

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA MESORREGIÃO DO TRIÂNGULO
MINEIRO/ALTO PARANAÍBA-MG**

JULIANA GONÇALVES SANTOS

**UBERLÂNDIA
2015**

JULIANA GONÇALVES SANTOS

***VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA MESORREGIÃO DO TRIÂNGULO
MINEIRO/ALTO PARANAÍBA-MG***

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

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território

Orientador: Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira

Uberlândia/MG

2015

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

S237v Santos, Juliana Gonçalves, 1990-
2015 Variabilidade pluviométrica na Mesorregião do Triângulo
Mineiro/Alto Paranaíba - MG / Juliana Gonçalves Santos. - 2015.
86 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



JULIANA GONÇALVES SANTOS

**VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA NA MESORREGIÃO DO
TRIÂNGULO MINEIRO/ALTO PARANAÍBA**

Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira - UFU

Professor Dr. Fúlvio Cupolillo – IFMG

Professora Dr. Ângela Maria Soares – UFU

Data: 25 / 03 de 2015

Resultado: APROVADA

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos que contribuíram direta ou indiretamente para realização dessa pesquisa, os quais não foi possível citar todos, mas que foram essenciais para que eu pudesse concluir mais essa etapa na minha vida.

Gostaria de agradecer primeiramente ao meu orientador Vanderlei, que me apoiou em todas as situações, me orientando pacientemente e sem o qual não seria possível a realização desse trabalho.

À minha família, em especial meus pais, Marcílio e Norma, meu irmão Gean e minha avó Marta que são meu alicerce e que sempre me apoiaram em todas as escolhas que fiz e me ampararam durante toda a graduação e pós-graduação.

Gostaria de agradecer também ao meu companheiro, Gustavo, que me esteve ao meu lado durante a realização desse trabalho. Ainda gostaria de agradecer à sua família que me acolheu e me apoiou.

Muito obrigada a todos os meus amigos, os quais compartilharam muitas alegrias e angústias, especialmente Micheli e Rafaela.

À Aline, pela colaboração com dados para a pesquisa e pela parceria durante a graduação e pós-graduação.

À Nathalie pelo auxílio na elaboração dos mapas e pela amizade.

Aos amigos Ana Luíza, João Victor e Lucas pelo auxílio com a tradução do resumo.

Ao CNPq pela bolsa de estudos.

Por fim gostaria de agradecer a Deus, por me proporcionar mais essa experiência.

RESUMO

Esse trabalho teve por objetivo geral analisar a variabilidade pluviométrica da mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. Para a realização dessa pesquisa foram utilizados dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) de 19 postos pluviométricos distribuídos na área de estudo, compreendendo uma série histórica de 34 anos (1980-2013). Após os dados terem sido tabulados, foram aplicadas diversas metodologias para se verificar a variabilidade da precipitação nas escalas anual, sazonal, mensal e diária, com destaque para análise estatística, critérios e técnicas para definir início e fim da estação chuvosa, metodologias para contagem de veranicos, ferramentas de geoprocessamento, dentre outras. Os resultados demonstraram que as chuvas na mesorregião acumulam em média, 1440 mm anuais, ocorrendo concentradas sazonalmente. A estação chuvosa, que se inicia predominantemente em outubro e termina no início de abril recebe 85% da pluviosidade total anual, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos. Os eventos pluviométricos são concentrados, pois cerca de 50% do volume precipitado ocorre em chuvas acima de 30 mm diários. No interior da estação chuvosa é comum a ocorrência de veranicos que são predominantemente de intensidade fraca a média, 7 a 12 dias, ocorrendo principalmente nos meses de fevereiro e março. Na estação seca, que recebe apenas 15% do total pluviométrico anual, as chuvas escassas ocorrem especialmente nos meses de abril e setembro, sendo o trimestre junho, julho e agosto o mais seco do ano.

PALAVRAS CHAVE: Climatologia. Variabilidade pluviométrica. Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

ABSTRACT

This study had for general objective to analyze the pluviometric variability of the Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba mesoregion. To the accomplishment of this research was employed data provided by the National Water Agency (ANA) of 19 pluviometric stations located in the study area, comprising a historical series of 34 years (1980-2013). After the data has been tabulated, different methodologies were applied to verify the precipitation variability in the annual, seasonal, monthly and daily scales, with emphasis on statistical analysis, criteria and techniques to define the beginning and the end of the rainy season, methodologies for dry spells counting, geoprocessing tools, among others. The results showed that in the mesoregion the rain accumulates on average 1440 mm per year, occurring seasonally. The rainy season, which begins predominantly in October and ends in early April receives 85% of the total annual pluviosity, being December and January the rainiest months. The pluviometric events are concentrated, because approximately 50% of the precipitated volume occurs in rains with over of 30 mm daily. During the rainy season is common the occurrence of dry spells that are predominantly low to medium intensity, from 7 to 12 days, occurring mainly in the months of February and March. In the dry season, which receives only 15% of the annual pluviometric total, scarce rainfall occurs especially in the months of April and September, being the June, July and August quarter the driest of the year.

KEY WORDS: Climatology. Pluviometric variability. Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba mesoregion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo.....	17
Figura 2- Mapa da localização dos postos pluviométricos na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e entorno.....	36
Figura 3- Mapa da variação espacial da média da precipitação anual na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.....	45
Figura 4- Conjunto de gráficos contemplando a variação da curva de permanência da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba de outubro a setembro.....	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Média das alturas pluviométricas mensais na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.....	46
Gráfico 2- Acumulado da precipitação na estação chuvosa.....	50
Gráfico 3- Acumulado da precipitação na estação seca.....	52
Gráfico 4- Precipitação média anual na mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba ao longo da série histórica (1980-2013).....	53
Gráfico 5- Duração média em dias da estação chuvosa ao longo da série histórica.....	56
Gráfico 6- Comparativo entre as datas de início e fim da estação chuvosa na mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba.....	59
Gráfico 7- Comparativo entre o total anual precipitado e a duração da estação chuvosa na mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba.....	59
Gráfico 8- Curva de permanência anual da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.....	65
Gráfico 9- Comparativo da ocorrência do número total de dias com chuva segundo as classes precipitações (%) e a somatória em milímetros de cada classe para o total da série histórica.....	70
Gráfico 10- Média anual da ocorrência de veranicos ao longo da série histórica dos postos localizados na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação do total anual dos postos pluviométricos de acordo com o desvio quartílico.....	38
Tabela 2 - Média da evapotranspiração mensal dos postos pluviométricos da mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba (1980-2013).....	42
Tabela 3- Média mensal da precipitação nos postos pluviométricos localizados na área de estudo.....	47
Tabela 4- Média mensal de dias chuvosos nos postos pluviométricos localizados na área de estudo.....	48
Tabela 5- Pluviograma da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.....	61
Tabela 6- Ocorrência do número total de dias com chuva segundo as classes precipitações (%) e a somatória em milímetros de cada classe para o total da série histórica (%).....	69
Tabela 7- Soma da ocorrência de veranicos segundo as classes na série histórica (1980-2013).....	73
Tabela 8- Ocorrência de veranicos (%) segundo as classes de duração em dias.....	74
Tabela 9- Ocorrência de veranicos (%) de acordo com o mês.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Localização dos postos pluviométricos e período de dados da série histórica.....	34
Quadro 2- Localização e período de dados da série histórica dos postos pluviométricos do entorno da área de estudo.....	35
Quadro 3- Tipo de precipitação de acordo com a intensidade.....	40
Quadro 4- Classificação dos anos da série histórica (1980-2013) em habituais, secos e chuvosos.....	54
Quadro 5- Início e fim da estação chuvosa ao longo da série histórica (1980-2013).....	57

LISTA DE SIGLAS

ANA- Agência Nacional de Águas

CCM- Complexos Convectivos de Mesoescala

E- Leste

Ea- Equatorial Atlântica

Etp- Evapotranspiração

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

mEa- Massa Equatorial Atlântica

mEc- Massa Equatorial Continental

mTa- Massa Tropical Atlântica

NE- Nordeste

NW- Noroeste

PADAP- Programa de Assentamento dirigido ao Alto Paranaíba

PC- Período Chuvoso

PCH- Pequena Central Hidrelétrica

POLOCENTRO- Programa de Desenvolvimento dos Cerrados

PRODECER- Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados

SE- Sudeste

SIG's- Sistemas de Informação Geográficas

Ta- Tropical Atlântica

UHE- Usina Hidrelétrica

VCAN- Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

ZCAS- Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.1	Localização e breve histórico da ocupação da área de estudo	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1	Clima: elementos constitutivos e escalas de análise	19
2.2	Precipitação e variabilidade pluviométrica	21
2.3	Algumas ferramentas metodológicas para análise do clima	27
2.3.1	Análise estatística	27
2.3.2	Espacialização de dados	28
2.4.	Sistemas atmosféricos e massas de ar que atuam na área de estudo	28
3	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	33
3.1	Construção do referencial conceitual e revisão bibliográfica	33
3.2	Seleção de dados	33
3.3	Tratamento estatístico	37
3.3.1	Variabilidade anual da precipitação	37
3.3.2	Variabilidade mensal da precipitação	38
3.3.4	Curva de permanência	39
3.3.5	Variabilidade diária da intensidade da precipitação e eventos extremos	39
3.4	Procedimentos para definir início e fim da estação seca/chuvosa	40
3.5	Crêterios para contagem e classificação de veranicos	43
3.6	Elaboração de mapas	44
4	RESULTADOS	45
4.1	Distribuição espacial e sazonalidade pluviométrica.....	45
4.1.2	Sazonalidade pluviométrica.....	46
4.1.2.1	Estação chuvosa.....	49
4.1.2.2	Estação Seca	50
4.2	Variabilidade pluviométrica.....	52
4.2.1	Variabilidade anual.....	52
4.3.2	Variabilidade da duração das estações seca e chuvosa.....	56
4.3.3	Variabilidade mensal das chuvas.....	60

4.3.4 Variabilidade diária das chuvas: curva de permanência, intensidade dos eventos pluviométricos e veranicos.	64
4.3.4.1 Curva de permanência	64
4.3.4.2 Variabilidade da intensidade das precipitações diárias.....	68
4.3.4.3 Veranicos	71
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS	79
ANEXOS	84

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As chuvas escassas do verão de 2013/2014 afetaram o nível dos reservatórios de toda a região central do Brasil, chegando a níveis alarmantes, forçando os setores do abastecimento público e geração de energia a buscar fontes alternativas. Em muitos municípios ocorreu a adoção de medidas como racionamento de água, além da realização de estudos em busca de outros cursos d'água e reservatórios para suprir a demanda.

Já na agricultura, as grandes secas ou chuvas em excesso afetam negativamente a produtividade e provoca alta dos preços, já que a atividade é extremamente vulnerável à variabilidade pluviométrica. Todo ano, pelo menos uma das regiões do Brasil é afetada fortemente por fenômenos climáticos relacionados principalmente às chuvas. Tais fatos deixam explícita a inter-relação entre o comportamento da atmosfera e outros componentes do ambiente, conforme discorre Ayoade (2010, p.1):

Os processos atmosféricos influenciam os processos nas outras partes do ambiente, principalmente na biosfera, hidrosfera e litosfera. Do mesmo modo, os processos e as outras partes do ambiente não podem ser ignorados pelo estudante do tempo e clima. Os quatro domínios globais – a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera- não se superpõe uns aos outros, mas continuamente permutam matéria e energia entre si.

Na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, localizada na porção oeste de Minas Gerais, se observa uma grande demanda por água, relacionada aos mais diversos setores como agricultura, indústria, abastecimento público e geração de energia. A mesorregião apresenta, inclusive, áreas de conflitos devido à indisponibilidade de água para todas as atividades, especialmente em áreas rurais. A maior demanda de água ocorre na agropecuária, tendo em vista que quase a totalidade da área é ocupada por essa atividade, principalmente as culturas de cana-de-açúcar, soja, milho, café e a criação de bovinos para corte e leite. Conforme Brito e Reis (2012), em relação a essas atividades agropecuárias, se destaca a cana-de-açúcar tendo em vista que essa cultura cresceu 113% de 1999 a 2008, ocupando 45% da área total da mesorregião, que é também a principal produtora de soja do estado de Minas Gerais.

O setor agropecuário é altamente dependente do regime pluviométrico que garante uma boa disponibilidade hídrica. A demanda de água é tão importante na região, que muitos empreendimentos utilizam a irrigação para suprir o déficit hídrico, o que tem refletido no

aumento da captação de água em cursos d'água e em poços artesianos. Ayoade (2010, p. 261) comenta sobre a dependência da agricultura com o clima:

Qualquer sistema agrícola é um ecossistema feito pelo homem, que depende do clima para funcionar, de forma semelhante ao ecossistema natural. Os principais elementos climáticos que afetam a produção agrícola são os mesmos que influenciam a vegetação natural. Entre eles se incluem a radiação solar, a temperatura e a umidade.

Além disso, os eventos pluviométricos extremos, caracterizados pela precipitação de um grande volume de chuva em um curto período, podem levar a ocorrência de grandes enchentes, especialmente nos centros urbanos que não possuem uma infraestrutura adequada de prevenção para esse risco. Em Uberlândia (MG), a ocorrência de enchentes na Avenida Rondon Pacheco é comum e ocorre praticamente em todos os anos. Ferreira e Mendes (2012, p.303) comentam sobre a relação entre a precipitação e o escoamento superficial:

[...] Existe forte relação do volume, frequência e intensidade da pluviosidade com a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, já que a chuva representa a fase mais importante do ciclo hidrológico, sendo a fonte primária da maior parte da água doce terrestre.

O abastecimento de água é outra importante demanda na mesorregião, pois a maioria dos municípios utiliza de captações superficiais para abastecimento, sendo diretamente afetados por chuvas escassas.

Outro setor que é diretamente afetado pela variabilidade das chuvas é a geração de energia, levando em consideração que as hidrelétricas são a maior fonte de energia elétrica na mesorregião e no país como um todo, com uma demanda que tende a aumentar progressivamente. Conforme Tundisi (2003) o Brasil, que utiliza 35% do seu potencial hidrelétrico, contribui com 10% da produção hidroelétrica mundial. As usinas estão concentradas no Sudeste, região que já apresenta esgotamento de capacidade para instalação de novos empreendimentos de grande porte. No Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba são encontradas diversas usinas hidrelétricas (UHE's) e pequenas centrais hidrelétricas (PCH's) em funcionamento, dos quais destacam-se: São Simão, Marimbondo, Emborcação, Nova Ponte, dentre outras. Nesses empreendimentos é primordial análise da disponibilidade hídrica para se comprovar a viabilidade de instalação e das chuvas regulares para a manutenção da atividade.

Fica, portanto, clara a importância do clima, em especial da variação no regime das chuvas, para a maioria das atividades antrópicas no cotidiano da população urbana e rural. Compreender o funcionamento dos sistemas produtores de chuva, estabelecer padrões e estudar anomalias se torna fundamental para minimizar os impactos causados pela sua variabilidade.

Ao estudar o clima de determinada região é importante estabelecer um padrão médio que é esperado em relação ao comportamento das chuvas, porém é necessário observar as excepcionalidades e com que frequência elas ocorrem, fornecendo subsídios para situações de risco.

Os estudos climáticos da pluviosidade podem contribuir para a agricultura e minimizar o desperdício de água na irrigação, pois permite saber onde e quanto irrigar. Além disso, os estudos climáticos contribuem para a análise de eventos extremos, como enchentes e outros riscos associados, servindo ao planejamento urbano.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo geral analisar a variabilidade pluviométrica na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Para atingir o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a precipitação anual, classificando os anos como habituais, chuvosos ou secos;
- Analisar a sazonalidade climática, delimitando a estação seca e a chuvosa;
- Analisar a variabilidade mensal da precipitação;
- Analisar a variabilidade diária das chuvas, considerando a intensidade e frequência das mesmas, incluindo a identificação e classificação de veranicos.

A escolha da unidade política-administrativa para o estudo da pluviometria foi motivada pela pouca quantidade de estudos de climatologia em nível de mesorregião, além do que, o estudo pode servir de subsídio para o planejamento regional, realizado por entidades públicas e privadas.

A presente dissertação foi estruturada em cinco capítulos. No primeiro foi apresentada a introdução, incluindo justificativas, objetivos e apresentação da área de estudo. Posteriormente, no segundo capítulo, é exposto o referencial conceitual para realização do trabalho. No terceiro capítulo são apresentados os materiais utilizados e os procedimentos metodológicos. Em seguida, no quarto, são apresentados os resultados e as discussões da pesquisa. Por fim, o quinto capítulo faz as considerações finais.

