 e 1986 que contribuíram com apenas 8% do total anual.

Tabela 4: Pluviograma da Bacia Hidrográfica do Paranaíba

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1979	22	14	10	4	3	0	1	1	5	7	14	18
1980	22	21	5	8	2	2	0	1	4	5	13	18
1981	16	6	17	4	1	2	0	0	1	14	18	18
1982	24	9	18	4	4	1	1	1	3	9	8	17
1983	22	14	12	7	2	1	2	0	4	10	11	15
1984	14	10	14	10	3	0	0	5	5	9	12	18
1985	31	10	17	7	1	0	1	0	3	7	10	13
1986	18	13	14	4	4	0	2	4	3	6	8	22
1987	14	12	14	10	2	1	0	0	4	10	15	19
1988	13	21	16	10	2	1	0	0	1	9	11	15
1989	14	15	11	4	2	2	2	3	5	6	14	24
1990	17	13	13	7	5	0	2	4	6	12	13	10
1991	22	15	20	7	1	0	0	0	2	5	11	16
1992	18	14	11	9	2	0	0	1	7	11	14	13
1993	13	12	12	11	4	0	0	2	9	12	12	14
1994	22	10	20	5	2	1	1	0	0	7	15	16
1995	15	20	13	8	6	1	0	0	3	8	11	14
1996	14	12	15	6	2	0	0	2	5	7	19	16
1997	23	7	15	6	4	6	0	0	5	8	12	14
1998	15	17	12	7	4	0	0	3	3	9	16	14
1999	18	14	17	3	1	1	0	0	5	7	16	18
2000	17	17	16	3	0	0	1	2	7	5	16	16
2001	14	10	14	5	5	0	0	2	4	8	17	21
2002	19	24	13	1	2	0	1	1	5	5	12	18
2003	25	11	18	7	2	0	0	1	2	6	14	15
2004	21	19	12	9	2	0	1	0	0	8	10	17
2005	22	10	17	3	2	1	0	1	4	6	16	19
2006	12	13	18	8	1	0	0	1	4	13	12	17
2007	28	15	8	6	2	0	1	0	0	6	13	21
2008	19	17	14	10	1	0	0	1	2	6	12	18
2009	15	13	11	10	2	1	0	2	6	9	13	20
2010	15	11	15	5	1	0	0	0	3	10	19	20
2011	17	13	23	6	0	1	0	0	1	13	9	17
2012	24	15	11	6	3	4	0	0	3	5	17	13
2013	21	11	14	8	2	1	0	0	2	8	15	17
Média	19	14	14	7	2	1	1	1	4	8	13	17
Mediana	18	13	14	7	2	0	0	1	4	8	13	17
Mínimo	12	6	5	1	0	0	0	0	0	5	8	10
Máximo	31	24	23	11	6	6	2	5	9	14	19	24

Dados: ANA (2015). Org. SANTOS, D.C.

Dezembro contribui com uma média de 17% do total anual, sendo classificado como menos chuvoso no ano de 1990 onde o percentual de contribuição foi de apenas 10%. Já no ano de 1989 o mês de dezembro contribui com 24% do total pluviométrico anual (Tabela 4).

Com relação ao mês de janeiro a contribuição média foi de 19% do total anual, sendo que os menores valores registrados foram nos anos de 1988, 1993 e 2006. Os dois primeiros contribuíram com 13% respectivamente e o último com apenas 12% do total anual conforme tabela 4.

Fevereiro por sua vez contribui com 14% em média da pluviosidade anual. O mínimo registrado foi no ano de 1981 em que o mês contribui com apenas 6% do total anual. Já no ano de 2002 foi registrada a maior contribuição de fevereiro em relação ao total anual, 24% como mostra tabela 4.

Em março observa-se que a média é de 14% da precipitação anual. O menor valor registrado foi no ano de 1980 apenas 5% do total anual. Já o valor máximo foi no ano de 2011 com 23% do fornecimento de chuvas ao total anual (Tabela 4).

È evidente que na estação seca ocorre um recuo na quantidade de chuvas. Portanto, a partir do mês de abril os dados se apresentam com médias inferiores as descritas até o presente momento. Com base no pluviograma (Tabela 4) observa-se que o mês mais chuvoso da estação seca é abril, que contribui com uma média de 7% do total anual. O menor registro deste mês foi em 2002 quando contribui com apenas 1% do total anual.

No mês de maio as chuvas são praticamente insignificantes contribuindo com apenas 2% do total anual. Os menores registros foram nos anos de 2000 e 2011 que não contribuíram com os totais anuais de precipitação. Já o valor máximo foi registrado no ano de 1995, que contribuiu com 6% do total anual.

Os meses de junho, julho e agosto configuram o apice da estação seca e portanto não foram registradas chuvas significativas nesse período. Os três meses apresentaram o mesmo percentual de contribuição como aponta a tabela 4, que foi de 1%. O valor máximo registrado foi no mês de junho com contribuição igual a 6% do total anual. O mês mais seco é julho que apresenta como valor máximo de contribuição apenas 2% do total. O trimestre junho, julho e agosto somam juntos 65 dias sem registro de precipitação em toda a bacia do Paranaíba

Com relação ao mês de setembro nota-se uma leve mudança nos percentuais de contribuição. Por ser um mês da estação seca este contribui com uma média de 4% do total anual. Os menores valores registrados foram em 1994, 2004 e 2007. Já o maior valor de contribuição registrado foi no ano de 1993 com 9% do total anual.

Com o uso do pluviograma é possível entender o comportamento pluviométrico de cada mês nas estações chuvosa e seca, dando um panorama da variabilidade que ocorre mês a mês e seu impacto nos acumulados anuais. Neste contexto, a análise mensal vem agregar valor e dar credibilidade a análise anual das chuvas que será reforçada a seguir pela análise da variabilidade diária.

5.5 Variabilidade Diária das chuvas: Curvas de permanência

A Curva de permanência consegue sintetizar, em apenas um gráfico, a frequência dos eventos diários da série histórica. Por isso é uma importante ferramenta para análise da variabilidade diária das chuvas.

Através do gráfico 7 pode-se inferir que em 20% do tempo ocorrem chuvas diárias acima de 5 mm na bacia do Paranaíba, em 10% do tempo as chuvas são superiores a 10 mm e em apenas 4% do período ocorrem chuvas com mais de 20 mm.

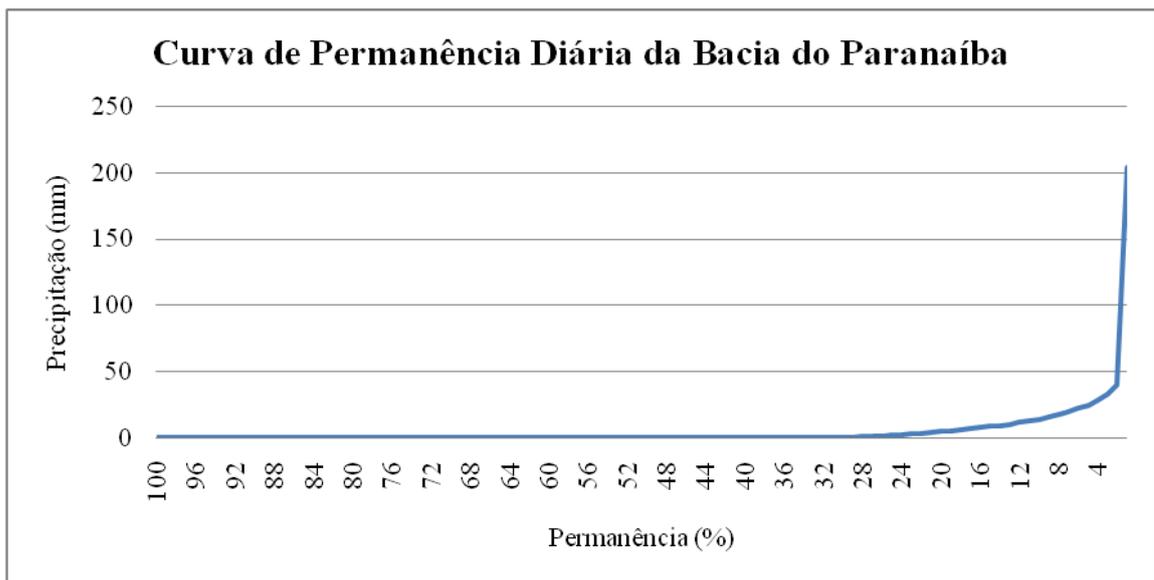


Gráfico 8: Curva de Permanência Diária da Bacia do Paranaíba
Dados: ANA (2015) Or. SANTOS, D.C.

Entender a curva de permanência geral da bacia hidrográfica do rio Paranaíba auxiliou no processo de análise dos dados diários de chuvas. Indicou que as precipitações na área estudada tem uma frequência basicamente constante, pois praticamente não varia entre os extremos máximo e mínimo.

A relação entre as chuvas e a frequência com elas ocorrem é expressa através do gráfico 7, observa-se que as chuvas com mais de 20 mm é igualada ou superada em menos de 5% do tempo. A metodologia adotada para a estimativa da curva de permanência diária para cada estação foi pautada na seleção dos dados de precipitação diária dos anos de 1979 a 2013, o resultado foram os gráficos dispostos no quadro 6.

Percebe-se no quadro supracitado que os eventos pluviométricos são concentrados, ou seja, as chuvas com maior volume ocorrem em curtos espaços de tempo. Alguns problemas são gerados em decorrência deste fato, como o escoamento superficial concentrado e as enchentes que geram prejuízos socioeconômicos para a população que reside nessas áreas.

Em contrapartida, se as chuvas mais significativas são concentradas em poucos dias e provavelmente em poucas horas desses dias, tem-se a ocorrência de longos períodos sem chuvas intensas, ou até mesmo sem registro de chuvas (veranicos). Isso também vai ocasionar danos principalmente ao setor agropecuario que sofrera com o déficit hídrico.

Neste contexto, entende-se que tanto as chuvas concentradas como as estiagens extensas provocam problemas de ordem social, econômica e política, afetando diretamente o modo produtivo e também o modo de vida da população que ali reside. O ideal seria que existisse um equilíbrio de modo que as chuvas seriam bem distribuídas ao longo do tempo, mas não foi essa a realidade identificada para a bacia do Paranaíba, como mostra o quadro 6.

Os Postos pluviométricos que apresentaram as maiores alturas pluviométricas diárias no quadro 6 foram: o Posto 01751001 que registrou chuvas superiores a 100 mm em 4% do tempo, o Posto Ponte do Cedro 01752003 apresentou valores de chuvas superiores a 50 mm

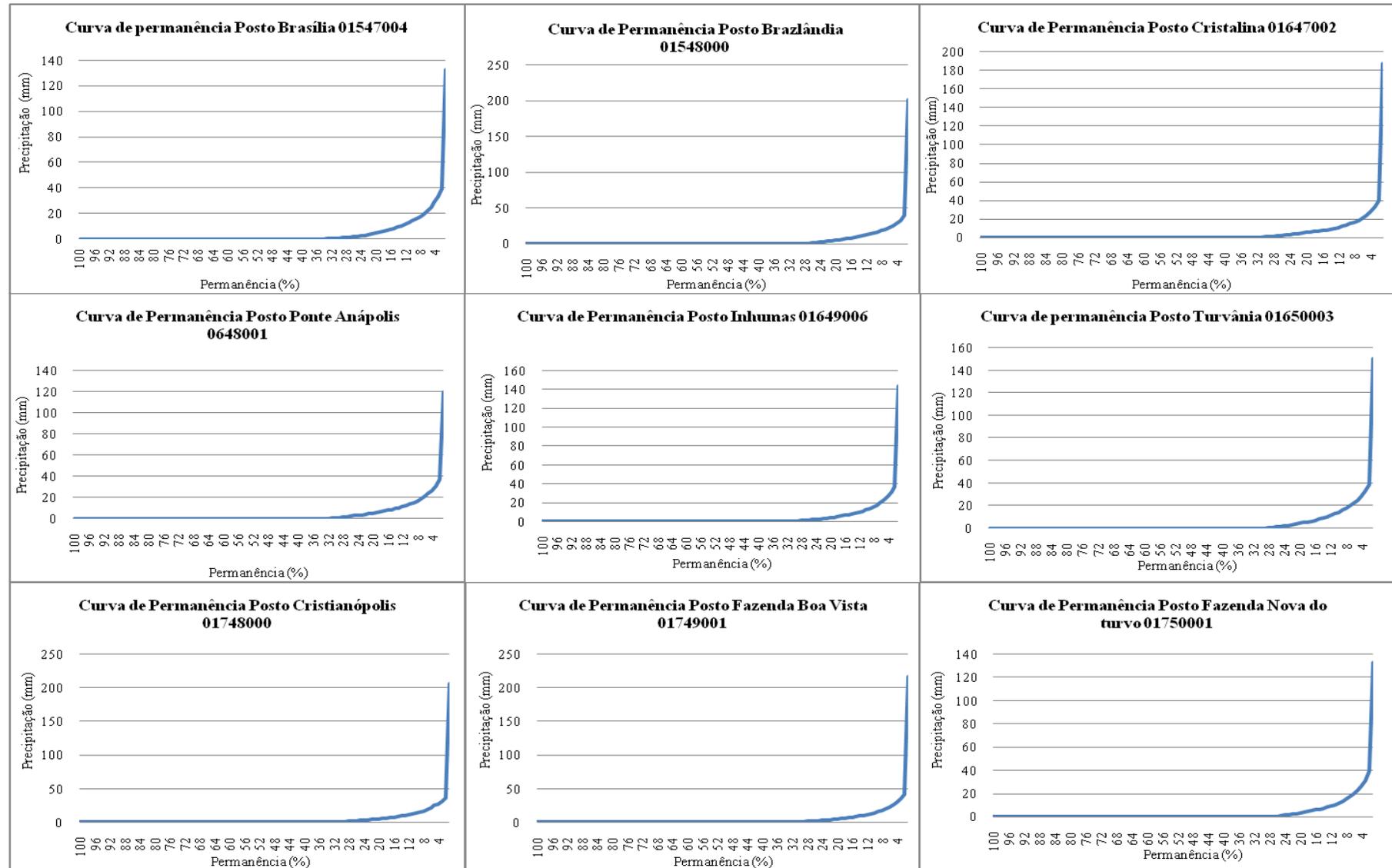
em 4% do tempo. Ambos os postos apresentaram em 20 % do período chuvas acima de 5 mm (quadro 6).

No caso dos dois postos supracitados fica evidente a concentração de muita chuva em poucos dias. Se houvesse a disponibilidade dos dados pluviométricos em horas, por exemplo, talvez fosse possível visualizar a ocorrência desses eventos pluviométricos extremos e concentrados. As chuvas intensas e concentradas em poucos dias/horas podem trazer uma série de prejuízos para a agricultura e também para as cidades, como perda de produção, erosão, alagamentos e deslizamentos.