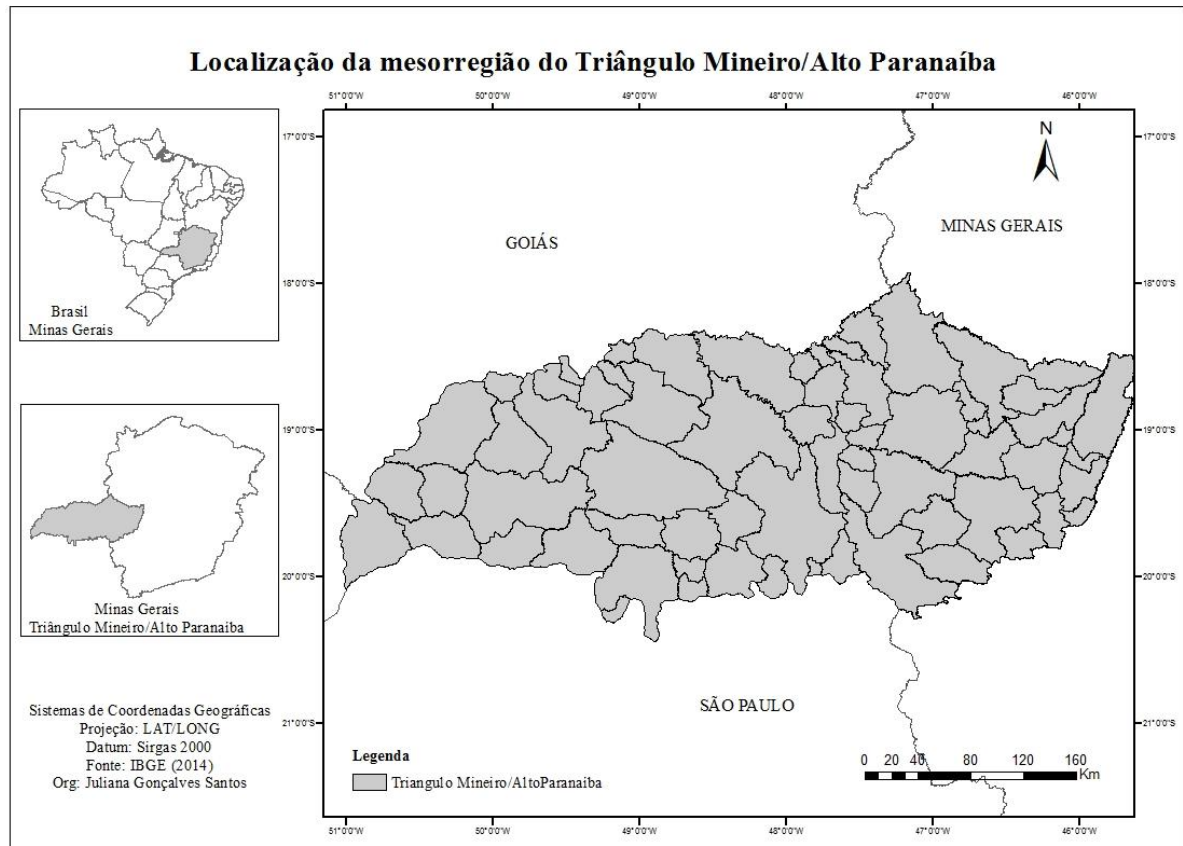
1.1 Localização e breve histórico da ocupação da área de estudo

A Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba está localizada nas coordenadas 17°55'12"/20°41'30"S e 45°33'30"/51°02'18"O, com uma área de 90.540 km². A mesorregião é formada por sete microrregiões: Araxá, Frutal, Ituiutaba, Patos de Minas, Patrocínio, Uberaba e Uberlândia. Ao todo são 66 municípios, dos quais se destacam Uberlândia, Uberaba, Patos de Minas e Araguari como os mais populosos, em que se concentram a maior parte das atividades econômicas. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo.

A ocupação da área se deu em decorrência das atividades dos bandeirantes no século XVII, em que a principal função da região era a formação de postos de abastecimento. Segundo Martins (1998), no século XVIII, a construção da Estrada Real promoveu a intensificação do povoamento, que se manteve em consequência do trânsito que se estabelecia entre as áreas de mineração localizadas no Brasil Central. Apesar do período de decadência da mineração que se seguiu no século XIX, a região do Triângulo Mineiro já obtinha uma estrutura comercial e áreas cultivadas com agricultura e a pecuária para o abastecimento dos tropeiros, mineradores e da população local, que se manteve.

O retrocesso não atingiu toda a Capitania de Minas Gerais. Nela nem tudo era mineração. Mesmo nos tempos de glória do ouro, a fazenda mineira muitas vezes combinava a pecuária, o engenho de açúcar, a produção de farinha com a lavra do ouro. Graças a pecuária, aos cereais e mais tarde à manufatura, Minas não regrediu como um todo. Pelo contrário, no correr do século XIX iria expandir essas atividades e manter um constante fluxo de importação de escravos. (ANDREOZZI; MESQUITA, 2009, p. 04).

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo



Fonte: IBGE (2014). Organização: SANTOS, J. G.

De acordo com Brandão (1989) além do abastecimento local, a região também fazia trocas de produtos com as áreas adjacentes, Goiás e São Paulo, marcando já a característica de entreposto comercial que se consolidou no final do século XIX com a construção da Estrada de Ferro Mogiana na região, ligando-a a São Paulo e favorecendo a comercialização de produtos advindos da região Centro-Oeste. A implantação da estrada de ferro estimulou também a fundação de rodovias e outras obras de infraestrutura nas cidades que cresciam e urbanizavam.

A função de ponto cêntrico de convergência e intermediação de mercadorias, equidistante de importantes núcleos produtores e consumidores, garantiu à região do Triângulo Mineiro uma surpreendente capacidade de reprodução dos 'capitais locais' que infraestruturaaram os principais centros urbanos, pulverizaram e diversificaram seus investimentos. (BRANDÃO, 1989, p.84)

Juntamente com a atividade econômica, outros setores se desenvolveram no século XIX como a agricultura, a pecuária e a indústria de beneficiamento de produtos agropecuários, bem como o estabelecimento de empresas atacadistas.

Com a construção de Brasília e do plano de metas instituído pelo governo de Juscelino Kubistchek, a partir da década de 1950, houve a consolidação das atividades já instaladas e o crescimento da economia na região, que se localizava em importante posição geoestratégica entre o centro da economia do Brasil, São Paulo, e a nova capital brasileira. Além disso, nesse período houve o desenvolvimento da malha rodoviária na região, com destaque para a BR-050, que ligou São Paulo a Brasília, passando pelo Triângulo Mineiro. (MARTINS, 1998).

A partir da década de 1970, segundo Brandão (1989), a produção agrícola voltou-se para o comércio exterior, visando especialmente à produção de *commodities*, principalmente a soja e cana-de-açúcar. Com isso, diversos projetos de modernização da agricultura foram desenvolvidos na mesorregião o que aumentou as áreas de ocupação agropecuária e a produtividade com a adoção de pacotes tecnológicos para correção do solo, insumos agrícolas, mecanização da colheita, dentre outros. De acordo com Bacelar (2003, p. 24):

De relevância para o cerrado foi a criação do PADAP (Programa de Assentamento dirigido ao Alto Paranaíba), implementado em 1973 de forma pioneira. Depois vieram o POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), lançado em 1975, e o PRODECER (Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados), lançado a partir de 1976, marcando a parceria do Estado brasileiro com grande capital japonês para as áreas dos Cerrados.

Atualmente a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba se destaca por ser um centro logístico e comercial importante, mas também pelas atividades agropecuárias, e ainda com diversas indústrias ligadas ao setor.

O histórico da área de estudo permite compreender como se intensificou o uso e a ocupação da mesorregião ao longo do tempo e como essas mudanças se tornaram cada vez mais dependentes da disponibilidade hídrica advinda dos cursos d'água e aquíferos, bem como do regime de chuvas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Clima: elementos constitutivos e escalas de análise

O clima é um dos elementos naturais primordiais na formação da paisagem geográfica. O desenvolvimento das espécies e sua disseminação pelo planeta sempre esteve associada às características climáticas. Ainda hoje, a maioria das atividades humanas e das condições de vida é dependente do clima, que influencia desde as atividades econômicas como a agricultura e a indústria até a saúde e o cotidiano das pessoas. De acordo com Ayoade (2010, p. 286)

O clima talvez seja o mais importante componente do ambiente natural. Ele afeta os processos geomorfológicos, os da formação dos solos e o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os organismos, incluindo o homem, são influenciados pelo clima. As principais bases da vida para a humanidade, principalmente o ar, a água, o alimento e o abrigo, estão na dependência do clima.

Sorre (1951) definiu o clima como a sucessão habitual dos estados atmosféricos sobre um lugar da superfície terrestre. Posteriormente Ayoade (2010, p. 2) diferenciou os conceitos de tempo e clima, sendo o tempo: “o estado médio da atmosfera numa dada porção do tempo e em determinado lugar”. Já o clima é “a síntese do tempo num dado lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos”. O referido autor ainda acrescenta:

O clima, portanto, refere-se às características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período. O clima abrange um maior número de dados do que as condições médias do tempo numa determinada área. Ele inclui considerações dos desvios em relação às médias (isto é, variabilidade), condições extremas, e as probabilidades de frequência de ocorrência de determinadas condições de tempo. Desta forma, o clima apresenta uma generalização, enquanto o tempo lida com eventos específicos. (AYOADE, 2010, p.2).

O tempo meteorológico é um dos elementos mais dinâmicos do meio ambiente, pois está a todo o momento se modificando. Essa constante movimentação é devida à instabilidade que os elementos atmosféricos apresentam em relação aos fatores que os modificam.

Os elementos constitutivos do clima são três: a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica que interagem na formação dos diferentes climas da Terra. Todavia, esses elementos, em suas diferentes manifestações, variam espacial e temporalmente em decorrência da influência dos fatores geográficos do clima, que são: a latitude, a altitude, a maritimidade, a continentalidade, a vegetação e as atividades humanas. A circulação e a dinâmica atmosférica superpõem-se aos elementos e fatores

climáticos e imprimem ao ar uma permanente movimentação. (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 15-16).

Ao analisar a interação entre os elementos e os fatores do clima é possível identificar os diferentes níveis, ou escalas de interação entre os sistemas de circulação atmosférica, como o nível macroclimático, o nível mesoclimático e o nível microclimático. O nível macroclimático consiste em analisar os aspectos do clima em escala global, levando em consideração os movimentos atmosféricos em áreas amplas da superfície terrestre. O nível mesoclimático envolve áreas relativamente pequenas, de 10 a 100 km de largura envolvendo sistemas climáticos locais. O nível microclimático diz respeito ao estudo do clima em áreas muito pequenas, menores que 100 m de extensão horizontal, próximas à superfície. (AYOADE, 2010).

A partir dos níveis de interação dos fenômenos atmosféricos, Ribeiro (1993) delimitou quatro ordens de grandeza temporoespacial: clima zonal, clima regional, clima local e topoclima. A definição dessas escalas de trabalho em climatologia proporciona um melhor entendimento da dinâmica atmosférica, possibilitando aplicar as metodologias mais adequadas para cada abordagem específica.

O clima zonal diz respeito aos fenômenos que ocorrem a nível global, que estão condicionados pela distribuição latitudinal da radiação solar, com a curvatura da superfície do planeta e com a inclinação do eixo de rotação da Terra. Nessa escala se define a circulação primária do planeta, as áreas de baixa e alta pressão e a movimentação geral dos sistemas atmosféricos. (RIBEIRO, 1993).

O clima regional está condicionado ao clima zonal e sua variação está relacionada às condições de superfície, como a continentalidade e a maritimidade, as correntes marítimas e as condições de relevo. Segundo Ribeiro (1993, p. 290):

(...) as perturbações na circulação primária, provocadas pela influência dos mencionados fatores, geram perturbações sinóticas que criam os centros de ação, intermediários entre a circulação primária e secundária: massas de ar e frentes que se revelam através de sistemas de circulação atmosférica.

A diferenciação de um clima local a partir das condições de circulação regional se deve às condições de superfície, dos quais pode se destacar as condições fisiográficas, especialmente de relevo, que irá influenciar na distribuição da radiação e no fluxo de circulação próximo a

superfície. Por outro lado a intensificação do uso e ocupação da terra com a modificação das condições naturais de cobertura do solo tanto nas áreas rurais, mas especialmente nas áreas urbanas, são importantes para a modificação das condições atmosféricas, proporcionado características locais de clima. (RIBEIRO, 1993).

O Topoclima diz respeito a uma modificação das condições locais do clima e está limitado a uma área muito pequena e bem próxima a superfície terrestre, a sua variação está principalmente relacionada às condições de superfície, e da exposição da radiação solar de maneira diferenciada no terreno. (RIBEIRO, 1993).

2.2 Precipitação e variabilidade pluviométrica

Dos elementos do clima, a precipitação é um dos mais importantes para o homem e ocorre como resultado do movimento da água na atmosfera, no chamado ciclo hidrológico, que é definido por Silveira (2009, p.36) como “(...) fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação da terra.”

Os principais movimentos no ciclo hidrológico, que ocorre entre a superfície da Terra e a atmosfera, são de dois sentidos: superfície-atmosfera, na forma de vapor que resulta da evapotranspiração e no sentido atmosfera-superfície no qual ocorrem precipitações de chuva e neve. Villela e Matos (1975, p.1) comentam sobre o ciclo hidrológico de maneira mais detalhada:

Para melhor compreensão deste ciclo pode-se visualizá-lo como tendo início com a evaporação da água dos oceanos. O vapor resultante é transportado pelo movimento das massas de ar. Sob determinadas condições, o vapor é condensado, formando as nuvens que por sua vez podem resultar em precipitação. A precipitação que ocorre sobre a terra é dispersada de várias formas. A maior parte fica temporariamente retida no solo próximo de onde caiu e finalmente retorna à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas. Uma parte da água restante escoar sobre a superfície do solo, ou através do solo para os rios, enquanto que a outra parte, penetrando profundamente no solo, vai suprir o lençol d'água subterrâneo. Devido à influência da gravidade, tanto o escoamento superficial como subterrâneo são realizados em direção a cotas mais baixas e podem, eventualmente, ser descarregados nos oceanos. Entretanto, quantidades substanciais da água superficial e subterrânea retornam à atmosfera por evaporação e transpiração antes de atingirem o oceano.

Segundo Silveira (2009), a precipitação é uma parte importante do ciclo hidrológico e ocorre em escala global a $324 \times 10^{12} \text{m}^3$ nos oceanos (77% do total precipitado) e a $99 \times 10^{12} \text{m}^3$ nos continentes (23% do total precipitado). Conforme Ayoade (2010, p. 159) “o termo ‘precipitação’ é usado para qualquer disposição em forma líquida ou sólida e derivada da atmosfera”. Silveira (2009, p. 36) descreve o fenômeno da formação de nuvens e a precipitação:

A precipitação, na sua forma mais comum que é a chuva, ocorre quando complexos fenômenos de aglutinação e crescimento das microgotículas, em nuvens com presença significativa de umidade (vapor de água) e núcleos de condensação (poeira ou gelo), formam uma grande quantidade de gotas com tamanho e peso suficientes para que a força da gravidade supere a turbulência normal ou movimento ascendentes do meio atmosférico.

Em relação à formação de nuvens, Dias e Silva (2009, p.18) acrescenta que: “O ar pode ser levantado espontaneamente se for aquecido por contato direto com a superfície aquecida pelo sol. Uma frente fria que se desloca levanta o ar mais quente que encontra, e isso provoca as nuvens e as chuvas associadas à passagem da frente”.

Porém, nem sempre as nuvens que se formam em determinado local precipitam no mesmo lugar em um tempo determinado. Dias e Silva (2009, p.18) comentam sobre o fato:

(...) as chuvas são o resultado final de uma série de eventos com escalas de tempo e espaço bastante diversas, de forma que as causas de uma determinada chuva podem ser uma mistura de fatores locais e remotos. Além disso, as chuvas numa determinada região podem afetar o tempo em outras regiões.

Sobre a classificação da precipitação, de acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007) as precipitações podem ser classificadas de acordo com a sua gênese, ou seja, devido ao tipo de processo que comanda os sistemas geradores de nuvens, como: convectivas, frontais e orográficas.

As chuvas de origem convectiva se formam nas células convectivas, que ocorrem quando há um acentuado aquecimento de uma porção da atmosfera úmida. Esse ar úmido é forçado a se expandir, ascendendo na troposfera até o resfriamento e adensamento das partículas de água, que se saturam e precipitam, fechando a célula de convecção. Essas chuvas se caracterizam por ocorrer principalmente no fim da tarde, em dias quentes e úmidos. (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007).

As precipitações de origem orográfica ocorrem em áreas que possuem um relevo acentuado que forme uma barreira para o ar úmido, forçando-o a ascender até se resfriar adiabaticamente, atingir o ponto de saturação e se precipitar. Sendo assim, as áreas a barlavento tendem a ser mais chuvosas do que a sotavento. (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Conforme esses autores as chuvas de origem frontal, possivelmente as mais comuns na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, são formadas pela ascensão forçada do ar úmido ao longo das frentes, sendo influenciadas pela temperatura entre as massas, pela umidade e pelo tempo de permanência da frente em determinado local. Dias e Silva (2009) comentam sobre a dinâmica das frentes na circulação geral da atmosfera:

Ondas atmosféricas e frentes encarregam-se de redistribuir o calor, reduzindo o excesso nos trópicos e o déficit nos polos. Quando o ar frio avança para o equador, a frente é denominada frente fria; quando o ar quente avança para os polos, a frente denomina-se frente quente. Por meio do avanço das frentes, frias e quentes, os fluidos atmosféricos buscam o equilíbrio térmico, nunca atingido, mas promovem a redução das diferenças de temperatura entre o equador e os polos.

Varejão (2006, p. 373) acrescenta:

Uma frente é dita fria quando sua passagem por um determinado local da superfície terrestre provoca a substituição do ar quente que ali existia por ar frio. Assim, a massa de ar pré-frontal é quente e a massa de ar pós-frontal é fria [...] De vez que o ar frio é mais denso, a superfície frontal fria se estende para trás, por sobre o ar frio invasor (que tende a permanecer justaposto à superfície terrestre).

As chuvas, bem como outros fenômenos climáticos, se caracterizam pela dinâmica e sua constante variabilidade. De acordo com Tucci e Braga (2003, p. 1) a variabilidade climática pode ser conceituada como “processo de variação do clima condicionado por fatores naturais existentes no globo terrestre e suas interações”. Tal conceito não pode ser confundido com o de mudança climática, que está relacionado a flutuações climáticas que ao serem observadas por um longo período do tempo permitem afirmar que ocorreu uma mudança em relação ao clima predominante de determinada área. (AYOADE, 2010).