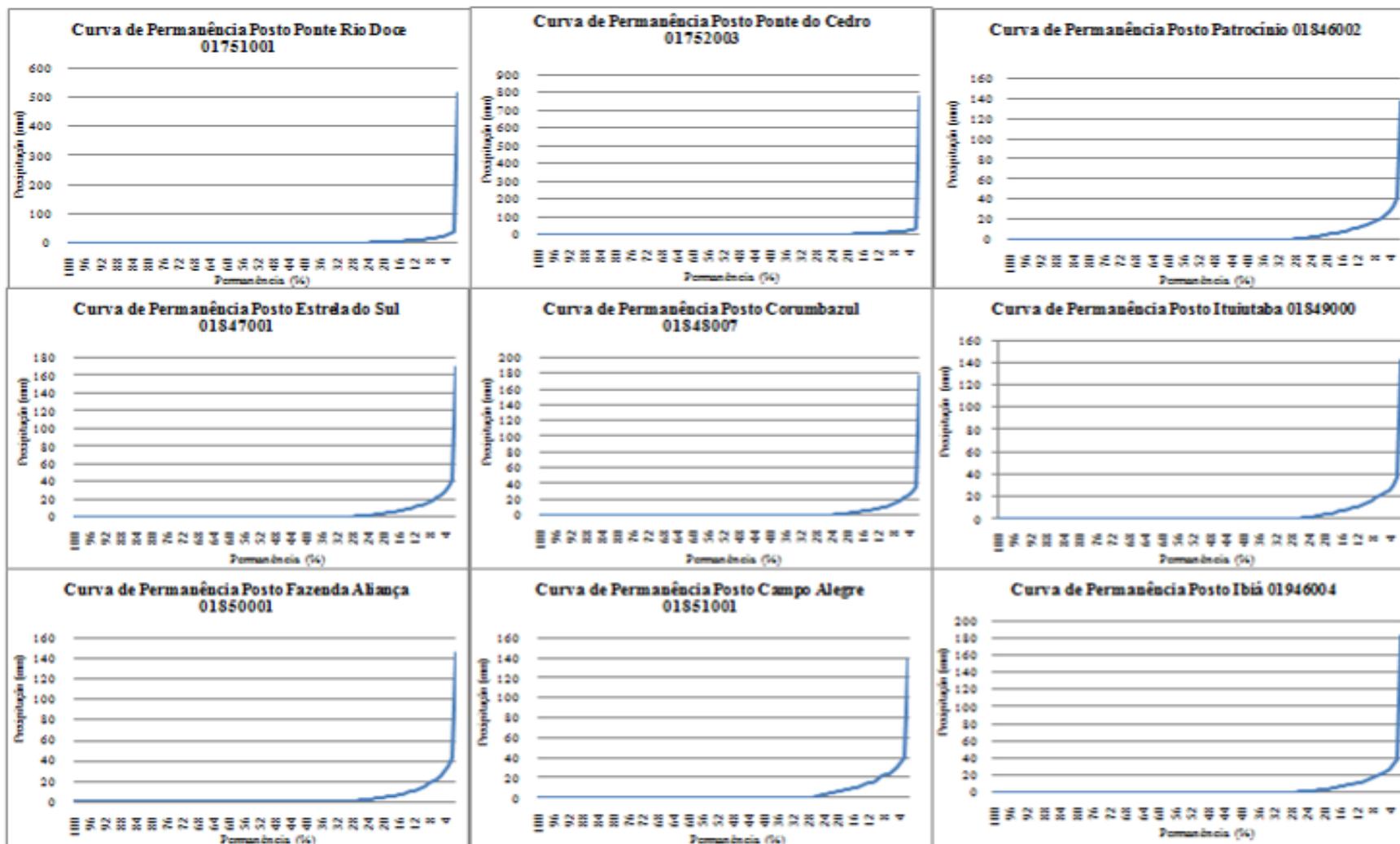
No Posto Pluviométrico de Desemboque 02047037 foi identificado através do quadro 6 que as chuvas ocorrem em 35 % dos dias, apresentando em 20% dos mesmos chuvas acima de 6 mm, em 15% do período ocorrem as chuvas acima de 10 mm e em apenas 5% do tempo tem-se as chuvas acima de 25 mm, o que reforça a questão de que ocorre muita chuva em pouquíssimo tempo, ou seja, chove concentradamente em apenas 5% dos dias.

Os demais postos demonstraram um comportamento semelhante aos supracitados, apresentando precipitações em 20% dos dias, sendo as quantidades mais expressivas neste caso, acima de 10 mm, registradas em 5% dos dias. De um modo geral a curva de permanência mostra a frequência da precipitação de acordo com os valores em milímetros, e o que se observa no quadro 6 é a concentração de muita chuva em poucos dias.

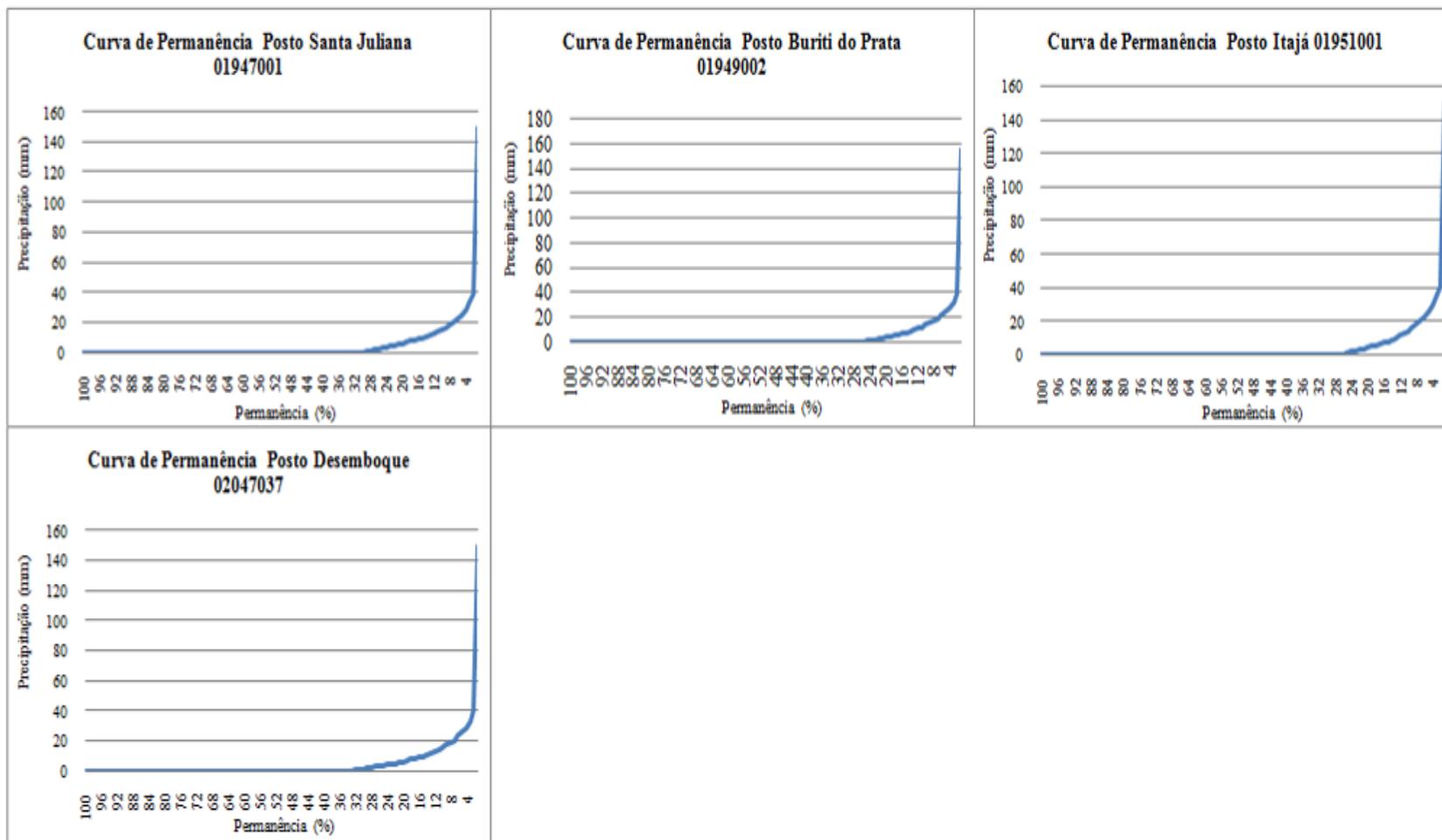
Quadro 6: Curvas de Permanência Diária dos Postos Pluviométricos da Bacia do Paranaíba