A variabilidade das chuvas e do clima depende de uma série de fatores, que irão variar conforme a escala de análise, pois, as variações podem ocorrer tanto no padrão de circulação geral da atmosfera, em anos de *el niño* e *la niña* por exemplo, como na circulação local, em

decorrência de modificações nas características da superfície. As variações espaciais também são bastante significativas, o que se relaciona principalmente às condições topográficas e condições atmosféricas locais. Desse modo, as causas da variabilidade são diversas e muitas vezes complexas para se precisar, porém sua ocorrência é evidente sendo possível calcular a frequência em que ocorre determinado comportamento de um fenômeno climático. Na região Sudeste essa característica é bastante significativa, conforme ressalta Nimer (1979, p. 295):

O Sudeste é uma região cuja variabilidade da precipitação é muito importante- O mecanismo atmosférico nas regiões tropicais se caracteriza, sobretudo por sua notável irregularidade, isto é, sua dinâmica está sujeita a apresentar comportamentos bem distintos quando comparada de um ano para outro. Disto resulta que as precipitações em cada ano estão, conseqüentemente, sujeitas a totais bem distintos, podendo se afastar grandemente dos valores normais.

A variação do total anual de precipitação na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é muito frequente, tanto do ponto de vista temporal, quanto espacial. Por isso é possível verificar uma amplitude considerável entre os totais anuais, tornando-se necessário também se observar quando o comportamento das chuvas é habitual e quando ele é excepcional. A determinação de anos-padrão em habitual, chuvoso e seco foi preconizada e disseminada no Brasil por Monteiro (1971).

Além da variação anual, a sazonal é significativa, especialmente nos trópicos, sendo relevante observar sua frequência, sugerindo um comportamento padrão e o excepcional. Segundo Mendonça e Danni- Oliveira (2007, p. 146) “a distribuição e a variabilidade das chuvas no Brasil estão associadas à atuação e à sazonalidade dos sistemas convectivos de macro e mesoescala”. Assunção (2013, p. 9) comenta sobre a importância da variação da estação seca e chuvosa na região central do Brasil:

A principal característica marcante do clima da região central do Brasil é a sua sazonalidade, apresentando uma estação seca e uma estação chuvosa bem marcante, sendo essa sazonalidade climática elemento influente e determinante da paisagem dos cerrados, condicionando também as atividades humanas, principalmente aquelas relacionadas à agricultura de sequeiro. (ASSUNÇÃO, 2013, p. 9).

A variabilidade diária das chuvas também é relevante, tanto na escala temporal quanto na espacial. Desse modo as chuvas diárias podem ser classificadas desde fracas até muito fortes de acordo com a intensidade, provocando riscos a diversas atividades. De acordo com Gonçalves (2003, p.74)

Expressando-se como insumo energético oriundo da atmosfera, a chuva na sua maior ou menor escala de intensidade, assume a condição de impacto na medida em que atua sobre um espaço mais adaptado pelo homem, nele interferindo com diversos graus de significância em função da sua vulnerabilidade.

Assim, de acordo com as características da precipitação e o seu possível impacto no meio ambiente, do ponto de vista do planejamento ambiental e urbano, os eventos pluviométricos podem ser considerados um risco ou azar climático. Segundo Gonçalves (2003, p. 75)

Quando estes eventos se tornam perigosos para o homem, são chamados riscos ou azares naturais. Portanto, um evento extremo torna-se um risco quando supera a capacidade material de determinada organização social para absorver, amortizar ou evitar seus efeitos negativos. Tal situação pode ser desencadeada não só pelo evento extremo, mas, também, pelo evento normal, e é este fato que determina o grau de vulnerabilidade da sociedade em questão.

Os eventos pluviométricos extremos são frequentes na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, o que significa que o total pluviométrico de um mês pode ocorrer de maneira concentrada em apenas alguns dias. Segundo Bertoni e Tucci (2009, p. 200) “A precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial crítica para uma área ou bacia hidrográfica. A precipitação pode atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros.”

Em relação à frequência desses eventos pluviométricos extremos, Marcelino (2008, p.16) analisou as ocorrências de desastres naturais no Brasil e chegou às seguintes conclusões:

Os tipos de desastres mais frequentes foram as inundações, representadas pelas graduais e bruscas, com 59% dos registros, seguidas pelos escorregamentos (14%). A maioria dos desastres no Brasil (mais de 80%) está associada às instabilidades atmosféricas severas, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos.

Sobre a variabilidade das chuvas diárias é necessário comentar também sobre a ausência de precipitação, ou seja, os longos períodos de estiagem. Ayoade (2010) classifica esses períodos de estiagem como um dos azares climáticos, as secas. Dentre os tipos de seca, o autor ainda faz as seguintes classificações: seca permanente, seca sazonal, seca contingente e a seca invisível.

A seca permanente ocorre em regiões com clima árido, em que as precipitações quase nunca são capazes de suprir o déficit hídrico acumulado. Já na seca sazonal, o período de estiagem é

esperado, pois ocorre praticamente todo ano em decorrência das variações sazonais nos padrões de circulação da atmosfera, sendo predominante nas áreas dos trópicos, onde se localiza o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. (AYOADE, 2010).

As secas contingente e invisível são característica de áreas úmidas, ocorrendo por causa da variabilidade das chuvas, sendo mais difíceis de prever. A seca contingente ocorre quando há um período de estiagem numa estação úmida. A seca invisível é a mais difícil de detectar, pois ocorre quando a umidade do solo não é suficiente para suprir a necessidade das plantas causando queda na produtividade. (AYOADE, 2010).

Dos tipos de seca citados, pode-se destacar o veranico, que pode ser classificado como uma seca contingente e é bastante comum na região central do Brasil, ocorrendo nos meses da estação chuvosa. Assad (1993, p.993-994) define o fenômeno veranico como “(...) período de interrupção da precipitação que ocorre na estação chuvosa”

Diversos autores estudaram esse fenômeno em busca de minimizar os prejuízos advindos desse período de estiagem, os quais alguns estão descritos em seguida. O principal problema que os veranicos podem causar é a perda da produtividade na agricultura, pois ocorre em um período em que as chuvas são esperadas para suprir a necessidade hídrica de determinada cultura e nem sempre é possível fazer uso da irrigação.

A influência do veranico sobre a produtividade das culturas pode ser acentuada, principalmente quando coincide com a fase na qual a planta é mais sensível à deficiência hídrica. O veranico é um dos fenômenos limitantes da produção agrícola de sequeiro e necessita de estudos regionais detalhados. A interrupção da precipitação durante o período chuvoso PC é tão importante quanto a sua quantidade. (MINUZZI et al., 2006, p. 267).

Em relação à área do cerrado, região central do Brasil, Assad (1993) em estudo investigando o fenômeno veranico estabelecidos em classes de 10, 15 e 20 dias chegou à conclusão que a maior incidência de veranico é no mês de janeiro. A duração do veranico aumenta no sentido oeste para leste do estado de Minas Gerais. Os estados com maior incidência de veranicos longos, maiores que 20 dias, foram Piauí, sudoeste baiano e norte de Minas Gerais.

Cupolillo (1997), em pesquisa realizada sobre o fenômeno veranico no estado de Minas Gerais, chegou a conclusão que tem maior incidência nas regiões norte, noroeste, nordeste e

leste do estado, sendo que os anos com maior incidência estiveram relacionados a ocorrência de El Niño e La Niña.

Minuzzi et al. (2006) em estudo sobre a estação chuvosa também no estado de Minas Gerais, chegou a conclusão que os veranicos de 3 a 6 dias tem maior incidência no sul-sudeste e Triângulo Mineiro e os com períodos maiores que 15 dias tem maior frequência no nordeste de Minas Gerais.

2.3 Algumas ferramentas metodológicas para análise do clima

2.3.1 *Análise estatística*

Para a análise dos dados climatológicos, diversas ferramentas metodológicas podem ser aplicadas das quais se destaca a estatística. Segundo Crespo (2001, p.13) “A Estatística é uma parte da Matemática Aplicada que fornece métodos para coleta, organização, descrição, análise e interpretação de dados e para utilização dos mesmos na tomada de decisões”.

Neste contexto, estudo de frequência das precipitações indica uma série de informações, como a probabilidade histórica de precipitações máximas e mínimas e a sazonalidade climática. De acordo com Lanna (2009, p. 79):

Os fenômenos hidrológicos naturais não podem ser reproduzidos, pelo menos na escala em que ocorrem. No tratamento dos mesmos a estatística precedeu à teoria das probabilidades. Ou seja, os dados observados de determinado processo hidrológico foram reunidos por alguém formando uma amostra. Esta amostra foi submetida à análise estatística (...) visando à probabilidade de certos eventos.

A relação estabelecida entre a Estatística e a Geografia resultou em um segmento importante, a Geoestatística, em que a maior contribuição consiste em estudar os dados estatísticos em sua distribuição espacial, proporcionando uma visão mais completa das variáveis envolvidas.

A Geoestatística trata as variáveis como regionalizadas, podendo mesmo, ser considerada uma aplicação prática da Teoria das Variáveis Regionalizadas. Um ponto importante a ser destacado nessa teoria é a importância dada às relações espaciais existentes entre as observações que compõe uma amostra. A Geoestatística possibilita, também, a quantificação dos erros cometidos nas avaliações. (ANDRIOTTI, 2003, p.90).

2.3.2 Espacialização de dados

Para espacialização de dados climáticos a cartografia, através de mapas temáticos, é a ferramenta mais utilizada e indicada. Para mapeamento e cruzamento de informações, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) tem se tornado cada vez mais frequente. Rosa (2005, p.81) os define como:

(...) conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a oferta de informação georreferenciada produzida por meio de aplicações disponíveis, que visam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativas ao espaço geográfico.

Os produtos gerados no SIG oferecem diversas possibilidades de análise e interpretações sobre o meio ambiente, especialmente os fenômenos climáticos que, quando espacializados, revelam informações sobre a dinâmica climática regional. Segundo Fitz (2010, p.25):

Os produtos gerados por um SIG vinculam-se ao espaço físico, podendo, entretanto, trabalhar fenômenos climáticos, humanos, sociais e econômicos, entre outros. A partir desses espaços devidamente “mapeados” e trabalhados pelo SIG pode-se conhecer melhor uma região, possibilitando, assim, o fornecimento de subsídios para uma futura tomada de decisões.

2.4. Sistemas atmosféricos e massas de ar que atuam na área de estudo

A mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba apresenta regime pluviométrico semelhante ao de toda a região central do Brasil, caracterizado pela sazonalidade com dois períodos definidos que duram cerca de seis meses cada um: uma estação chuvosa com temperaturas elevadas e outra com significativa redução nas alturas pluviométricas e temperaturas mais amenas.

Essas características são devidas à dinâmica atmosférica atuante sobre a região tropical, que abrange a maior parte do território brasileiro. Para compreender essa situação, Dias e Silva (2009, p. 16) contribuem:

A região tropical tem excesso de energia, ao passo que as regiões polares têm déficit de energia. Os fluidos, ar e água, encarregam-se de redistribuir o calor das regiões com excesso para as regiões com déficit de energia. A maneira como a atmosfera faz essa redistribuição é por meio de movimentos horizontais - os ventos - e de movimentos verticais. O excesso de energia nos trópicos, especificamente nas regiões equatoriais, faz o ar aquecido se elevar, induzindo a formação de nuvens profundas que chegam até a tropopausa, aproximadamente 15 km de altura. O ar que sobe nas proximidades do equador desce nos subtrópicos, a aproximadamente 30 graus de latitude norte sul, por meio de uma célula de circulação denominada célula de Hadley. Nessas regiões subtropicais onde o ar desce, definem-se os sistemas de alta pressão subtropical.

Em relação às massas de ar atuantes no Brasil pode-se destacar três tipos, responsáveis pela circulação primária da atmosfera: massas tropicais, massas equatoriais e massas polares. (NIMER, 1979).

Das massas equatoriais se destaca a Massa Equatorial Continental (mEc), que se forma em área depressionária na Amazônia pelo aquecimento do continente provocando acentuada ascensão e instabilidade convectiva, além de ser um centro de atração de ventos oceânicos provenientes dos anticiclones subtropicais. Já a Massa Equatorial Atlântica (mEa) é formada no Atlântico norte e carrega umidade do oceano, sendo quente e úmida. (NIMER, 1979).

Em relação às massas tropicais, a Massa Tropical Atlântica (mTa) se forma no Atlântico Sul, caracterizando-se por ser quente e úmida. A Massa Tropical Continental (mTc) é bem diversa da mTA e se forma na depressão térmica do Chaco, caracterizando-se por ser quente e seca. (NIMER, 1979).

As Massas polares se formam na zona subantártica e se caracterizam por ser frias e secas. No entanto, podem adquirir umidade ao longo da passagem pelos oceanos até atingirem os trópicos, provocando chuvas frontais quando em contato com massas tropicais. (NIMER, 1979).

Além das massas de ar, outros sistemas meteorológicos afetam a dinâmica atmosférica caracterizando uma circulação secundária. Nesse sentido, se destacam os seguintes sistemas: Frentes Frias, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Linhas de instabilidade, Jatos de altos níveis e os complexos convectivos de mesoescala na América do Sul (CCM).

A ZCAS é conceituada por Carvalho e Jones (2009, p.95) como “a presença de uma banda de nebulosidade e chuvas com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde a Amazônia até

o Sudeste do Brasil, e frequentemente, sobre o oceano Atlântico Subtropical.” As ZCAS são frequentes na estação chuvosa, porém ocorrem variações em relação à organização espacial, intensidade e duração das chuvas. Esse sistema produtor de chuva está frequentemente associado a eventos extremos de precipitação.

Sobre a gênese da ZCAS, estudos conduzidos por Figueroa, Satyamurty e Silva Dias (1998) indicam que o principal fator para a formação desse “corredor” de umidade é o forte aquecimento adiabático sobre a bacia Amazônica e não a presença dos Andes. Porém, a presença da topografia acentuada da cordilheira dos Andes tende a reforçar as ZCAS sobre a região da Amazônia.

Sobre a variação espacial das ZCAS, conforme Carvalho e Jones (2009, p.98): “Imagens de satélite frequentemente mostram que a atividade convectiva da ZCAS pode estender-se da Amazônia até o oceano Atlântico Subtropical, enquanto em outras situações a ZCAS estende-se apenas até a região Sudeste do Brasil”. Ainda sobre a variação espacial, Carvalho e Jones (2009, p.109) afirmam que:

(...) A ZCAS localiza-se na sua posição mais a leste em dezembro, principalmente em associação com a alta precipitação sobre o Brasil, o escoamento de nordeste sobre a parte leste da Bolívia e a baixa precipitação sobre o Altiplano. No mês de janeiro, as ZCAS posiciona-se mais a oeste devido ao aumento de precipitação no Altiplano, que é fortemente modulada pelo escoamento de ar úmido em baixos níveis na região leste dos Andes.

Conforme Cavalcanti e Kousky (2009) outro sistema meteorológico produtor de chuva bastante influente no clima da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba são as frentes frias que são responsáveis por intensificar as precipitações em sua passagem. As frentes frias são marcadas por uma sazonalidade, sendo mais frequentes de maio a setembro e menos frequentes de dezembro a fevereiro. Segundo Cavalcanti e Kousky (2009, p. 135)

Durante o inverno, esses sistemas são acompanhados de massas de ar de latitudes altas que, muitas vezes, causam geadas e friagens em áreas agrícolas do Sudeste e Sul do Brasil.(...) Quando as frentes frias avançam para o norte (em direção ao equador), durante a estação de verão, algumas vezes elas interagem com o ar úmido e quente tropical, produzindo convecção profunda (...) Durante o verão, as frentes frias frequentemente se posicionam ao longo da costa do Brasil, entre São Paulo e Bahia, na região da posição climatológica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

As Linhas de Instabilidade Tropicais tem sua formação descritas por Nimer (1979, p. 18) “ o ar em convergência pode acarretar chuvas caso o ar seja convectivamente instável. Tais fenômenos são comuns no Brasil, separando no litoral, dorsais da massa Tropical, e no interior, da massa Equatorial continental”. Segundo Mendes (2001) as Linhas de instabilidade são como *calhas induzidas* formadas pelo equilíbrio de pressão entre as massas de ar possibilitando um lento avanço das frentes e a ocorrência de tempo instável e chuvoso.

Os Jatos de Altos Níveis constituem “uma corrente de ar em forma de um estreito cano ou conduto, quase horizontal, geralmente próximo da tropopausa, cujo eixo localiza-se ao longo de uma linha de velocidade máxima e de fortes cisalhamentos horizontais e verticais”. Esse sistema atmosférico influencia os sistemas de alta e baixa pressão, e acompanham as frentes frias e quentes. (ESCOBAR, 2009, p. 128)

Os complexos convectivos de mesoescala na América do Sul (CCM) são bastante comuns nos trópicos durante a estação quente. Pode ocorrer em diversas escalas espaciais e tem sua gênese no final da tarde e início da noite se tornando instável pela madrugada ou pela manhã, provocando chuvas fortes e localizadas. (DIAS; ROZANTE; MACHADO, 2009).

Ao analisar a circulação normal da atmosfera no Brasil Nimer (1979) define dois períodos importantes, o inverno e o verão em que fica perceptível a mudança no comportamento geral da atmosfera. No verão as chuvas ocorrem na maior parte do Brasil, sendo frequente a ocorrência de eventos pluviométricos concentrados.