Continuação Quadro 6...



Continuação Quadro 6...



Dados: ANA (2015) Org. SANTOS, D.C.

5.6 Análise de tendências utilizando regressão Linear e Teste do Sinal

Analisar tendências em séries históricas é de suma importância para o entendimento do comportamento pluviométrico regional em longo prazo, e também para possíveis previsões de eventos desta natureza. Nesta pesquisa optou-se por utilizar a regressão linear e o teste do sinal para analisar as tendências pluviométricas na bacia do Paranaíba.

Regressão Linear

Foram gerados 22 gráficos de regressão linear, sendo um para cada posto pluviométrico da Bacia do Paranaíba, onde se evidenciou a tendência de redução das chuvas em 46% dos postos, estabilidade em 18% dos postos e aumento das chuvas em 36%. Selecionamos os quatro gráficos mais representativos para compor as discussões sobre tendência de redução, estabilidade ou aumento das chuvas na bacia. Os mesmos estão expostos na figura 11.

No posto Santa Juliana (01947001) está localizado na porção oeste da bacia do Paranaíba, no estado de Minas Gerais e conta com uma série de dados de 49 anos (1965-2014). Com base na figura 11 o maior índice pluviométrico anual registrado foi 2300 mm, e o menor foi 750 mm. Não cabe neste momento analisar os anos em que ocorreram essas alturas pluviométricas e sim entender a tendência de redução do volume total das chuvas na bacia em estudo.

O posto Corumbazul (01848007) está localizado no município de Buriti Alegre no estado de Goiás porção centro oeste da bacia do Paranaíba. A altura máxima de precipitação neste posto foi 1950 mm e a mínima foi 324 mm (figura 11).

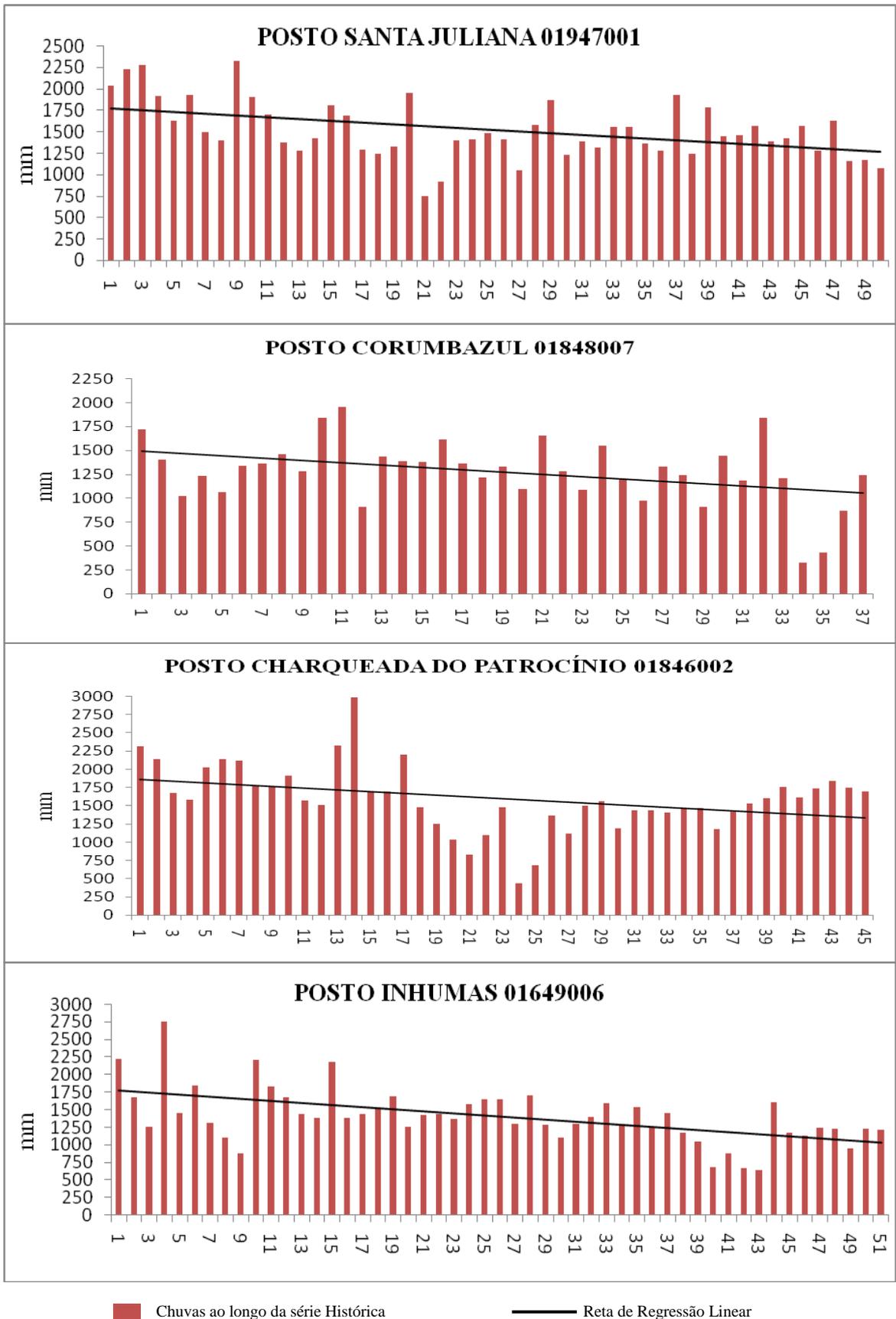


Figura 12: Gráficos de regressão linear indicando redução do volume de chuvas na Bacia do Paranaíba.
 Dados: ANA(2015) Org. SANTOS, D.C.

Observou-se ainda dentre os postos que indicam tendência de redução pluviométrica que o posto Inhumas (01649006) apresentou os menores valores de precipitação ao longo da série histórica analisada. Este posto encontra-se localizado no estado de Goiás porção norte da bacia do Paranaíba e recebeu o valor máximo de 2750 mm de precipitação e o valor mínimo de 638 mm.

No posto Charqueada do Patrocínio (01846002), nota-se que o maior valor registrado foi 2990 mm e o menor valor 430 mm. Este posto está localizado na cidade de Patrocínio em Minas Gerais, porção sudoeste da bacia do Paranaíba.

Quatro postos apresentaram tendência de estabilidade, dois deles localizados no estado de Minas Gerais sendo eles Ibiá (01946004) e Desemboque (02047037), os outros dois postos pluviométricos com tendência a estabilidade encontra-se no estado de Goiás. São eles Fazenda Boa Vista (01749001) e Fazenda Aliança (01850000).