Verão (janeiro)- Nesta época do ano, em virtude do maior aquecimento do continente em relação ao mar, acham-se enfraquecidos o anticiclone semifixo do Atlântico e o anticiclone da Antártica. A depressão térmica continental (Baixa do Chaco) e a Depressão do Alto Amazonas acham-se aprofundadas. Consequentemente as massas Ea e Ta tangenciam o litoral leste do Brasil com ventos (alísios) de SE e E, ao norte de 10°S de NE a NW, desta latitude até 40°S. Parte desses últimos adquire componentes para o interior em torno à Depressão continental. O anticiclone antártico está muito ao sul (além de 65°), o mesmo sucedendo à faixa depressionária circumpolar, de onde partem as Frentes Polares, agora ao sul de 40°. Os alísios de NE do anticiclone do Atlântico norte (mEa), sob efeito de grande aquecimento terrestre são aspirados para o interior do continente, formando a monção de verão do norte do Brasil, esta fortalece a mEc a qual se estende por quase todo o nosso território sem, contudo alcançar a Região Nordeste, que permanece sob domínio dos alísios de SE e E (mEa). (NIMER, 1979, p.12-13)

No inverno as condições atmosféricas se modificam e as chuvas diminuem consideravelmente na maior parte do Brasil, ficando restritas à região amazônica, litoral do nordeste e região sul do país.

Inverno (julho)- Nesta época não existe a depressão continental, o que permite ao anticiclone do Atlântico, agora com pressão máxima, avançar pelo continente. O anticiclone frio do antártico tem suas pressões aumentadas, enquanto a zona depressionária circumpolar alcança a latitude média de 35°. O anticiclone norte continua a tangenciar o continente, mas desaparece a monção da estação quente. Embora no litoral norte do Brasil seja muito acentuado o vento marítimo do hemisfério norte, sua penetração para o interior torna-se escassa. Consequentemente a mEc acha-se enfraquecida e limitada ao vale do alto Amazonas que será assim a única zona instável durante todo o ano, ao sul do equador. (NIMER, 1979, p.13).

No Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba o clima no inverno é controlado praticamente pelas frentes frias que associadas a Massa Polar provocam diminuição da temperatura do ar, porém as chuvas ficam quase sempre restritas a região Sul do país e na área de estudo predomina tempo seco. (MENDES, 2001).

3 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Construção do referencial conceitual e revisão bibliográfica

Para a realização dessa pesquisa inicialmente foi feito um levantamento em busca de informações sobre os conceitos fundamentais e também de estudos já realizados sobre o tema tratado e da área de estudo, além de procurar fundamentar a base metodológica da pesquisa. Foram selecionados textos que tratavam de temas relacionados à análise da pluviometria, em especial da variabilidade pluviométrica em diversas escalas temporais.

A pesquisa focou principalmente: a variabilidade anual da pluviosidade e classificação dos anos em habituais, chuvosos ou secos; a variabilidade sazonal, observando o início e fim da estação seca e chuvosa; a variabilidade mensal da precipitação e a variabilidade diária das chuvas, avaliando a intensidade e frequência e ainda, a ocorrência de veranicos. Com esses temas procurou-se delimitar um padrão das chuvas na mesorregião e analisar as excepcionalidades ocorridas em cada escala temporal.

3.2 Seleção de dados

Para o estudo da variabilidade pluviométrica foram utilizados dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) de 19 postos pluviométricos distribuídos na área de estudo (Quadro 1). Os dados diários de chuva compreenderam uma série histórica de 34 anos (1980-2013). Segundo Ayoade (2010) para análise climática é necessário que se observe pelo menos 30 anos de dados.

Em relação à seleção de dados, a maioria dos postos continha alguns dados faltosos, mas dispunham de uma quantidade significativa de dados satisfatórios. Sendo assim, de acordo com a metodologia empregada, foram excluídos os dados duvidosos conforme critérios estabelecidos a seguir.

No caso da análise mensal e anual optou-se por excluir os anos em que havia muitas falhas, adotando os seguintes critérios: sendo falha na estação seca (abril a setembro) foram

preenchidos os meses faltosos com a média; até um mês com falhas na estação chuvosa (outubro a março) foi utilizada a média para preencher; caso tenha sido mais um mês sem dados na estação chuvosa o ano foi excluído. Os anos excluídos em cada posto pluviométrico estão descritos no Anexo 1.

Já para análise dos dados diários não foi possível preencher as falhas. Desse modo, os anos com mais de 1 mês de falhas na estação chuvosa foram excluídos. E no caso dos veranicos, os dados com qualquer falha na estação chuvosa foram excluídos, conforme pode ser observado no Anexo 1.

Quadro 1- Localização dos postos pluviométricos e período de dados da série histórica

Posto	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados
1845004	Tiros	18°50'29"	45°51'5"	1035	1980-2013
1846002	Patrocínio	18°55'48"	46°58'0"	960	1981-2013
1846019	Patos de Minas	18°22'25"	46°54'54"	898	1980-2013
1847000	Monte Carmelo	18°43'14"	47°31'28"	880	1980-2012
1848004	Tupaciguara	18°41'54"	48°46'55"	793	1980-2013
1848010	Araguari	18°39'4"	48°12'33"	-	1980-2013
1849000	Ituiutaba	18°56'28"	49°27'47"	563	1980-2013
1946004	Ibiá	19°28'30"	46°32'31"	855	1980-2013
1946009	São Gotardo	19°18'55"	46°2'40"	-	1980-2012
1947001	Santa Juliana	19°18'57"	47°31'34"	950	1980-2013
1947007	Perdizes	19°20'55"	47°17'43"	-	1980-2012
1947008	Sacramento	19°52'43"	47°21'17"	-	1984-2013
1948006	Uberlândia	18°59'18"	48°11'25"	-	1980-2013
1948007	Campo Florido	19°46'14"	48°34'27"	-	1980-2013
1949002	Prata	19°21'35"	49°10'49"	517	1980-2013
1949004	Campina Verde	19°32'32"	49°28'59"	525	1980-2013
1949005	Comendador Gomes	19°41'53"	49°5'2"	-	1980-2013
1950000	Iturama	19°43'29"	50°11'30"	-	1980-2013
1950011	Santa Vitória	19°12'29"	50°39'46"	390	1984-2013

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G.

Para elaboração dos mapas foi necessário adicionar mais 16 postos pluviométricos distribuídos no entorno da área de estudo, pois são fundamentais para interpolação realizada no *software Arc Gis 9.3* (Quadro 2). Esses postos também continham falhas, que foram preenchidas ou excluídas conforme critérios já utilizados nos outros dados. A média anual de cada posto pluviométrico encontra-se em anexo (Anexo 2).

Quadro 2- Localização e período de dados da série histórica dos postos pluviométricos do entorno da área de estudo

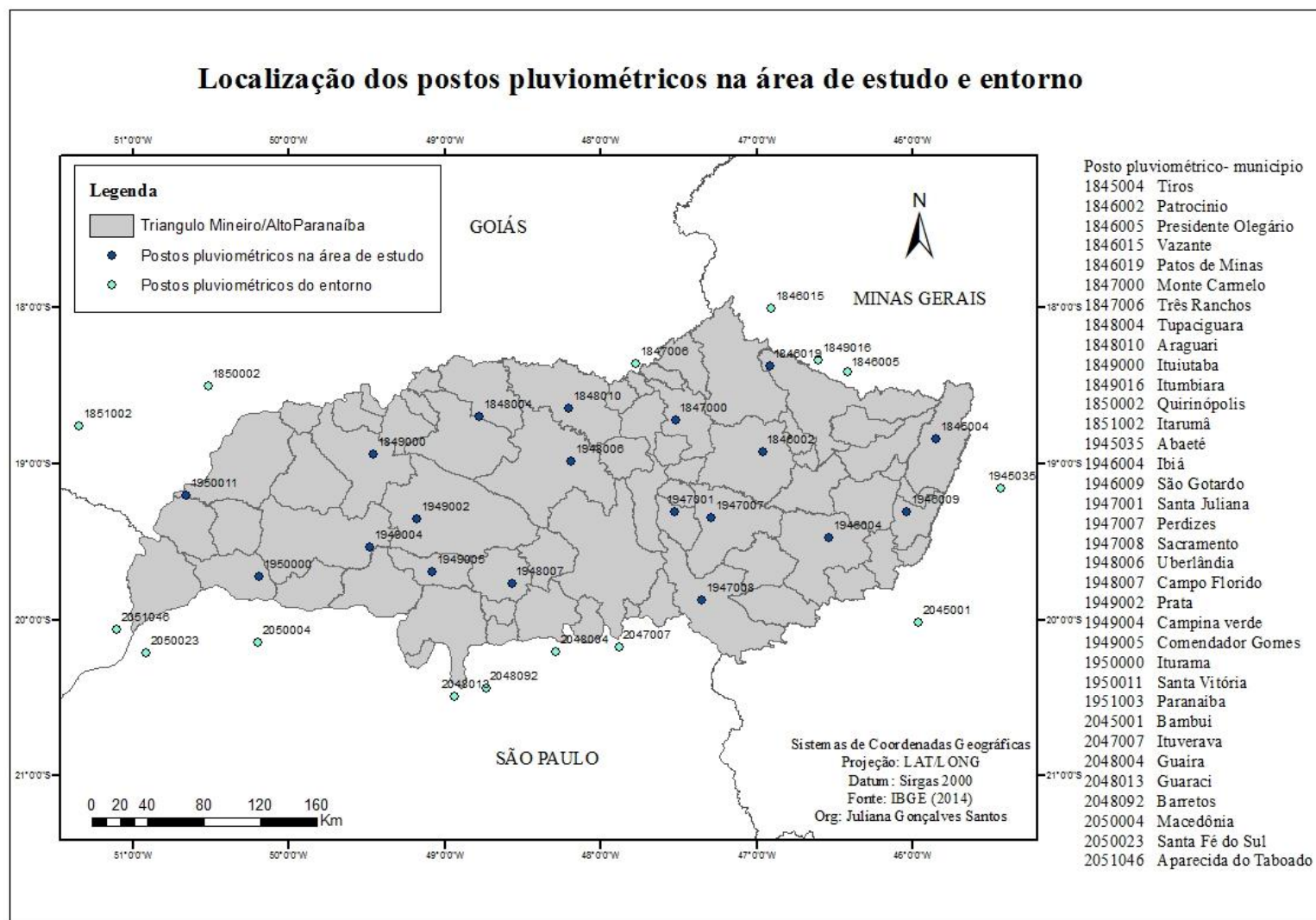
Posto	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados
1846005	Presidente Olegário	18°24'45"	46°25'20"	-	1980-2013
1846015	Vazante	18°0'18"	46°54'40"	-	1980-2013
1847006	Três Ranchos	18°21'48"	47°46'50"	703	1980-2013
1850002	Quirinópolis	18°30'4"	50°31'19"	443	1980-2013
1851002	Iturama	18°45'53"	51°20'50"	424	1980-2013
1849016	Itumbiara	18°20'20"	49°36'39"	500	1980-2013
1945035	Abaeté	19°9'47"	45°26'33"	565	1980-2013
1951003	Paranaíba	19°23'27"	51°36'32"	458	1983-2013
2045001	Bambuí	20°1'16"	45°57'58"	654	1980-2013
2047007	Ituverava	20°10'43"	47°53'12"	489	1980-2013
2048004	Guaíra	20°12'38"	48°17'26"	520	1980-2013
2048013	Guaraci	20°29'42"	48°56'23"	480	1980-2013
2048092	Barretos	20°26'35"	48°44'25"	520	1982-2012
2050004	Macedônia	20°9'0"	50°12'0"	500	1980-2003
2050023	Santa Fé do Sul	20°13'0"	50°55'0"	410	1980-2000
2051046	Aparecida do Taboado	20°4'6"	51°6'13"	375	1983-2013

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G.

A escolha dos postos foi feita conforme disponibilidade e qualidade dos dados, mas também se observou uma distribuição espacial que abarcaria de maneira mais uniforme possível a área de estudo. A localização dos postos está exibida na Figura 2.

Os dados utilizados foram disponibilizados pelo site da Agência Nacional de Águas (ANA, 2014), sendo utilizado o *software Hidro 1.2* (2009) e o *Microsoft Office Excel* para manipulação.

Figura 2- Mapa da localização dos postos pluviométricos na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e entorno.



Dados: IBGE (2014); ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G.

3.3 Tratamento estatístico

Após os dados terem sido selecionados e tabulados, conforme necessidades impostas pela proposta de pesquisa, foram aplicadas medidas de tendência central e de dispersão para uma primeira análise. Foi aplicada a média em que “no cálculo cada ocorrência tem o peso segundo a sua magnitude (Gerardi; Silva, 1981, p.50). Acompanhando a média, foi calculada a mediana: “valor que divide uma distribuição exatamente em duas metades (Gerardi; Silva, 1981, p.45) e a moda, “ valor que ocorre com mais frequência (Gerardi; Silva, 1981, p.47). Outra ferramenta de análise estatística também adotada foi a amplitude que, segundo Naghettini e Pinto (2007, p. 33-34), é “a diferença entre o mínimo e o máximo da amostra”.

3.3.1 Variabilidade anual da precipitação

Para o cálculo da variabilidade anual da precipitação optou-se por utilizar o desvio quartílico das chuvas anuais. Para isso, primeiramente foi necessário realizar o cálculo da mediana para, em seguida, delimitar o quartil superior e inferior. Dessa forma, a amplitude entre o 3º e o 1º quartil comporta os 50% dos dados pluviométricos, sendo classificados como habituais. Os 25% do quartil inferior são os anos considerados como secos e os 25% superiores, os anos chuvosos. (ZAVATTINI; BOIN, 2013).

Após a escolha dessa metodologia foram delimitadas para cada um dos 19 postos as classes pluviométricas conforme citado anteriormente. Devido à amplitude entre os dados em decorrência da extensão da área de estudo e intensa variabilidade optou-se por individualizar os limites entre as classes, que estão inseridos na Tabela 1.

Em média foram considerados anos secos aqueles com alturas pluviométricas anuais inferiores a cerca de 1300 mm. Já os anos chuvosos, foram considerados aqueles com índices acima de 1650 mm, aproximadamente. Os valores entre cerca de 1300 mm a 1650 mm foram classificados como habituais. Porém esses valores obtiveram uma variação considerável como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação do total anual dos postos pluviométricos de acordo com o desvio quartílico.

Posto	Município	Seco		Habitual		Chuvoso	
		Início	fim	início	fim	início	fim
1845004	Tiros	958	1322	1323	1677	1685	2428
1846002	Patrocínio	1036	1300	1368	1691	1692	2205
1846019	Patos de Minas	829	1267	1341	1658	1662	2186
1847000	Monte Carmelo	943	1224	1273	1670	1670	2344
1848004	Tupaciguara	923	1166	1192	1432	1432	1831
1848010	Araguari	1034	1347	1349	1650	1646	2256
1849000	Ituiutaba	803	1212	1220	1624	1630	2027
1946004	Ibiá	921	1294	1312	1608	1628	2477
1946009	São Gotardo	933	1186	1315	1794	1775	2319
1947001	Santa Juliana	924	1281	1283	1569	1569	1954
1947007	Perdizes	861	1382	1471	1888	1888	2280
1947008	Sacramento	981	1349	1375	1726	1733	1975
1948006	Uberlândia	1096	1284	1287	1684	1684	2285
1948007	Campo Florido	1115	1367	1430	1713	1775	2147
1949002	Prata	1011	1229	1309	1697	1708	2155
1949004	Campina Verde	949	1276	1290	1560	1586	1991
1949005	Comendador Gomes	1128	1292	1307	1677	1681	2202
1950000	Iturama	1072	1253	1280	1570	1572	1879
1950011	Santa Vitória	986	1169	1174	1399	1442	1655
Média		974	1274	1310	1647	1656	2137

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

Para uma melhor visualização dos dados, foi elaborado um quadro com todos os postos pluviométricos, compreendendo a classificação dos anos em secos, habituais e chuvosos em toda a série histórica. Foi escolhido um gradiente de cor azul para representar a classificação dos anos referentes às alturas pluviométricas anuais e para os anos com falhas nos dados foi escolhida a cor cinza.

3.3.2 Variabilidade mensal da precipitação

Para analisar a variabilidade dos totais pluviométricos mensais foi elaborado um pluviograma, em que é calculado o percentual que cada mês contribui para o total pluviométrico anual, utilizando uma regra de três simples. Assim é possível verificar o peso da contribuição de cada mês e ainda identificar o mês mais seco e o mês mais chuvoso do ano. Também é

possível comparar a variabilidade mensal ao longo da série histórica. (ZAVATTINI; BOIN, 2013).

Para elaboração da tabela de variabilidade da pluviosidade mensal, primeiramente foi calculada a média da precipitação de todos os postos pluviométricos, considerando individualmente cada mês em todos os anos da série histórica. Posteriormente foi calculada, a partir de uma regra de três simples, a contribuição de cada mês em relação ao total do ano correspondente. Foi destacado, ainda, o mês mais chuvoso em cada ano da série histórica. Por fim foi aplicado um gradiente de cor para destacar os meses mais secos com a cor mais clara, até a cor mais escura que representa o mês mais chuvoso. Para apresentação dos dados foram utilizados gráficos e tabelas elaborados no *software Microsoft Office Excel 2010*.

3.3.4 Curva de permanência

Conforme Lanna (2009, p. 84) “Um tipo de manipulação bastante utilizado é a curva de permanência. Ela apresenta a frequência com que ocorrem valores iguais ou superiores aos valores de uma série temporal.”

Para análise da curva de permanência foi utilizado o *software Hidro 1.2 (2014)* em que foi calculada a curva de permanência de cada posto pluviométrico, contemplando o período da série histórica (1980 - 2013). Posteriormente foi calculada a média dos valores de frequência da precipitação e elaborada uma curva de permanência geral e mensal para a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

3.3.5 Variabilidade diária da intensidade da precipitação e eventos extremos

Para o cálculo da frequência das precipitações, foi contado o número total de dias em que ocorreram chuvas, de acordo com quatro classes pré-estabelecidas: <10 mm; 10,1 mm a 20 mm; 20,1 mm a 29,9 mm e >30mm. Assim, as chuvas puderam ser classificadas conforme exposto no Quadro 3.

Quadro 3 - Tipo de precipitação de acordo com a intensidade.

Classe de Precipitação	Tipo de Precipitação
0 – 10 mm	Chuva Fraca
10 – 20 mm	Chuva Moderada
20 – 30 mm	Chuva Moderada a Forte
>30	Chuva Forte

Fonte: Adaptado de Moreira, J. (2002). Organização: SANTOS, J. G.

Foi calculada também a porcentagem dessas classes em relação ao total de dias com registro de chuvas. Posteriormente foi somado o volume total de precipitação relativa a cada classe e calculada a porcentagem de cada classe em relação à soma total da precipitação na série histórica.

O ideal para análise de eventos pluviométricos extremos seria a disponibilidade de dados de precipitação de minuto a minuto. Considerando a indisponibilidade de tais dados no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, foram consideradas precipitações acima de 30 mm com alto poder de erosão em solos desprotegidos e capazes de causar inundações em centros urbanos altamente impermeabilizados, parâmetro que foi utilizado por outros autores como Barreto (2008) e Moreira (2002).

Com esses cálculos foi possível avaliar a frequência de cada classe de precipitação e ainda observar a contribuição desses eventos para a somatória das alturas pluviométricas em todo o período de análise.

3.4 Procedimentos para definir início e fim da estação seca/chuvosa

Para definir o início e fim da estação chuvosa foi utilizada a metodologia de Assunção (2013) que propôs critérios para delimitar a estação seca e chuvosa na região dos cerrados do Brasil central. Segundo Assunção (2013, p. 5-7), para o início e fim da estação chuvosa devem ser observados os seguintes critérios:

- a) Período chuvoso significa o fim do incremento do déficit hídrico no solo, o qual passa a ser reabastecido pelos excedentes hídricos (chuvas maiores que a ETP) e, à medida que os dias vão passando, o nível de água acumulado no solo atinge a capacidade de campo e a partir de então começa o registro de excedentes hídricos,

importantes na manutenção de um complexo sistema fluvial na região responsável pelo grande potencial hidroelétrico regional.

b) Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro são todos considerados do período chuvoso. Quando houver o registro de déficit hídrico mensal este fato deve ser associado ao registro de um veranico (intervalo sem precipitações dentro da estação chuvosa) de média a forte intensidade.

c) Os meses de junho, julho e agosto são todos considerados do período seco. Caso ocorra o registro de excedentes hídricos em qualquer um desses meses este fato pode ser associado ao fenômeno conhecido localmente como “invernico” (ocorrência de chuvas mais intensas dentro da estação seca geralmente de origem frontal).

d) O período chuvoso tem início quando se verifica a ocorrência de uma chuva mais intensa (acima de 20 mm) ou um acumulado de 40 mm em um curto período de dias (até 4 dias) e em seguida, as chuvas passam a ser mais frequentes e suficientes para repor a ETP acumulada e iniciar a reposição de água no solo.

e) Se houver chuvas bem distribuídas em setembro, não significa que este mês seja chuvoso. É preciso verificar se as precipitações em outubro (se houve uma interrupção ou um período superior a 12 dias sem chuva) foram suficientes para repor a ETP do mês ou se houve déficit hídrico.

f) Quando o mês de outubro apresentar-se úmido (com chuva igual ou superior a ETP mensal e bem distribuída) e em novembro verificar uma redução nos totais pluviométricos acumulados (porém superior a 60% da ETP mensal) a conclusão é de que a estação chuvosa teve seu início em outubro. Porém se observar nos primeiros dias de novembro uma grande sequência de dias sem precipitações (acima de 12 dias), a estação chuvosa só começa após o reinício das chuvas depois desse período de interrupção.

g) O fim do período chuvoso (ou o início da estação seca) fica caracterizado após uma sequência de 8 ou mais dias consecutivos sem ocorrência de precipitações ou com precipitações muito baixas nesse período e que nem atingem a metade da ETP diária. Após esse período as precipitações quando houver já não são tão frequentes e acima de tudo não são suficientes para repor os níveis de água no solo.

h) Se no mês de março ocorrer totais pluviométricos acumulados abaixo da ETP mensal e no mês de abril os acumulados ficarem acima de 80% da ETP mensal e com chuvas bem distribuídas ao longo do mês o que se observa e que as baixas precipitações em março devem-se a ocorrência do fenômeno veranico.

i) O mês de maio só é considerado úmido se em abril as chuvas foram abundantes e suficientes para repor a ETP mensal. Caso isso não ocorra, as chuvas mesmo abundantes no mês de maio passam a ser consideradas como chuvas isoladas.

j) Para efeito de análise considerou no presente trabalho, o início da estação seca, no dia imediatamente após a última chuva antes de

uma sequência de 8 ou mais dias sem registro de chuvas ou com precipitações insignificantes (cujos acumulados diários geralmente fica abaixo da metade da ETP). Vale lembrar que como o solo está com o nível de água elevada os efeitos da estação seca como o “murchamento” e a cessão do crescimento vegetativa das culturas só se faz perceber após passar um período de alguns dias (8 a 10), sendo afetado em maior ou menor prazo em função da temperatura ambiente. (ASSUNÇÃO, 2013, p. 5-7)

Em relação aos valores de Evapotranspiração (Etp), foram utilizados os dados de Etp mensal disponibilizados por Roldão (2015), que adotou a metodologia estabelecida por Thornthwaite & Matter (1955) viabilizando os cálculos através de uma planilha do *software Microsoft Excel 2010*, desenvolvida por Rolim e Sentelhas (1999). Para o cálculo da Etp diária o total mensal foi dividido pelo número de dias do mês. Segue os dados da Evapotranspiração mensal por posto pluviométrico na Tabela 2:

Tabela 2 – Média da evapotranspiração mensal dos postos pluviométricos da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (1980-2013)

Posto	Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1845004	Tiros	105	92	96	79	63	52	53	62	78	94	94	99
1846002	Patrocínio	106	96	100	82	65	54	56	66	84	101	99	103
1846019	Patos de Minas	110	98	104	85	67	57	58	70	90	107	103	107
1847000	Monte Carmelo	111	100	104	85	67	56	58	71	91	108	105	108
1848004	Tupaciguara	118	105	111	91	71	48	61	78	101	120	114	115
1848010	Araguari	107	96	102	84	67	56	58	71	92	108	104	106
1849000	Ituiutaba	132	118	125	101	77	63	69	88	115	139	130	132
1946004	Ibiá	110	100	104	82	64	54	55	66	84	101	101	108
1946009	São Gotardo	103	93	96	78	62	52	52	61	78	93	94	100
1947001	Santa Juliana	107	96	100	81	64	53	55	67	85	102	101	105
1947007	Perdizes	103	93	97	79	62	52	54	64	82	97	97	101
1947008	Sacramento	101	91	95	77	60	50	52	62	79	94	94	99
1948006	Uberlândia	117	105	110	89	69	58	61	75	97	116	112	115
1948007	Campo Florido	123	111	115	91	69	57	61	76	98	119	117	121
1949002	Prata	136	122	127	101	76	62	68	85	112	137	131	134
1949004	Campina Verde	135	121	127	100	75	62	67	85	113	136	131	133
1949005	Comendador Gomes	125	112	117	93	70	58	62	78	102	123	119	122
1950000	Iturama	140	125	132	104	77	63	69	90	120	144	138	139
1950011	Santa Vitória	107	96	100	81	64	53	55	67	85	102	101	105

Dados: Roldão (2015). Organização: SANTOS, J. G.

Após se obter a data de início e fim da estação chuvosa compreendendo a série histórica (1980-2013) em cada posto pluviométrico, foi calculada a mediana entre os dados contemplando toda a mesorregião, pois não seria possível discorrer sobre cada posto individualmente devido a grande quantidade de dados.

A partir da mediana de início e fim da estação chuvosa em cada ano, para visualização dos dados, foi elaborado um gráfico, baseado nas estratégias adotadas por Ferreira (2007, p.199) e Assunção (2013, p.10). No gráfico os meses foram divididos em seis partes com cinco dias de duração, as pênitadas, e a estação chuvosa foi marcada com a cor azul, sendo os demais espaços sem cor, pertencentes à estação seca.

Na tentativa de relacionar os períodos de início e fim da estação chuvosa, foi elaborado um gráfico com a variação anual do início e fim sobrepostos. Foi elaborado também outro gráfico para relacionar a média da duração da estação chuvosa em dias com a média do total anual precipitado em milímetros.

3.5 Critérios para contagem e classificação de veranicos

Como mencionado do referencial teórico, o veranico é um período de estiagem que ocorre durante a estação chuvosa. Para a contagem de veranicos foi utilizado o período de cada estação chuvosa em cada ano analisado, que foi em média de outubro ao início de abril.

Para identificar os períodos de veranico, foi utilizada a metodologia e os critérios estabelecidos por Assunção e Leitão Júnior (2006, p. 4):

Deve-se esclarecer, ainda, que na somatória dos intervalos dos dias que configuram os veranicos não foram considerados os dias de precipitações insignificantes (menor do que a metade da Evapotranspiração diária - Etp), uma vez que essas chuvas tornam-se irrelevantes no sentido de repor a deficiência hídrica do solo causada pela estiagem. Quando as precipitações ocorridas foram superiores à metade da Etp diária e inferior a 1,5 vezes a Etp diária, foi descontado um dia no total dos intervalos sem precipitações. Precipitação superior a 1,5 vezes a Etp diária (pouco maior do que 5 mm), já configura a interrupção do período de veranico ou em outras palavras, precipitações com essa altura pluviométrica já representam alterações no ambiente sob o ponto de vista agrônomo. (ASSUNÇÃO; LEITÃO JÚNIOR, 2006, p. 4)

Conforme os mesmos autores, após contabilizados os veranicos, eles foram classificados segundo a sua duração em cinco classes:

- Veranicos inapreciáveis: inferiores a 6 dias.
- Veranicos fracos: 7 a 8 dias.
- Veranicos médios: 9 a 12 dias.
- Veranicos fortes: 13 a 18 dias.
- Veranicos muito fortes: superiores a 18 dias.

Para visualização dos dados foram elaboradas planilhas no *Excel (2010)* em que foi calculado o total e a frequência (%) de veranicos por mês e por classe para cada um dos postos pluviométricos.

3.6 Elaboração de mapas

A base cartográfica, contendo Minas Gerais, a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e os municípios foi disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014).

Para elaboração dos mapas foi utilizado o *software ArcGis 10.1* que possui três principais interfaces o *ArcCatalog*, *ArcMap* e *ArcToolbox*. O *ArcCatalog* possibilita gerenciar os arquivos e as informações dos arquivos. O *ArcMap*, a principal interface permite a visualização, análise, edição e exportação de mapas na forma de *layer* (planos de informações). Já o *ArcToolbox* possui uma série de ferramentas para o processamento de dados. (SILVA; RODRIGUES, 2009).

A partir da base cartográfica foram elaborados os mapas de: localização da área de estudo, localização dos postos pluviométricos e média anual da precipitação na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

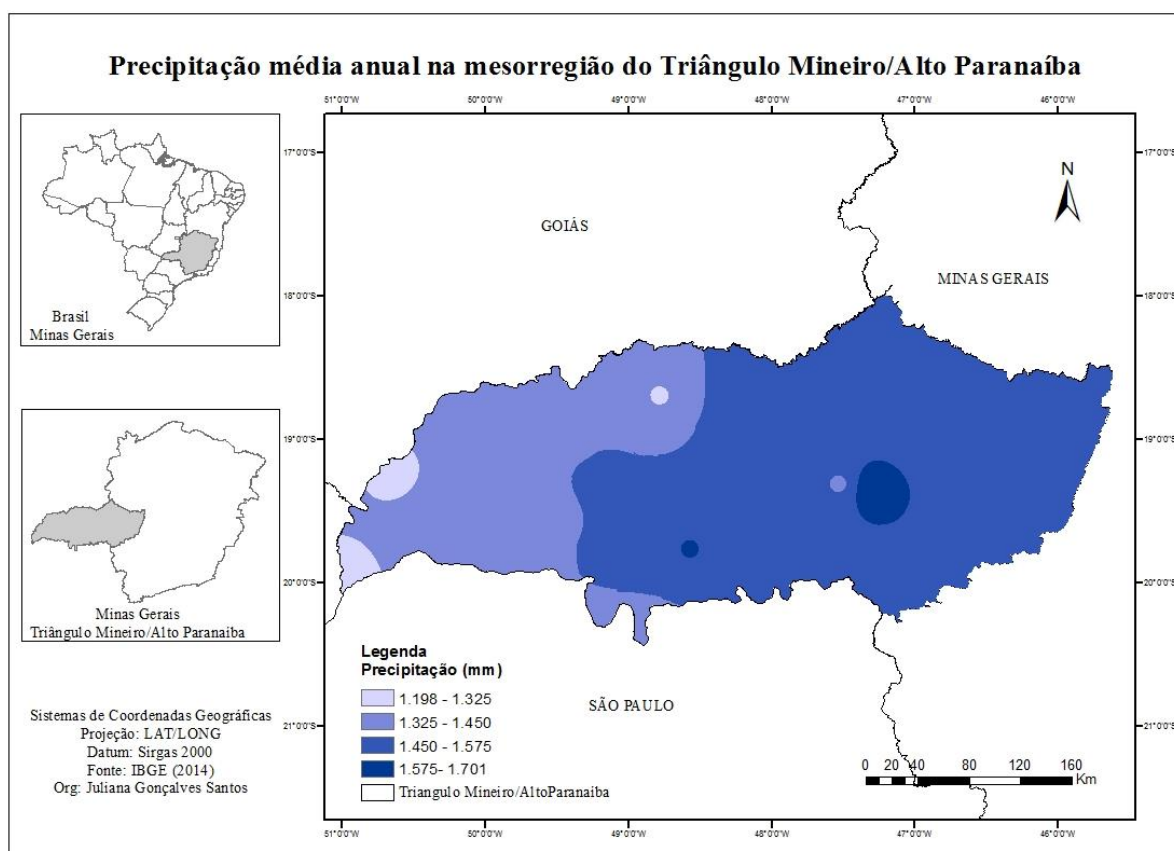
4 RESULTADOS

4.1 Distribuição espacial e sazonalidade pluviométrica

Em decorrência da dinâmica atmosférica, que interage com fatores estáticos regionais e locais, a precipitação média da mesorregião é de 1480 mm anuais, sendo que a estação chuvosa (outubro a março) concentra a maior parte da pluviosidade.

A variação espacial é evidente quando se observam os dados de cada posto pluviométrico, conforme pode ser observado na Figura 3. É possível observar um padrão decrescente das chuvas de leste a oeste da mesorregião, possivelmente determinado pela rugosidade da superfície.

Figura 3 - Variação espacial da média da precipitação anual na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.



Dados: IBGE (2014); ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

No Pontal do Triângulo as chuvas são inferiores a 1450 mm. As menores médias de pluviosidade são encontradas nessa região, as quais foram registradas nos postos localizados em Santa Vitória, com 1282 mm, e em Tupaciguara, com registro de apenas 1315 mm na média histórica.

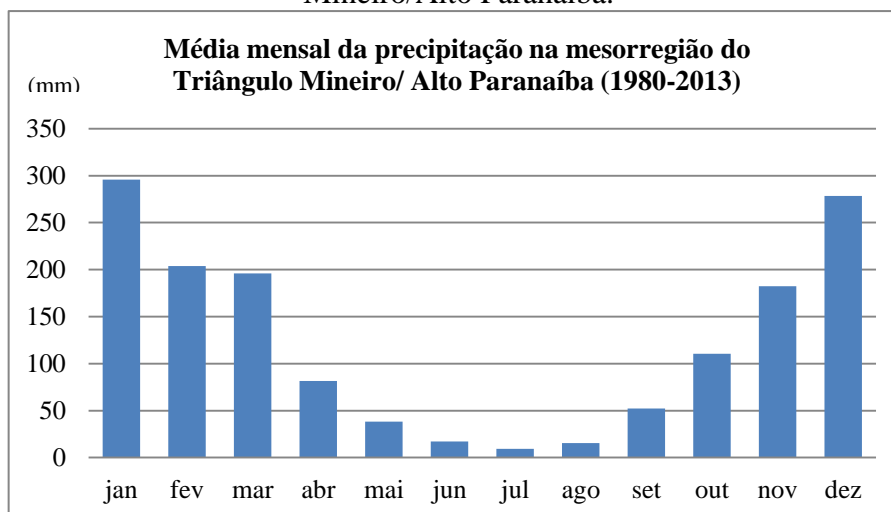
A porção central da mesorregião se apresenta como uma área de transição, com valores médios entre 1400 mm e 1600 mm. Essa área também comporta a maioria dos postos pluviométricos da área de estudo.

O posto pluviométrico com maior média de chuva está localizado em Perdizes com 1701 mm, na porção leste da área de estudo. Nota-se que a porção leste é onde se localizam as maiores alturas pluviométricas, variando de 1450 mm a 1700 mm.

4.1.2 Sazonalidade pluviométrica

A precipitação no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é caracterizada por sazonalidade marcante. No geral, a estação chuvosa ocorre de outubro a março e a estação seca de abril a setembro. Observando o Gráfico 1, essa característica fica evidente, em que é possível notar que o ano inicia com precipitações elevadas, em média 300 mm e abaixa progressivamente, atingindo o mínimo em julho, com menos de 10 mm em média, voltando novamente a subir chegando a uma média de mais de 250 mm de chuvas em dezembro.

Gráfico 1- Média das alturas pluviométricas mensais na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.



Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

Na Tabela 3 pode ser observada variação espacial da média mensal da precipitação em cada posto pluviométrico na mesorregião do Triângulo/Alto Paranaíba referente ao período de 1980-2013. É possível observar também a variação entre a média das estações, bem como, a amplitude, ou seja, a diferença entre maior e a menor média referente a cada mês.