A figura 12 traz os gráficos com tendência a estabilidade. Nota-se que os postos apresentam médias que variam de 1400 a 1700 mm. Os maiores valores registrados foram: 2477 mm no posto de Ibiá, 2552 mm no posto Desemboque, 2249 na Fazenda Boa Vista e 2170 na Fazenda Aliança como mostra a figura 12. Já os menores valores registrados no período foram 775 mm no posto Ibiá, 1120 mm no posto Desemboque, 1060 na Fazenda Boa Vista e 1022 na Fazenda Aliança.

Dos 22 postos analisados 8 apresentaram tendência de aumento nas alturas pluviométricas anuais, dentre eles selecionamos os quatro que apresentaram resultados mais significativos. A figura 13 apresenta os mesmos.

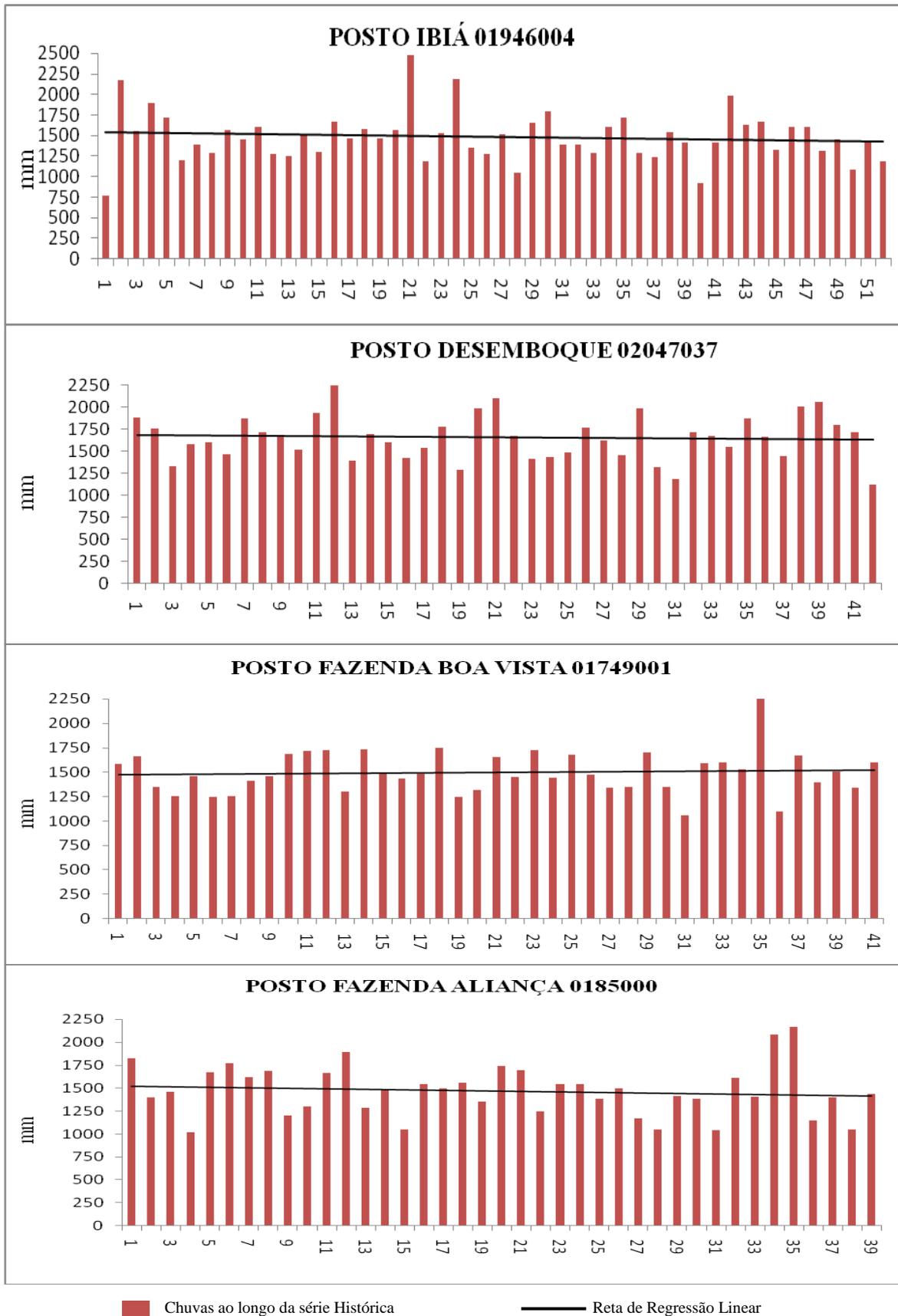


Figura 13: Gráficos de Regressão Linear indicando estabilidade da precipitação na bacia do Paranaíba Dados: ANA (2015) Org. SANTOS, D. C.