O mês que apresenta maior amplitude entre os dados é janeiro, com 141 mm de diferença entre a média de Perdizes (373 mm) e a média de 230 mm em Tupaciguara (Tabela 4). Em todos os meses é observada uma variabilidade, sendo que, o total anual também apresenta uma amplitude de 419 mm, diferença registrada entre a média anual de Santa Vitória (1282 mm) à média de Perdizes (1701 mm).

Tabela 3- Média mensal da precipitação nos postos pluviométricos localizados na área de estudo.

		Média mensal da precipitação na mesorregião do Triângulo e Alto Paranaíba												
Posto	Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
1845004	Tiros	295	179	204	85	30	9	5	16	44	108	232	318	1518
1846002	Patrocínio	302	201	202	67	38	16	11	16	62	108	192	277	1490
1846019	Patos de Minas	314	191	178	71	23	11	5	12	42	106	219	324	1496
1847000	Monte Carmelo	310	206	183	68	34	14	8	12	48	112	188	284	1466
1848004	Tupaciguara	231	182	188	80	36	17	6	15	42	104	159	257	1316
1848010	Araguari	295	202	225	73	38	18	7	15	43	104	176	300	1487
1849000	Ituiutaba	281	198	187	75	35	16	8	15	53	112	177	260	1417
1946004	Ibiá	291	193	189	89	42	19	13	16	55	116	193	281	1498
1946009	São Gotardo	269	193	225	84	36	16	12	19	52	117	197	306	1525
1947001	Santa Juliana	286	185	181	83	39	21	10	15	57	112	179	265	1433
1947007	Perdizes	373	228	218	90	43	19	11	16	65	124	193	321	1701
1947008	Sacramento	315	210	194	89	46	15	10	17	58	115	200	285	1554
1948006	Uberlândia	301	202	205	86	44	16	11	16	45	113	188	298	1525
1948007	Campo Florido	318	241	187	91	48	24	11	17	58	128	185	273	1584
1949002	Prata	308	228	200	91	33	16	8	14	55	105	165	264	1496
1949004	Campina Verde	266	206	193	93	36	21	11	17	55	116	165	231	1411
1949005	Comendador Gomes	302	230	201	97	43	19	10	18	48	116	159	263	1505
1950000	Iturama	278	219	188	76	44	23	11	17	58	97	163	250	1424
1950011	Santa Vitória	290	181	174	63	37	16	10	15	52	82	132	230	1282
Média		296	204	196	82	38	17	9	16	52	110	182	278	1481
Máximo		373	241	225	97	48	24	13	19	65	128	232	324	1701
Mínimo		231	179	174	63	23	9	5	12	42	82	132	230	1282
Amplitude		142	61	51	34	25	15	8	7	23	46	100	94	419

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

A Tabela 4 apresenta a média mensal dos dias com chuva, que varia de 18, nos meses mais chuvosos (janeiro e dezembro) a apenas 1, no mês menos chuvoso, julho. Além da média, a tabela demonstra a variação entre o número de dias com chuva das 19 estações pluviométricas e o total anual, que varia de 118 dias em Campina Verde e 77 dias em Iturama, em média.

Os meses com mais ocorrências de dias chuvosos vão de novembro a março, sendo dezembro e janeiro os mais chuvosos, com 18 dias de chuva em média, fevereiro e novembro com 13 dias de chuva em média, e março com uma média de 14 dias. Os meses menos chuvosos são junho, julho e agosto com uma média de 1 a 2 dias de chuvas em cada mês. (Tabela 5).

Tabela 4- Média mensal de dias chuvosos nos postos pluviométricos localizados na área de estudo.

Posto	Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
1845004	Tiros	18	12	14	8	4	2	1	2	5	10	16	20	116
1846002	Patrocínio	18	13	15	6	4	2	2	2	6	10	14	18	107
1846019	Patos de Minas	18	13	14	8	3	2	1	2	5	9	15	19	111
1847000	Monte Carmelo	19	13	15	8	4	2	1	2	5	9	15	18	106
1848004	Tupaciguara	13	10	10	5	2	1	1	1	4	7	9	13	115
1848010	Araguari	20	14	16	8	4	2	2	2	6	9	14	20	107
1849000	Ituiutaba	18	14	13	6	4	2	1	2	5	9	13	17	110
1946004	Ibiá	18	14	15	8	4	2	1	2	6	10	15	20	110
1946009	São Gotardo	19	13	15	8	5	2	1	2	5	11	16	20	111
1947001	Santa Juliana	18	13	14	7	4	2	1	2	6	9	14	19	107
1947007	Perdizes	20	14	15	8	4	2	1	2	6	10	14	20	116
1947008	Sacramento	16	12	12	6	3	2	1	1	4	7	11	15	97
1948006	Uberlândia	18	14	14	7	4	2	1	2	5	9	13	18	90
1948007	Campo Florido	19	16	15	7	4	2	1	2	6	9	13	17	110
1949002	Prata	17	14	13	6	3	1	1	2	4	7	11	16	85
1949004	Campina Verde	19	15	14	8	4	2	1	2	5	9	12	16	118
1949005	Comendador Gomes	19	15	14	7	4	2	1	2	5	9	12	17	110
1950000	Iturama	18	15	14	7	5	3	2	3	6	9	12	16	77
1950011	Santa Vitória	15	11	12	5	3	2	1	2	5	7	10	14	108
	Média	18	13	14	7	4	2	1	2	5	9	13	18	106

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

4.1.2.1 Estação chuvosa

A estação chuvosa ocorre predominantemente nos meses de outubro a março. Esse período recebe 85% da precipitação anual, acumulando em média 1266 mm do total pluviométrico e uma média de 85 dias de chuva. (Tabelas 3 e 4).

O período chuvoso inicia normalmente em outubro, mas podem ocorrer variações, iniciando em setembro ou novembro. Em outubro, a recarga hídrica no solo é pequena, pois os meses da estação seca normalmente apresentam longos períodos de estiagem deixando um grande déficit hídrico. O mês de outubro apresenta uma média de 110 mm registrados normalmente em 9 dias de chuva. A média das chuvas em outubro variam 45 mm, entre a maior média que é 128 mm (Campo Florido) e a menor de 82 mm (Santa Vitória). (Tabelas 3 e 4).

No mês de novembro as chuvas se intensificam, aumentando o armazenamento hídrico no solo. A média das chuvas em toda a mesorregião é equivalente a 182 mm, registrados em 13 dias de chuva. A amplitude entre os dados dos 19 postos é de 100 mm, sendo que Tiros apresenta a maior média, 232 mm, e Santa Vitória apresenta a menor média, 131 mm. (Tabelas 3 e 4).

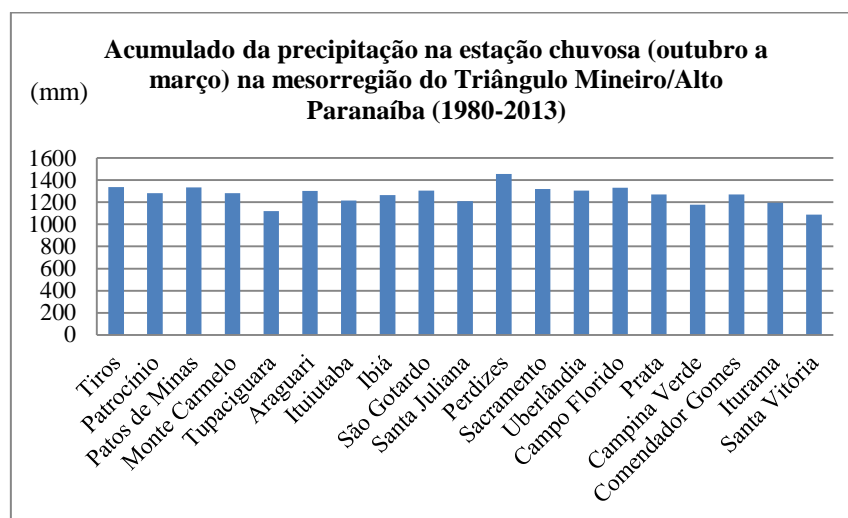
Os meses de dezembro e janeiro correspondem ao ápice do período chuvoso. A média das alturas pluviométricas nesses dois meses representam 39% do total anual e 45% do total da estação chuvosa. A média de dezembro equivale a 278 mm, registrados em 18 dias de chuva, e varia 94 mm em toda a mesorregião, sendo a maior média registrada em Patos de Minas (324 mm) e a menor média registrada em Santa Vitória (230 mm). O mês de janeiro não varia muito em relação ao mês anterior, pois a precipitação média é de 295 mm registrados em uma média de 18 dias também, ocorrendo uma variação de 142 mm na mesorregião, com a máxima registrada em Perdizes (372 mm) e a mínima registrada em Tupaciguara (230 mm). Sendo assim, as chuvas de dezembro e janeiro são as mais importantes para a agricultura e para o abastecimento de reservatórios (Tabelas 3 e 4).

Nos meses de fevereiro e março, o acumulado da precipitação começa a diminuir, fechando a estação chuvosa no final de março/início de abril. No entanto, o acumulado de chuvas nesses dois meses ainda é significativo, sendo 27% da precipitação em todo ano e 31% da precipitação em toda a estação chuvosa. O mês de fevereiro apresenta 204 mm de chuva

registrados em 10 dias, em média, com uma amplitude de 61 mm na mesorregião, com a máxima de 240 mm em Campo Florido e a mínima de 179 mm em Tiros. O mês de março apresenta uma média bem próxima a de fevereiro, 196 mm registrados em 10 dias de chuva, em média. A maior média registrada em março é do posto pluviométrico localizado em Araguari (225 mm) e a mínima é registrada em Santa Vitória (174 mm). (Tabelas 3 e 4).

Em relação ao acumulado de chuva da estação chuvosa, a média é de 1266 mm, ocorrendo uma variação de 369 mm em toda a mesorregião, como pode ser observado no Gráfico 2. O maior acumulado é registrado em Perdizes, com uma média de 1457 mm, e a menor média é registrada em Santa Vitória, com uma média de 1088 mm.

Gráfico 2- Acumulado da precipitação na estação chuvosa.



Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

4.1.2.2 Estação Seca

A estação seca se inicia no mês de abril e se prolonga até setembro ou outubro, dependendo do ano. Nesse período se verifica uma redução drástica nos totais pluviométricos, acumulando em média 208 mm ou cerca de apenas 15% do total anual. As precipitações caracterizam por serem esparsas e não são capazes de manter o armazenamento hídrico do solo. (Tabelas 3 e 4)

Além disso, é comum uma sequência de muitos dias com ausência de chuvas caracterizando um período considerável de estiagem, com consequente déficit hídrico. Apesar de ser um

período seco, os seis meses não são uniformes, e as chuvas vão diminuindo progressivamente até julho, quando voltam a subir os índices pluviométricos. (Tabelas 3 e 4)

O mês de abril é o mais chuvoso do período, acumulando 82 mm, registrados em 7 dias de chuva, em média. Em maio os índices diminuem pela metade com uma média de 38 mm, registrados em 4 dias de chuva. Esses dois meses são, portanto, uma transição da estação chuvosa, para os três meses mais críticos do ano (Tabelas 3 e 4).

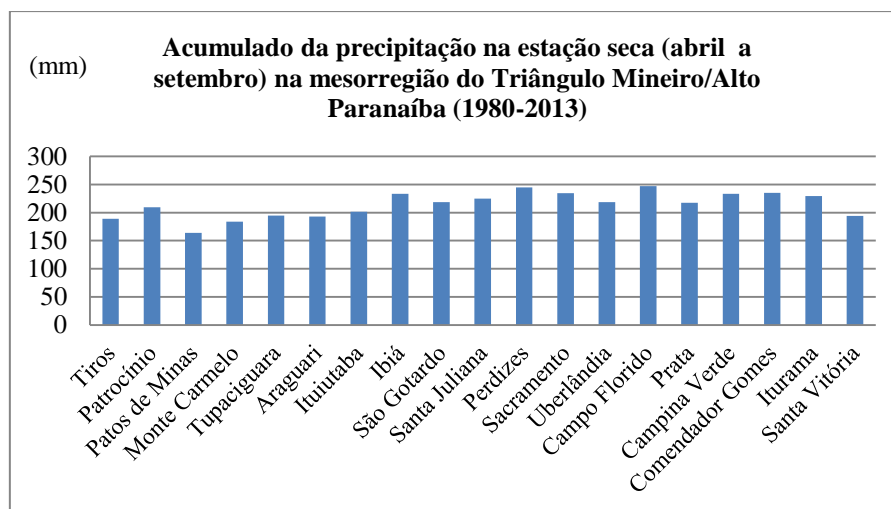
O trimestre junho/julho/agosto é mais seco do ano, quando a soma das médias de precipitação desse trimestre representa somente 3% do total anual, acumulando apenas 39 mm. Em junho é registrada uma média de 17 mm, em 2 dias com chuva. Em julho a média diminuiu ainda mais, chegando ao mínimo anual de 9 mm que ocorre em apenas um dia de chuva, em média.

Em agosto os índices começam a subir novamente, com uma média de 16 mm registrados em 2 dias de chuva. Levando em consideração a variação anual, é frequente se verificar na estação seca a ocorrência de sessenta dias sem nenhuma precipitação, chegando a ocorrer 90 dias de estiagem em alguns anos, período que ocorre predominantemente nesse trimestre (Tabelas 3 e 4).

Em setembro as chuvas começam a ocorrer com mais frequência com índices de 15 mm em 2 dias de chuva, em média, caracterizando a transição para o período chuvoso, que irá iniciar em outubro (Tabelas 3 e 4). Sendo assim, é possível observar nesse mês, comportamento pluviométrico semelhante ao mês de agosto.

Em relação à variação entre os postos pluviométricos, como pode ser observado no Gráfico 3, o acumulado varia 83 mm. Patos de Minas registra o menor acumulado médio da estação seca, com apenas 163 mm, e Campo Florido registra a maior média do total de chuvas do período, 247 mm. A maioria dos postos apresenta um total de 200 mm de acumulado de chuva de abril a setembro.

Gráfico 3- Acumulado da precipitação na estação seca.



Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

4.2 Variabilidade pluviométrica

Apesar do padrão demonstrado anteriormente em relação à precipitação anual, sazonal e mensal na mesorregião, analisando as variações de curta escala temporal é possível perceber a ocorrência de dispersões significativas em relação à média. Assim sendo, nos próximos tópicos serão apresentados os resultados da análise da variabilidade anual, sazonal, mensal e diária da precipitação no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

4.2.1 Variabilidade anual

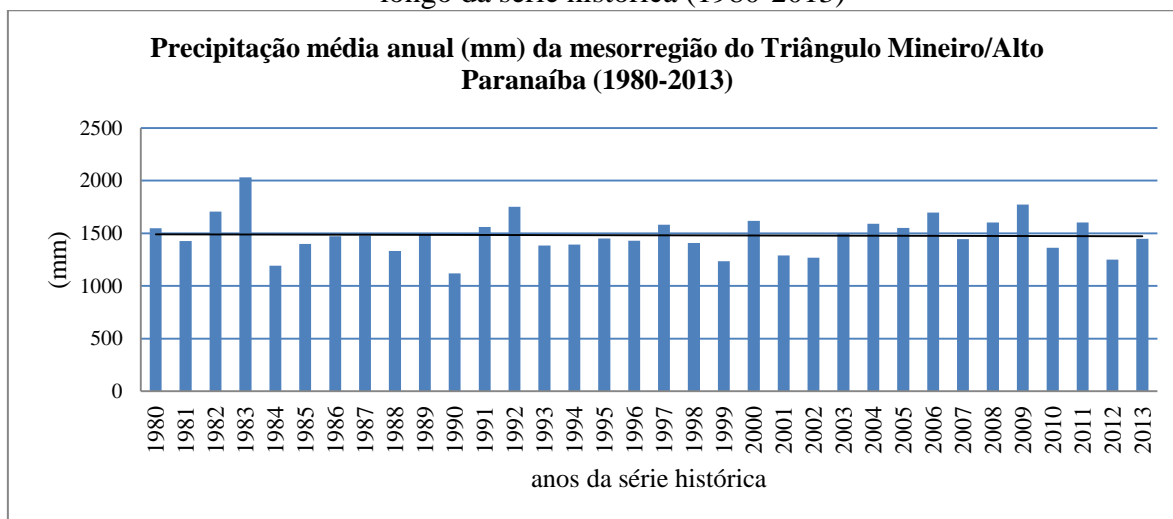
Analisando os dados da série histórica (1980-2013) é possível observar que a pluviosidade varia significativamente de ano a ano. Alguns anos se apresentam chuvosos, outros habituais, ou seja, dentro da média esperada, e outros anos apresentam chuvas abaixo da média.

No entanto, além da variação anual, em um mesmo ano ocorre uma variação espacial significativa, com uma grande amplitude entre os dados. O ano que apresenta maior amplitude é o ano de 1982 (1228 mm), com Ituiutaba registrando apenas 802 mm e São Gotardo com 2031 mm. Tal variabilidade se deve à extensão da área analisada, das condições locais de relevo e das características locais de tempo. É importante salientar que eventuais erros na

coleta e/ou registro dos dados também podem ter ocorrido. Entretanto, espera-se que sejam eventuais, não prejudicando a análise em sua totalidade.

O Gráfico 4 demonstra a variação da média anual da precipitação na mesorregião. Já no Quadro 4 é possível observar a classificação de cada ano em habitual, seco ou chuvoso em todos os 19 postos pluviométricos, abrangendo toda a série histórica (1980-2013). Nesse quadro os anos secos, habituais e chuvosos estão assinalados com um gradiente de azul. Conforme demonstrado no roteiro metodológico (item 3.3.1), tal classificação foi feita por meio do cálculo do desvio quartílico.

Gráfico 4 - Precipitação média anual na mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba ao longo da série histórica (1980-2013)



Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G.

Nos anos de 1985, 1986, 1987, 1989, 1993, 1994, 1995, 1996, 2003 e 2007 as chuvas anuais se aproximam da média, podendo ser classificados como habituais, além de apresentarem esse comportamento na maioria dos postos pluviométricos do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, mais de 50% dos registros anuais (Gráfico 4 e Quadro 4).

Os anos 1980, 1991, 2000, 2004, 2008 e 2011 apresentam também predominância do comportamento habitual na área de estudo. Porém esses anos exibiram pouco ou nenhum posto pluviométricos com classificação de seco e pelo menos 30%, chegando a 42% dos postos classificados como chuvosos. Desse modo, esses anos, a nível regional podem ser considerados como habituais tendendo a chuvosos. (Gráfico 4 e Quadro 4).

Quadro 4- Classificação dos anos da série histórica (1980-2013) em habituais, secos e chuvosos.

[illegible]

Fonte: SANTOS, J. G

O ano mais chuvoso foi 1983 com uma média regional de 2032 mm, cerca de 500 mm acima da média anual. Também os anos de 1982, 1992, 2006 e 2009 apresentam alturas pluviométricas com valores acima da média. Em relação à variação espacial esse ano também se destacou por ser chuvoso na maioria dos postos pluviométricos, mais de 50%, chegando a cerca de 90% no ano de 1983 (Gráfico 4 e Quadro 4).

Os anos de 1981, 1988, 1998, 2001, 2010 apresentam comportamento predominantemente habitual, porém apresentam em alguns postos pluviométricos, cerca de 30% a 40%, anos classificados como secos. Esses anos podem ser entendidos a nível regional como habituais tendendo a seco (Gráfico 4 e Quadro 4).

O ano menos chuvoso foi o ano de 1990 com uma média de 1121 mm em toda a mesorregião, mais de 300 mm abaixo da média. Além disso, os anos de 1984, 1999, 2002 e 2012 também apresentam esse comportamento pluviométrico, com 50% a 84% dos postos com essa classificação, podendo ser classificados como secos (Gráfico 4 e Quadro 4).

Com a metodologia empregada, observando o comportamento pluviométrico geral da mesorregião, 32% dos anos são predominantemente classificados como habitual, 21% como habitual tendente a chuvoso, 18% como habitual tendente a seco, 15% como seco e 15% como chuvoso.

Além disso, não é possível notar um comportamento cíclico em relação aos anos classificados. Também não é possível estabelecer uma tendência de aumento ou diminuição da ocorrência de anos secos ou chuvosos.

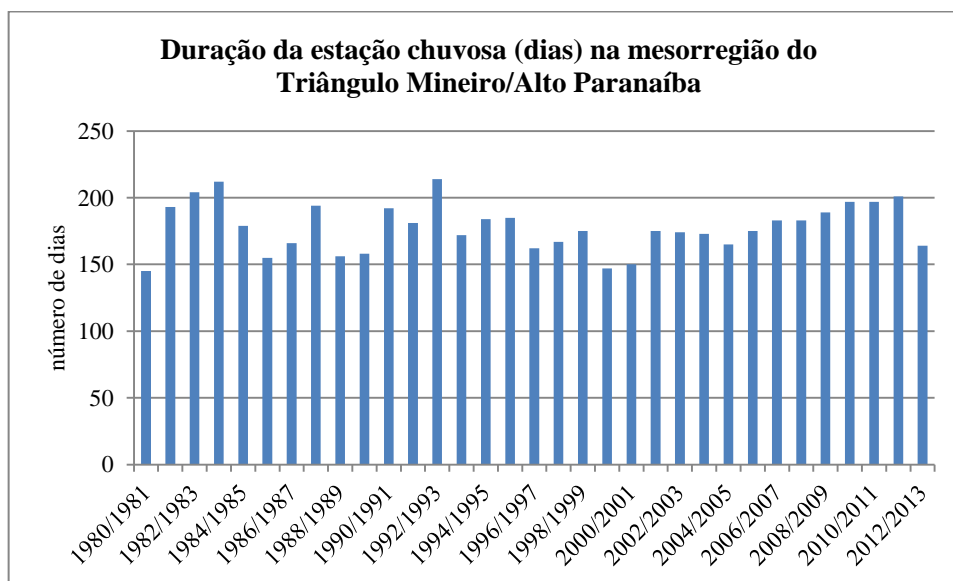
É possível notar uma variabilidade anual, mas também uma variação espacial significativa dos totais pluviométricos em um mesmo ano, pois alguns anos apresentam uma amplitude grande em relação ao total anual das chuvas, com alguns postos pluviométricos chuvosos e outros secos, destacando a variabilidade que caracteriza o regime pluviométrico do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

4.3.2 Variabilidade da duração das estações seca e chuvosa

Apesar de haver um predomínio de duração de seis meses para a estação seca e seis meses para a estação chuvosa, ocorrem variações entre a data de início e fim das estações, bem como da duração das mesmas.

Analizando os dados da série histórica de todos os 19 postos pluviométricos, a média de início e fim da estação chuvosa é, respectivamente, de 14/10 a 10/04, com uma duração de 178 dias, cerca de 6 meses. Porém há anos em que a estação chuvosa tem duração de apenas 145 dias (1980/1981), menos de cinco meses. Já a estação chuvosa mais longa tem duração de 214 dias (1992/1993), mais de sete meses. O Gráfico 5 permite observar que 32% dos anos apresentam duração de 145 a 170 dias, 38% apresentam duração de 170 a 190 dias, e 26% apresentam estação chuvosa com duração de 190 dias a 214 dias, obtendo assim a prevalência da duração da estação chuvosa com extensão de cinco meses e meio a seis meses e dez dias.

Gráfico 5- Duração média em dias da estação chuvosa ao longo da série histórica.



Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

Em relação ao início da estação chuvosa e fim da estação seca, predomina o mês de outubro, o equivalente a 22 ocorrências, cerca de 27% dos anos analisados. Relativo ao período do mês em que se inicia a estação chuvosa em outubro, em metade dos anos se inicia na primeira quinzena do mês e metade na segunda quinzena.

Quadro 5- Início e fim da estação chuvosa ao longo da série histórica (1980-2013).

Meses	Setembro						Outubro						Novembro						Dezembro						Janeiro						Fevereiro						Março						Abril						Maio					
Pêntadas	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1980/198																																																						
1981/198																																																						
1982/198																																																						
1983/198																																																						
1984/198																																																						
1985/198																																																						
1986/198																																																						
1987/198																																																						
1988/198																																																						
1989/199																																																						
1990/199																																																						
1991/199																																																						
1992/199																																																						
1993/199																																																						
1994/199																																																						
1995/199																																																						
1996/199																																																						
1997/199																																																						
1998/199																																																						
1999/200																																																						
2000/200																																																						
2001/200																																																						
2002/200																																																						
2003/200																																																						
2004/200																																																						
2005/200																																																						
2006/200																																																						
2007/200																																																						
2008/200																																																						
2009/201																																																						
2010/201																																																						
2011/201																																																						
2012/201																																																						
Média																																																						

Fonte: Adaptado de Ferreira (2007, p.99) e Assunção (2013, p.10). Dados: SANTOS, J. G

Todavia, há anos em que a estação chuvosa iniciou precocemente, no mês de setembro, 15% dos anos, em que se destaca os períodos: 1983/1984; 1992/1993; 2006/2007; 2009/2010; 2010/2011. Em relação ao período do mês em que se inicia a estação chuvosa em setembro predominou a segunda quinzena do mês.

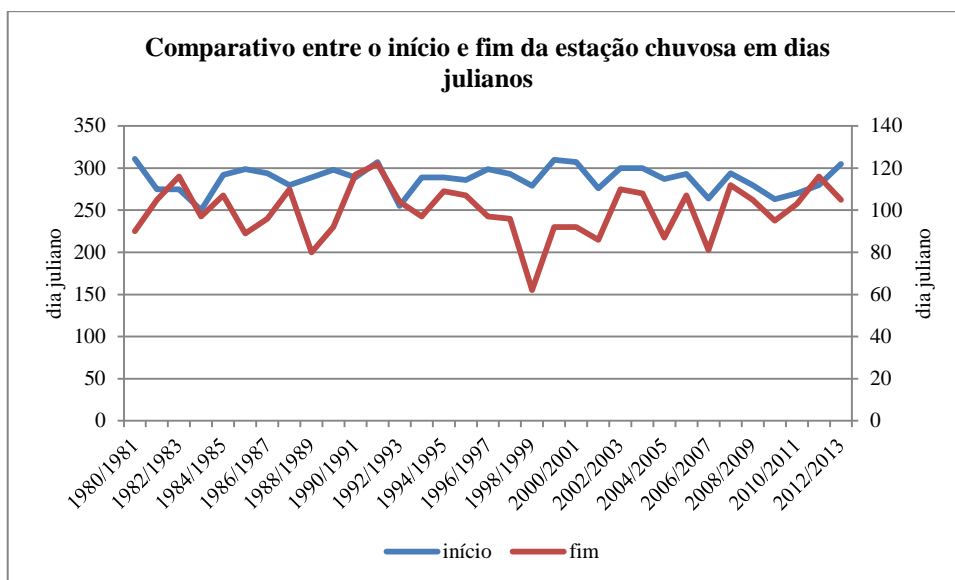
O início mais tardio da estação chuvosa, observado em relação a media de toda a mesorregião, é o início da estação chuvosa no mês de novembro, que ocorre nos anos 1980/1981 e 1999/2000. Em todas as situações, a estação chuvosa se inicia no início do mês, nos 10 primeiros dias.

Em relação ao fim da estação chuvosa predomina o mês de abril, com 25 ocorrências, equivalente a 76% dos anos analisados, sendo registrado predominantemente nos 20 primeiros dias do mês.

O fim da estação chuvosa no mês de março ocorre predominantemente no final do mês, nos últimos 5 dias, sendo registrado em 9 anos, cerca de 27% da série histórica, dos quais enumera-se: 1980/1981; 1985/1986; 1988/1989; 1989/1990; 1998/1999; 2001/2002; 2006/2007 e 2007/2008.

Na tentativa de estabelecer uma relação entre o início e o fim da estação chuvosa, conforme mencionado na metodologia, foi elaborado o Gráfico 6. Segundo o resultado, não foi possível estabelecer uma relação ou padrão entre os períodos, ou seja, se a estação chuvosa iniciou mais cedo não necessariamente ela terminará mais cedo, ou vice e versa.

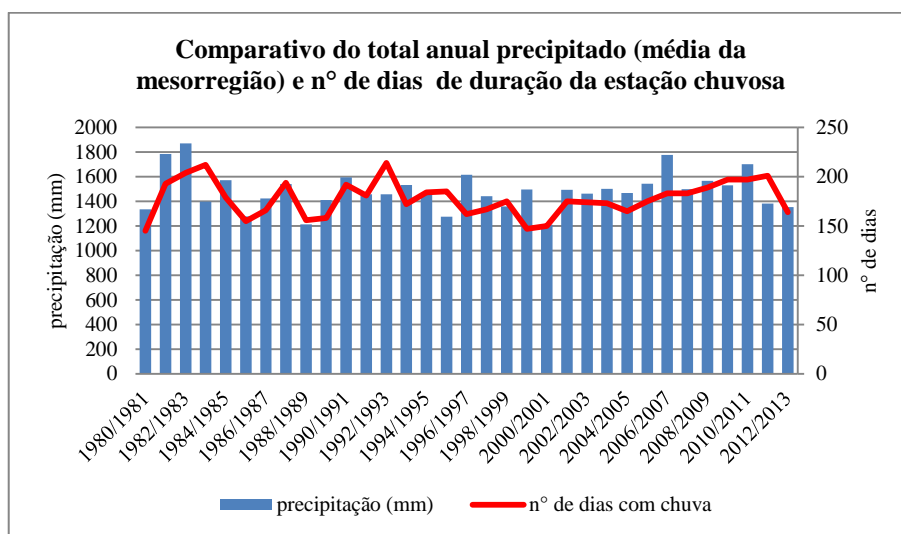
Gráfico 6 - Comparativo entre as datas de início e fim da estação chuvosa na mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba.



Fonte: SANTOS, J. G.

Em relação ao comparativo da duração da estação chuvosa, em dias, com o total precipitado (mm) é possível observar que na maioria dos anos ocorre correlação, especialmente anos em que as chuvas foram abaixo da média, por exemplo, nos anos 2012/2013, 1985/1986 e 1990/1981. Porém em muitos anos não houve nenhuma relação como em 1983/1984 e 1992/2003. Sendo assim, é possível afirmar que na maior parte dos anos, quanto mais extensa a estação chuvosa, maior a precipitação acumulada no período. (Gráfico 7)

Gráfico 7- Comparativo entre o total anual precipitado e a duração da estação chuvosa na mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba.



Fonte: SANTOS, J. G.

4.3.3 Variabilidade mensal das chuvas

Assim como ocorrem anos mais secos e mais chuvosos, ao analisar os dados mensais de pluviometria verifica-se uma variabilidade significativa. Essa variação ocorre ao longo dos anos da série histórica, mas também espacialmente.

Considerando que cada ano da série histórica obteve um total diferente, podendo ser classificado em habitual, chuvoso ou seco, optou-se por não comparar o valor da pluviosidade em milímetros (Anexo 3) e sim calcular a contribuição do mês (%) em relação ao total pluviométrico do ano correspondente.

O resultado está explícito no pluviograma (Tabela 5), em que os números indicam a contribuição do mês em relação ao acumulado anual da pluviosidade, sendo o mês mais chuvoso de cada ano destacado com a fonte branca.

Ao observar de maneira geral, é possível notar as características citadas nos capítulos anteriores: sazonalidade climática marcante, com as chuvas concentradas principalmente em dezembro e janeiro e os meses mais secos no trimestre junho/julho/agosto.

Em relação ao mês mais chuvoso do ano, que está escrito em branco, verifica-se que em 44% dos anos o mês mais chuvoso é janeiro, seguido de dezembro que possui 35% das ocorrências. Fevereiro é o mês mais chuvoso em 12% dos registros. Em casos excepcionais os meses de novembro e março são registrados como sendo os mais chuvosos, 6% e 3% dos anos respectivamente (Tabela 5).

Conforme afirmado anteriormente, analisando a estação chuvosa (outubro a março) na tabela, verificamos que ela contribui em média com 85% do total anual. Já os demais seis meses caracterizando a estação seca, de abril a setembro, contribuem com apenas 15% do total anual (Tabela 5).

Para facilitar a análise, foi utilizado o desvio quartílico para explicar o comportamento pluviométrico mensal: habitual, chuvoso ou seco. Sendo assim, será descrita a média de contribuição mensal das chuvas e posteriormente serão comentados os anos com as menores médias de pluviosidade em relação ao total anual e as maiores em seguida.

Tabela 5- Pluviograma da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	21	19	4	9	2	3	0	1	3	4	14	21
1981	18	6	16	3	1	3	0	0	1	14	17	22
1982	25	7	20	3	4	1	1	1	3	9	7	20
1983	21	16	11	7	3	1	2	0	5	10	10	15
1984	15	9	10	9	4	0	0	5	7	7	14	20
1985	32	11	18	5	1	0	0	0	2	6	12	13
1986	19	15	13	3	5	0	2	5	2	6	7	23
1987	18	11	13	7	2	1	0	0	4	9	14	22
1988	14	21	14	9	2	1	0	0	1	12	10	17
1989	13	18	9	3	1	1	3	2	4	5	15	26
1990	17	17	10	7	4	0	2	6	5	10	11	11
1991	27	14	20	7	1	0	0	0	2	6	8	14
1992	22	16	9	7	3	0	0	1	7	12	11	12
1993	10	21	9	6	2	3	0	2	7	7	9	25
1994	25	9	19	4	3	1	1	0	0	7	13	19
1995	13	26	10	5	7	1	0	0	3	7	9	19
1996	17	11	13	5	4	1	0	1	7	5	19	18
1997	26	7	12	5	3	6	0	0	4	7	15	16
1998	15	17	11	7	4	0	0	4	2	11	11	17
1999	20	15	18	3	1	1	0	0	6	4	13	18
2000	22	20	15	3	0	0	1	1	6	3	14	15
2001	13	8	13	3	5	0	0	2	4	7	17	27
2002	19	28	8	1	3	0	1	0	4	5	11	20
2003	29	10	15	7	2	0	0	1	3	4	13	15
2004	21	17	11	8	2	1	2	0	0	6	9	23
2005	26	5	14	2	5	1	0	1	4	6	17	19
2006	13	12	15	6	1	0	0	1	4	13	13	22
2007	33	17	7	4	1	0	2	0	0	6	12	18
2008	19	17	13	8	2	1	0	0	2	6	9	24
2009	18	13	12	4	2	2	0	2	7	7	12	21
2010	17	10	14	5	2	1	0	0	5	11	19	17
2011	17	9	27	7	0	1	0	0	0	9	9	19
2012	23	12	10	8	3	6	0	0	3	4	16	13
2013	21	9	14	8	6	1	1	0	2	8	13	16
Média	20	14	13	6	3	1	1	1	3	7	12	19
Mediana	19	14	13	5	2	1	0	0	3	7	12	19
Mínimo	10	5	4	1	0	0	0	0	0	3	7	11
Máximo	33	28	27	9	7	6	3	6	7	14	19	27

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

O mês de outubro contribui com o menor total de chuvas da estação chuvosa, 7% em média, sendo que em 52% dos anos, outubro contribui de 6% a 9% com o total anual de precipitação. O mínimo registrado é 3% no ano 2000, assim sendo, 24% dos anos os valores de chuva são

abaixo da média, de 3% a 5% do total anual. Já o máximo é 14% em 1981, com 24% dos anos com valores acima da média, 10% a 14% das chuvas anuais (Tabela 5).