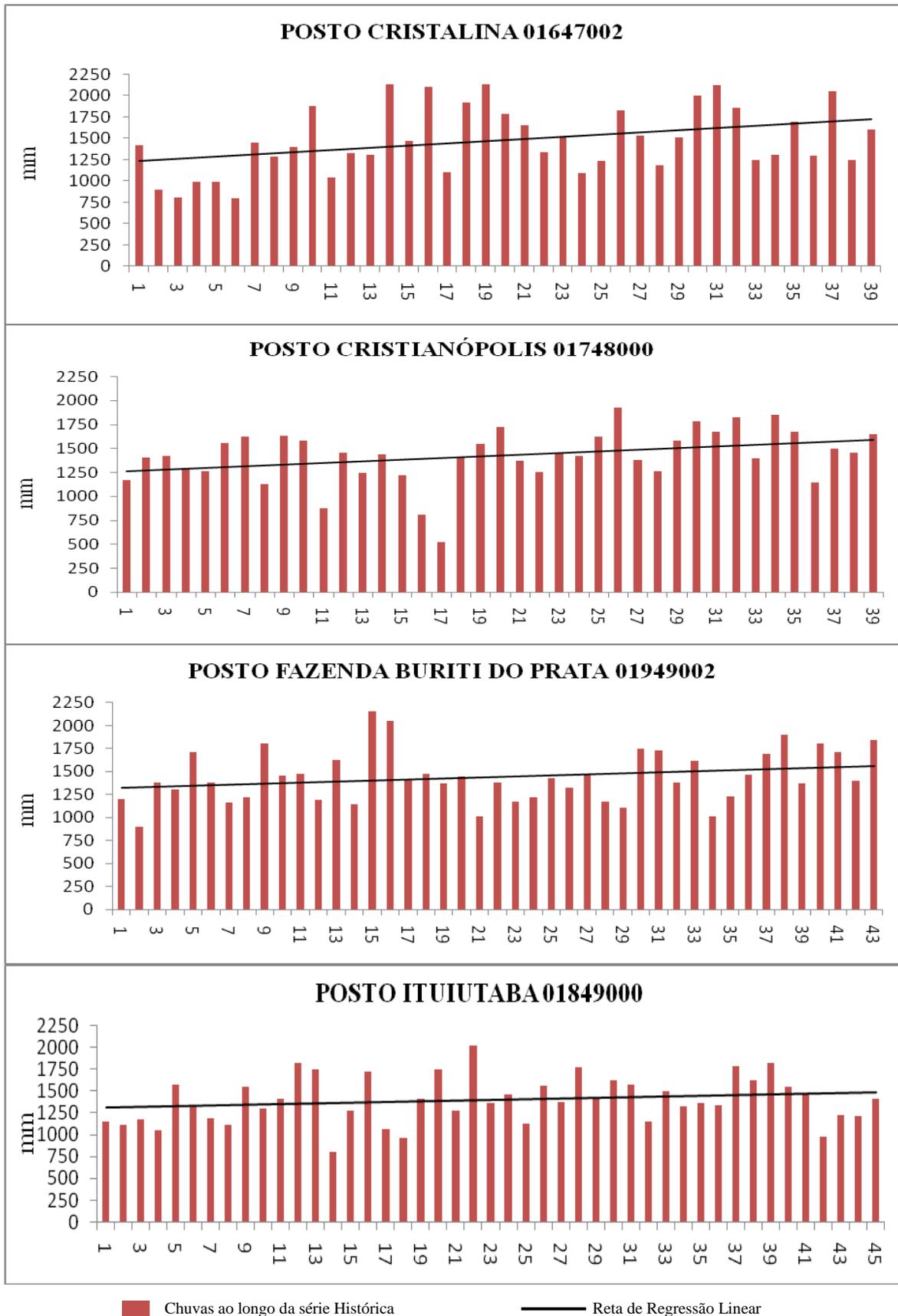


Figura 14: Gráficos que indicam tendência de aumento nas alturas pluviométricas na Bacia do Paranaíba Dados: ANA (2015) Org. SANTOS, D. C.

No posto Cristalina (01647002) percebe-se que o maior valor da série foi 2137 mm já o menor foi 797 mm Este posto localiza-se no estado de Goiás, porção noroeste da Bacia do Paranaíba. O posto Cristianópolis (01748000) apresentou valores máximos iguais a 1923 mm e mínimos de 525 mm. Também se encontra localizado no estado de Goiás na porção centro oeste da bacia em análise.

Já os postos da Fazenda Buriti do Prata (01949002) e Ituiutaba (01849000) localizam-se no estado de Minas Gerais e apresentaram como registros máximos 2155 mm e 2027 mm, respectivamente. Os valores mínimos foram 803 mm em Ituiutaba e 899 mm na Fazenda Buriti do Prata.

Teste do sinal

O teste do sinal também pode ser usado para identificar tendências em séries históricas. Ele deve ser usado em conjunto com outras ferramentas de análise para dar credibilidade aos resultados obtidos. Nesta pesquisa foram gerados 22 gráficos contemplando os postos pluviométricos que indicam tendência de aumento ou redução nas alturas pluviométricas.

As séries foram divididas em duas sub-series com o mesmo tamanho respeitando a ordem crescente dos anos. Foram considerados em média 30 pares de dados para cada gráfico. O objetivo desta metodologia é identificar se o sinal negativo vai prevalecer, o que indica uma tendência de aumento na quantidade de precipitação anual. Se o sinal positivo se sobressair ao negativo o gráfico indicará redução da pluviosidade.

Iniciaremos a análise partindo dos gráficos que indicam aumento nas alturas pluviométricas. São eles: Cristalina (01647002), Campo Alegre (01851001), Fazenda Boa Vista (01749001), Fazenda Buriti do Prata (01949002), Ituiutaba (01849000), Cristianópolis (01748000) e Ponte Rio doce (01751001). Como são muitos gráficos optou-se por utilizar na discussão apenas os dois mais representativos (figura 14).

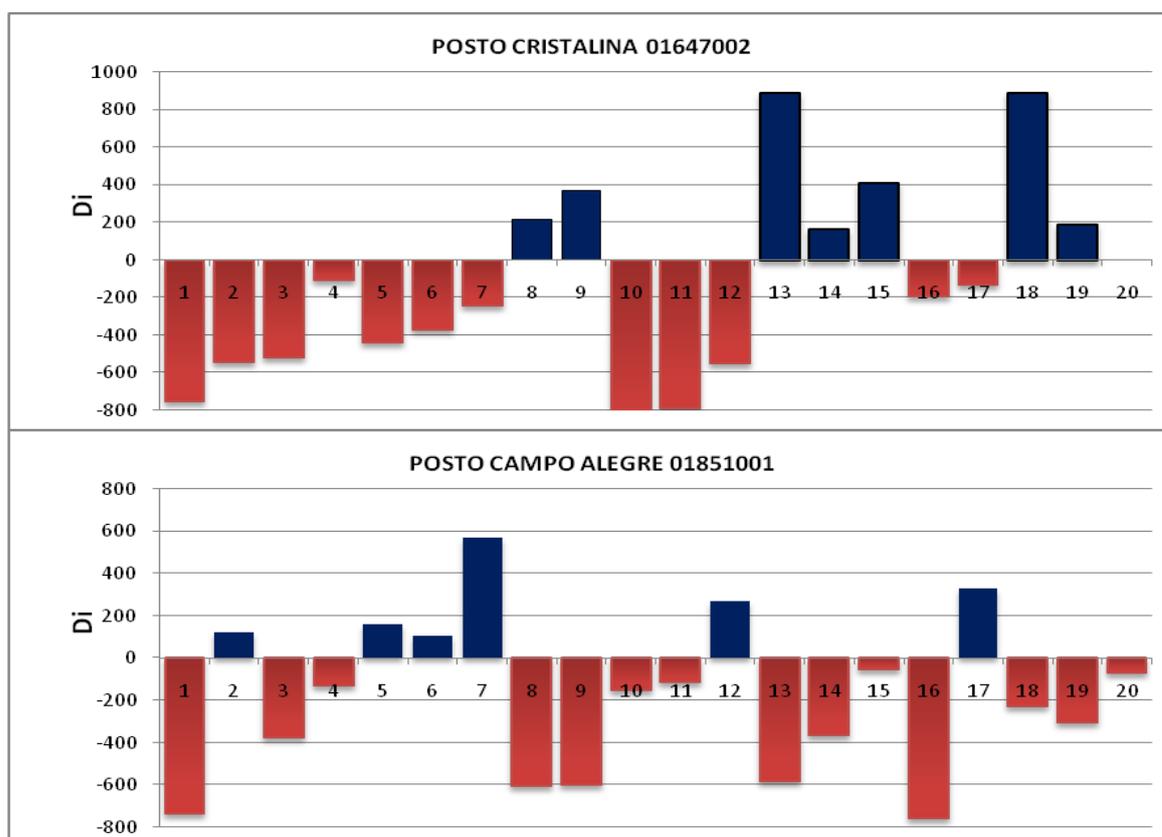


Figura 15: Gráficos que indicam tendência de aumento nas alturas pluviométricas da Bacia do Paranaíba Dados: ANA (2015) Org. SANTOS, D.C.

Observa-se na figura 14 que no posto Cristalina dos 20 pares de dados 12 apresentaram sinal negativo. Isto indica que o posto apresenta tendência de aumento da precipitação anual. Convém destacar que na aplicação da metodologia regressão linear este posto também apresentou tendência de aumento.

Com relação ao posto Campo Alegre apontado na figura 14, nota-se que dos 20 pares de dados 14 obtiveram sinal negativo reforçando a tendência de aumento da precipitação anual. Assim como no posto Cristalina este também apresentou tendência de aumento quando submetido a análise de regressão linear.

Dos 22 postos analisados por esta metodologia 7 apresentaram tendência de aumento da precipitação anual, os outros 15 apresentaram tendências de redução das alturas pluviométricas anuais. Seleccionamos dois deles para serem inseridos nesta discussão, como mostra a figura 15.

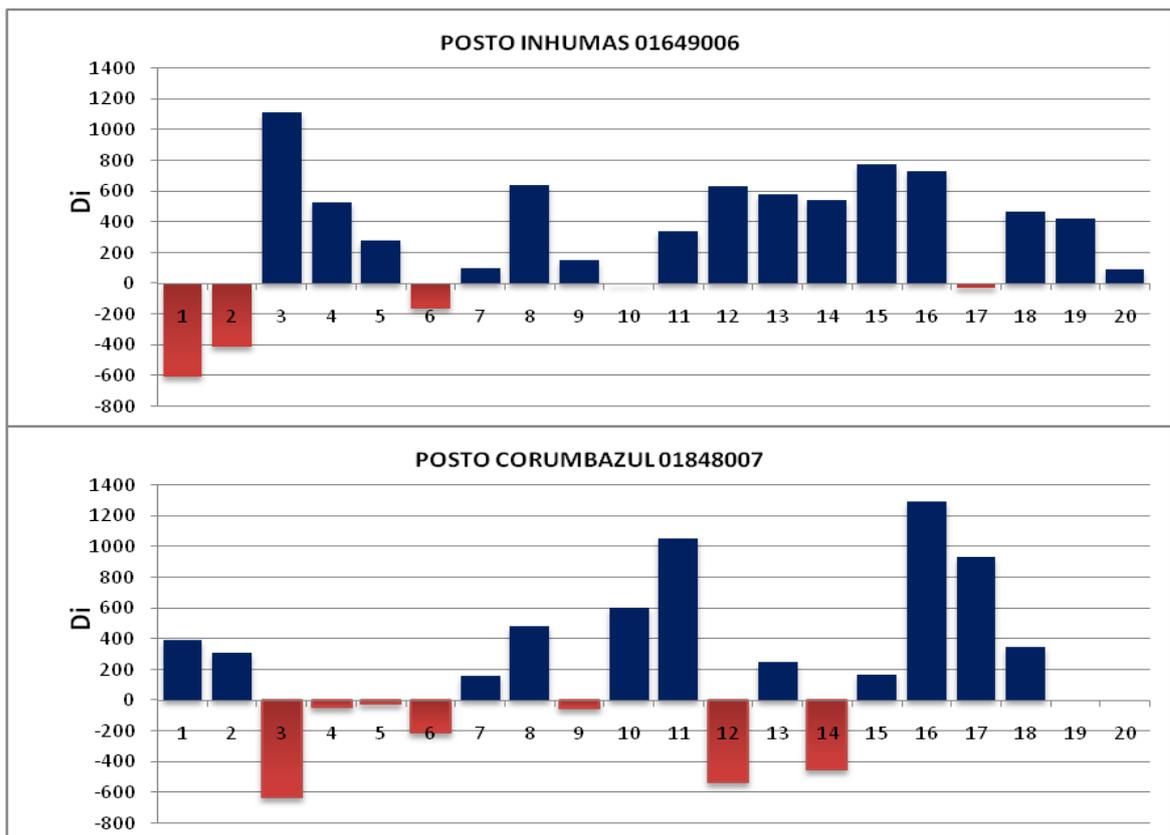


Figura 16: Gráficos que indicam tendência de redução nas alturas pluviométricas da Bacia do Paraíba Dados: ANA (2015) Org. SANTOS, D.C.

No que diz respeito ao posto Inhumas dos 20 pares de dados analisados 15 apresentaram sinal positivo o que indica uma tendência de declínio na pluviosidade. Quando comparado a figura

13 nota-se que nas duas metodologias de análise de tendência utilizadas nesta pesquisa o posto Inhumas apresentou forte tendência de redução das chuvas. Sobre o posto Corumbazul dos 20 pares analisados 11 apresentou sinal positivo o que indica tendência de redução nos totais anuais de precipitação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudar o clima é de extrema importância para o entendimento do funcionamento geossistêmico do planeta. Perceber a ligação entre os elementos climáticos e os demais elementos da natureza possibilita ao pesquisador traçar um panorama caracterizando determinada região, isto favorece a identificação das potencialidades e fragilidades da mesma.

Através desta pesquisa foi possível identificar o comportamento pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Paranaíba e tentar traçar um cenário futuro através das análises de tendências. A relevância deste estudo está focada principalmente na sustentação para uma melhor gestão da bacia, especialmente indicando o quadro de variabilidade bem como para identificação das áreas com maiores e menores concentrações de chuvas.

A análise de tendência foi utilizada com intuito de identificar se está ocorrendo aumento, redução ou estabilidade de chuvas na bacia em estudo. E com isso, em pesquisas futuras, identificar as causas desses fenômenos através da análise do uso e ocupação do solo e/ou efeitos das mudanças climáticas em escalas superiores.

Identificou-se que na bacia do Paranaíba a média anual de chuvas é de 1491 mm, apresentando o valor máximo de média no ano de 1983 com 1917 mm de média anual. A menor média anual foi registrada no ano de 1990 igual a 1178 mm. Foi identificado na bacia que a sazonalidade é uma característica marcante e a variabilidade das chuvas ocorre espacial e temporalmente.

As chuvas são acumuladas na estação chuvosa que tem início no mês de outubro e se estende até o mês de março. Este período acumula 85% do volume anual de chuvas na bacia. O mês de janeiro foi considerado o mais chuvoso seguido por dezembro, fevereiro e março.

Nas análises diárias identificou-se que as chuvas com maior volume são concentradas em poucos dias. Em apenas 6% do tempo ocorreram chuvas diárias acima de 15 mm. As chuvas diárias acima dos 30 mm ocorrem em apenas 3% do tempo.

A estação seca comporta 15% da pluviosidade anual, sendo os meses de abril e setembro os mais chuvosos. Os demais meses desta estação (maio, junho, julho e agosto) apresentam pouca ou nenhuma precipitação.

As análises de tendência utilizando a regressão linear apontaram para uma tendência de redução das chuvas em 46% dos postos, estabilidade em 18% dos postos e aumento das chuvas em 36%. Já as análises utilizando o teste do sinal indicaram que 32 % dos postos pluviométricos analisados apresentaram tendência de aumento das chuvas ao longo da série histórica e 68% dos postos apresentaram tendência de redução.

Não é viável aqui afirmar com certeza que a bacia do Paranaíba tem tendência de redução dos seus totais pluviométricos anuais, mas aguçar as pesquisas neste sentido para que o cenário futuro possa ser pautado na aplicação de metodologias diversas, para, a partir daí, afirmar se há ou não tendência de redução das chuvas.

Várias são as possibilidades metodológicas para trabalhar variabilidade de chuvas e tendências. Aqui foram utilizadas algumas delas, com intuito de fomentar o entendimento do

comportamento pluviométrico na bacia do Paranaíba. Mas não é objetivo principal esgotar o assunto, até porque isso requer análises mais complexas.

Os resultados obtidos com aplicação das análises estatísticas refletem a necessidade de extrema cautela ao afirmar ou não a ocorrência de mudanças climáticas ou a tendência de aumento ou redução do volume de chuvas, pois o assunto é complexo e requer estudos que contemplem também os impactos climáticos decorrentes dos diferentes usos do solo.

Através desta pesquisa foi possível identificar a ocorrência de variabilidade espacial e temporal das chuvas utilizando dados de no mínimo 30 anos de 22 estações pluviométricas distribuídas espacialmente na bacia e fazer alguns apontamentos sobre as tendências de aumento, redução ou estabilidade das chuvas na bacia do Paranaíba.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS- ANA (2015). HIDROWEB – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: 20/01/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. Disponível em: <http://www.paranaiba.cbh.gov.br/PRH/RP03-Parte_A.pdf>. Acesso em: janeiro. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2013). Caracterização da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Disponível em: <<http://www.paranaiba.cbh.gov.br/ProcessoInstalacao/OficinaCapMobCoord/ModuloIIICaracterizacaodoParanaiba.pdf>>. Acesso em: janeiro. 2015.

ALVES, Bruno Costa Castro. FILHO, Francisco De Assis De Souza. SILVEIRA, Cleiton Da Silva. **Análise de Tendências e Padrões de Variação das Séries Históricas de Vazões do Operador Nacional do Sistema (ONS)**. 2011. XIX Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução: Maria Juraci Zani dos Santos. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 332p.

BARBOSA, João Paulo Macieira. Utilização de método de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: o SIG como ferramenta. **Caminhos de Geografia**, v. 9 (17) 85 - 96, fev/2006.

BARROS, Juliana Ramalho; ZAVATTINI, João Afonso. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**, ano 08, número 16, 2009.

BARRY, R; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9ª edição, Porto Alegre: Bookmam, 2013.

CUNHA, A.C.; VILHENA, J.E.S.; SANTOS, E.S.; SARAIVA, J.M.B.; KUHN, P.A.F.; BRITO, D.C.; SOUZA, E.B.DE.; ROCHA, E.P. DA.; CUNHA, H.F.A.; BRITTOA.U.; BRASIL JÚNIOR, A.C.P.; PACA, V.H.M.; SANTOS, P.V.C.P. (2014). Evento extremo de chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Araguari, Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 29(spe), 95-110. <https://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130051>

CRESPO, A.A.; **Estatística Fácil**. São Paulo: Saraiva, 2001.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília: UnB, 1993. p.17-73.

FLAUZINO, Fabrício Silvério. SILVA, Mirna Karla Amorim. NISHIYAMA, Luiz. ROSA, Roberto. Geotecnologias Aplicadas à Gestão dos Recursos Naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 22 (1): 75-91, abr. 2010

FERREIRA, V.O. **Análise de Tendências em Séries Pluviométricas**: Algumas Possibilidades Metodológicas. Geonorte, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.317 – 324, 2012.

GOLFARI, L. **Esquema de zoneamento ecológico florestal para o Brasil**. Rio de Janeiro. IBDF. 1974.

GOULART, J.P. **Apostila de hidrologia**. Pelotas: UFPel, FEA, 1991.194 p.

IBGE. Regiões de Influência das Cidades 2008. **IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: julho 2015.

IPCC. **Fourth Assessment Report**. 2007. www.ipcc.ch . <acesso em 30/06/2015.>

LANNA, A.E. **Hidrologia - Ciência e aplicação**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. v.4: Elementos de estatística e probabilidades: p. 79-164

MARTINS, A. P.; ROSA, R. Caracterização Climática da bacia do rio Paranaíba a partir da rede de estações de superfície automática do INMET (2001- 2011), utilizando ferramentas do geoprocessamento. **Geonorte**, Edição Especial 2, v.2, n.5, p.1303-1316. 2012.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia, noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de Textos. São Paulo. 2007.

NASCIMENTO, Fabricio Holanda do. Avaliação do Efeito Orográfico na Distribuição da Precipitação em Fundão e Santa Teresa no Período de 1947 a 2012. **Monografia** (Graduação em Geografia) Universidade Federal do Espírito Santo- UFES. Centro de Ciências Humanas e Naturais Departamento de Geografia. Vitória. 2013.

PALIT, A. K.; POPOVIC, D. **Computational Intelligence in Time Series Forecasting**. 1. ed. Londres: Springer-Verlag, 2005. 372p.

PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO PARANAÍBA- PRHBP. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2011. Rp- 03. Parte A. Agência Nacional de Águas- ANA contrato nº 012/ANA/2010.

ROBINSON, J. P.; HENDERSON-SELLERS, A. Mechanisms of climate change. In: **Contemporar yClimatlogy**. Longman, 2ed., p. 236-243, 1999.

RODRIGUES, Ivete Oliveira. MATTOS, Rogério Botelho de. BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. FIGUEIREDO, Adma Hamam de. Zoneamento Ecológico Econômico da Bacia do Rio Paranaíba: Um foco nos Cerrados do Sul do Piauí e Maranhão. **IX Simpósio Nacional Cerrado: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Brasília: DF.2008.

ROSA, Roberto. SANO, Edson Eyji. Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Bacia do Rio Paranaíba. **Campo-Território**, v. 9, n. 19, p. 32-56, out., 2014

RIBEIRO, J. F; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. et al (Org.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2008, Cap.6, p. 153-205.

RIBEIRO, Antonio Giacomini. **As escalas do Clima**. Boletim De Geografia Teorética, 23(46-46):288-294,1993.

<http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/2015/noturno/Referencias_Bibliograficas/RIBEIRO_Antonio_Giacomini_As_escalas_do_clima.pdf> acesso em 20/07/2016.

SANTOS, Juliana Gonçalves. Variabilidade Pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **Dissertação** (mestrado) Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2015.

SALGUEIRO, João Hipólito Paiva de Britto. **Avaliação de rede pluviométrica e análise de variabilidade espacial da precipitação: estudo de caso na Bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco**. 2005. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil, 2005.

SCHÄDLER, B. Long water balance time series in the upper basins of four important rivers in Europe - indicators for climatic changes? In: **The influence of climatic change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources**. Vancouver : IAHS, 1987, 640 p. (Publ. nº168, Proceedings of the Vancouver Symposium, August 1987).

SILVA, Mariana Mendes. Variabilidade do início e fim da estação chuvosa e ocorrência de veranicos na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. 2014. **Dissertação** (mestrado) Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.2014.

SILVA, Maria Helena de Carvalho Rodrigues. **Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba: análise da dinâmica populacional, mudanças no uso do solo e impactos na disponibilidade hídrica. Dissertação** (mestrado) Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2012.

SILVEIRA, Paola da Costa. BURIOL, Galileo Adeli. ESTEFANEL, Valduino. IENSEN, Rosa Elaine. Homogeneidade dos Dados de Precipitação Pluviométrica Registrados nas Estações Pluviométricas Localizadas na Área da Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí/Rs. **XV Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão - SEPE**. Educação e Ciência na era Digital. 2011. <http://www.unifra.br/eventos/sepe2011/Trabalhos/1562.pdf>

SORRE, M. Les fondements biologiques. **Les Fondements de la Géographie Humaine**, Armand Colin, Paris, Tome I, 1951.

STEVENSON, William J. **Estatística Aplicada à Administração**. Editora: Harbra. São Paulo- SP. 1981.

SZWARCWALD, C. L. CASTILHO, E. A. Os Caminhos da Estatística e suas Incursões pela Epidemiologia. **Cadernos de Saúde Pública** (FIOCRUZ), Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p. 5-21, 1992.

TORRES, C.J.F.; BRAMBILA, M.; FONTES, A.S.; MENDEIROS, Y.D.P.; Conflitos pelo uso da água para a irrigação, geração de energia hidroelétrica e manutenção do ecossistema aquático no baixo trecho do Rio São Francisco. **Rev. Gestão. Sust. Ambient.**, Florianópolis, n. esp, p.195-210, dez. 2015.

TUNDISI, J.G. 2008. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados, 22(63), 7-16. Doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>

VAEZA, R. F. et al. **Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução**. Floresta e Ambiente, 2010 jan./jun.; 17(1):23-29. Disponível em: <<http://www.floram.org/files/v17n1/v17n1a3.pdf>> . Acesso em: 09 jun. 2015.

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

CPTEC- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Glossários <<http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#c>>. Acesso em 30/01/2015.