Em relação ao mês de novembro, a média é de 12% da pluviosidade anual, sendo que em 52% dos anos os registros acumulam 10% a 14% da precipitação. O mínimo registrado é de 7% do total anual em 1982, sendo que os valores entre 7% e 9% de chuva em relação ao total anual representam 24% dos anos. Os 24% com maiores registros ficam entre 15% e 19%, o máximo da série histórica, registrados em 1997 e 2010 (Tabela 5).

Relativo ao mês de dezembro, em 52% dos anos analisados, as chuvas representam de 16% a 21%, com uma média de 19%. Nos anos com dezembro menos chuvoso (24%), os valores ficam entre 11% e 15% do total anual, sendo que o mínimo é registrado em 1990. Já os 24% dos anos com maior volume de chuva em dezembro, ficam entre 22% e 27% do total anual, sendo o máximo registrado no ano 2001 (Tabela 5).

Em janeiro a média dos totais mensais de chuva ficou em 20%, sendo que a maioria (52%) ficou entre 17% e 23%. O 24% representando os menores valores ficam entre 10% e 15%, sendo que, o mínimo é registrado em 1993. Os 24% dos anos relativos aos maiores totais pluviométricos em janeiro oscilam de 25% a 33%, sendo o máximo registrado em 2007 (Tabela 5).

O mês de fevereiro contribui com uma média de 14% do total anual, sendo que o mínimo é registrado em 2005, equivalente a 5% e o máximo em 2002, 28%. Em 52% dos anos, fevereiro forneceu de 10% a 17% ao total anual de precipitação. Em 24% dos anos os valores de chuva são de 5% a 9% do total anual e em 24% relativo aos valores superiores, ficam entre 17% e 28% (Tabela 5).

Em relação ao mês de março, a média é de 13% da pluviosidade anual, sendo que em 52% dos anos os registros acumulam 11% a 15% da precipitação. O mínimo registrado é de 4% do total anual em 1980, sendo que os valores mínimos entre 4% e 10% de chuva em relação ao total anual representam 24% dos anos. Os 24% com maiores registros ficaram entre 15% e 27%, o máximo da série histórica registrado em 2011 (Tabela 5).

A partir do mês de abril as alturas pluviométricas diminuem consideravelmente, pois normalmente é quando se inicia a estação seca, mesmo assim, abril é o mês mais chuvoso da estação. Em média o mês de abril contribui com 6% das chuvas anuais, sendo que, em 52% do tempo as chuvas variam de 4% a 7% do total anual. O mínimo registrado foi 1% em 2002 e o máximo 9% com três ocorrências, em 1980, 1984 e 1988 (Tabela 5).

No mês de maio as chuvas são escassas contribuindo apenas com uma média de 3% das alturas pluviométricas anuais, sendo que em 85% do tempo as chuvas ficam entre 0% e 4%. Em apenas 15% dos anos foram registradas chuvas acima desses valores, de 5% a 7%, sendo o valor máximo registrado no ano de 1995 (Tabela 5).

Como mencionado anteriormente o trimestre de junho/julho e agosto é o mais seco do ano, portanto é comum não ser registradas chuvas nesse período. A média de contribuição de cada um dos três meses é a mesma, 1%, sendo que em junho e agosto, 85% dos anos analisados a contribuição desses meses ficou entre 0% e 2% e nos 15% restantes, o máximo registrado é de 6%. No mês de julho a situação é mais crítica, pois em 85% do tempo as chuvas ficam entre 0% e 1%, e nos 15% do tempo restantes, a contribuição chega a apenas 3% do total pluviométrico anual.

Nesse trimestre é comum a ocorrência de longos períodos de estiagem. Verifica-se que em 41% dos anos ocorre pelo menos 60 dias sem registros pluviométricos em toda mesorregião e em casos extremos, nos anos de 1985 e 1991, não foi registrada nenhuma chuva em todo o período.

O mês de setembro normalmente marca o último mês da estação seca, com um comportamento semelhante ao mês de maio, uma média de 3% em relação ao total anual, sendo que em 80% do tempo as chuvas contribuem de 0% a 5% do total e nos 20% restantes as chuvas representam de 6% e 7% das chuvas anuais (Tabela 5).

A partir da Tabela 5 é possível perceber que, apesar de ter um padrão de chuvas esperadas para determinado mês, a variabilidade é bastante significativa de um ano para o outro, especialmente na estação chuvosa, que obteve o mês com máxima contribuição anual registrada em seis meses diferentes. Nos meses de transição de uma estação para outra essa

variação é ainda mais significativa, tendo em vista que a estação chuvosa tem seu início e fim variável como discutido anteriormente, o que acentua a variabilidade pluviométrica nos anos.

4.3.4 Variabilidade diária das chuvas: curva de permanência, intensidade dos eventos pluviométricos e veranicos.

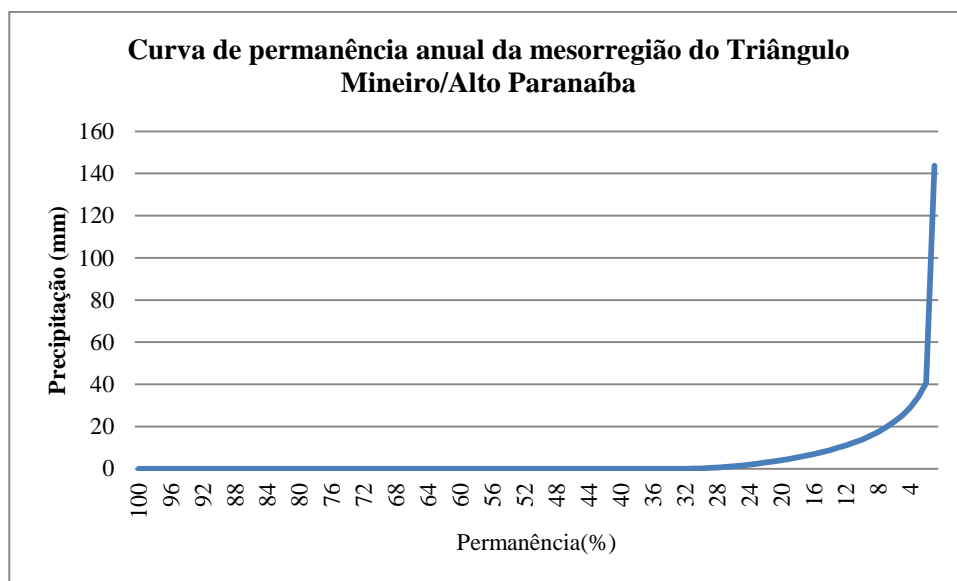
Conforme discutido no item anterior, o total mensal varia ano a ano. No entanto, o total pluviométrico de um mês pode se concentrar em apenas alguns dias, ou mesmo em algumas horas. Esses eventos extremos, seja de um grande volume de chuva precipitado em poucos dias ou um longo período de estiagem na estação chuvosa, são importantes, pois podem resultar em grandes perdas na agricultura, enchentes nas áreas urbanas e outros problemas relacionados. Por isso, a seguir, serão apresentados resultados de metodologias aplicadas à análise de distribuição e intensidade das chuvas diárias.

4.3.4.1 Curva de permanência

A curva de permanência é um instrumento importante de análise de dados diários de chuva, pois, como mencionado na metodologia, ela é capaz de sintetizar em um único gráfico, a frequência dos eventos pluviométricos diários de toda a série histórica.

Observando a curva de permanência anual da média de todos os postos pluviométricos da mesorregião (Gráfico 8) é possível observar a permanência, ou seja, a frequência da precipitação de acordo com os valores em milímetros. Dessa forma, a curva de permanência geral do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba indica que em apenas 30% do tempo são registradas chuvas na mesorregião, sendo que as chuvas acima de 4 mm são registradas em apenas 20%, em 10% são registradas as chuvas acima de 14 mm e em 5% do período são registradas as chuvas diárias acima de 25 mm.

Gráfico 8- Curva de permanência anual da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.



Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

Considerando a sazonalidade marcante da mesorregião, a curva de permanência geral não permite maiores detalhes em relação aos meses em que se concentram as chuvas. Por isso foram calculadas as curvas de permanência médias de todos os meses referentes à mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. A análise das curvas de permanência de cada mês se iniciará a partir do mês de outubro, quando a estação chuvosa se inicia, seguindo sequencialmente até o mês de setembro.

O mês de outubro apresenta uma frequência de precipitações em 32% do período, sendo que as precipitações acima de 3,4 mm são registradas em 20%. Em 10% os índices de chuva sobem para 12 mm e em apenas 5% do tempo são registradas chuvas acima de 23 mm (Figura 4).

Em novembro as chuvas se intensificam, e a curva se modifica, pois são registradas chuvas em 49% do período mensal. Em 30% são registradas precipitações mais significativas, acima de 4 mm. Em 20% são registradas chuvas acima de 9 mm. As chuvas acima de 20 mm são registradas em 10% do tempo e as chuvas acima de 32 mm são registradas em 5%. (Figura 4).

Dezembro e janeiro se caracterizam por serem os meses mais chuvosos da mesorregião e a curva de permanência nesses dois meses é bastante semelhante. Nos dois meses, são registradas chuvas em 60% do tempo. Em 30% as chuvas diárias são superiores a 9 mm. Em

20% as chuvas são superiores a 15 mm. As chuvas acima de 28 mm ocorrem em 10% e as precipitações acima de 40 mm ocorrem em 5% do tempo. Portanto, pode-se afirmar que esses meses são bastante chuvosos, pois chove em mais da metade do mês e ocorrem chuvas intensas, acima de 30 mm, pelo menos em 6 dias nesse bimestre (Figura 4).

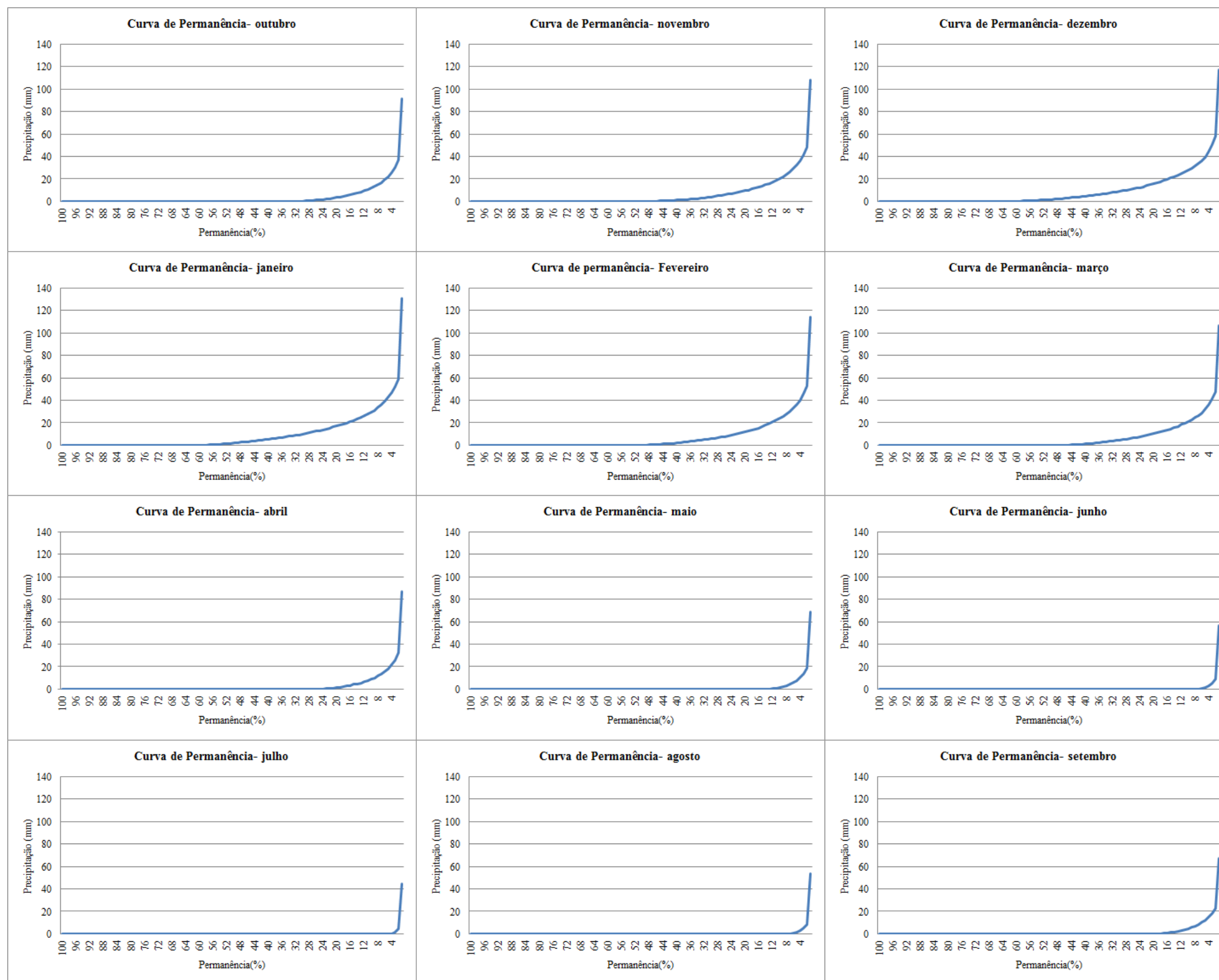
Os meses de fevereiro e março também apresentam uma curva de permanência semelhante. O volume de chuvas nesses meses diminui e a estação chuvosa termina no final do mês de março e início de abril. Nesses meses, as chuvas ocorrem em 50% do tempo. Em 30% ocorrem chuvas superiores a 6 mm em fevereiro e 4,5 mm em março. Em 20% do período, em fevereiro, as precipitações ocorrem acima de 12 mm e em março, acima de 10 mm. Em 10% do tempo as chuvas são superiores a 24 mm em fevereiro, e 21 mm em março. Ou seja, a frequência de chuvas é bem semelhante nesses dois meses, ocorrendo uma pequena redução na média do mês de março (Figura 4).

O mês de abril inicia a estação seca. Apesar da redução considerável das alturas pluviométricas, esse mês é o mais chuvoso da estação seca, acumulando em média 80 mm. Em relação à distribuição das chuvas, elas ocorrem em 25% do tempo. Sendo que as chuvas acima de 9 mm ocorrem em 10% e as chuvas acima de 17 mm ocorrem em apenas 5% do período (Figura 4).

Em maio, as chuvas reduzem-se pela metade em relação ao mês de abril. As chuvas ocorrem apenas em 14% dos dias dos meses de maio do período de análise, sendo que as aquelas com valores mais significativos, acima de 10 mm diários, ocorrem apenas em 4%. O que caracteriza os eventos pluviométricos desse mês são chuvas bem fracas e esparsas (Figura 4).

Como mencionado anteriormente, o trimestre junho/julho/agosto é o mais seco do ano, sendo comuns longos períodos de estiagem. Junho e agosto são muito semelhantes e julho se diferencia por ser ainda mais seco que os demais. Ao observar a curva de permanência desses meses fica claro que as chuvas são muito escassas, sendo que as chuvas acima de 5 mm ocorrem em apenas 3% do período, o que diminui para menos de 2% em julho.

Figura 4 –Conjunto de gráficos contemplando a variação da curva de permanência da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba de outubro a setembro.



Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G.

A partir de setembro as chuvas começam a aumentar, sendo esse o último mês característico da estação seca. Nesse mês ocorrem chuvas em 19% do tempo, sendo que chuvas com um volume mais significativo, acima de 10 mm, ocorre em 6% (Figura 4).

4.3.4.2 Variabilidade da intensidade das precipitações diárias

O total da precipitação diária apresenta uma grande variabilidade como foi possível observar nas curvas de permanência. Mas além de apresentar a frequência desses eventos pluviométricos, neste capítulo é analisada a contribuição de cada classe de precipitação para o somatório total das alturas pluviométricas. Como mencionado na metodologia, foram determinadas quatro classes: <10 mm (chuva fraca), 10 mm a 20 mm (chuva moderada), 20 mm a 30 mm (chuva moderada a forte), >30 mm (chuva forte).

A escolha de determinar as classes até a margem de 30 mm se deve ao fato de que os eventos pluviométricos inseridos nessa classe foram considerados concentrados e a chuva pode ser classificada como forte. São eventos capazes de causar erosão do solo, prejudicar culturas, dentre outros danos na zona rural, e nas áreas urbanas é capaz de causar inundações dependendo da morfometria das bacias, condições de impermeabilização do solo e da topografia.

Como observado na Tabela 6, a maioria da ocorrência de precipitações diárias ocorre abaixo de 10 mm, chuvas fracas, uma média de 55% do total, sendo que o valor mínimo é registrado em Sacramento (39%) e o máximo em Iturama (61%). Apesar de essa classe ser a mais frequente em relação às demais, ela representa apenas uma média de 16% do somatório das alturas pluviométricas em milímetros, sendo o mínimo registrado em Tupaciguara (12%) e o máximo em Santa Juliana (19%).

Em relação à classe de chuvas moderadas, 10 mm a 20 mm, as ocorrências correspondem a 21% do total, variando de 17% em Iturama a 31% em Sacramento. Em relação à somatória total das precipitações em milímetros, essa é a classe mais proporcional, pois apresenta o mesmo valor da média de ocorrências, 21% do total, variando de 19% em Iturama a 25% em Sacramento. (Tabela 6).

Tabela 6- Ocorrência do número total de dias com chuva segundo as classes de precipitações (%) e a somatória em milímetros de cada classe para o total da série histórica (%).

Posto	Município	Chuva fraca		Chuva moderada		Chuva moderada a forte		Chuva forte	
		<10mm		10mm-20mm		20mm-30mm		>30mm	
		ocorrência %	Soma %	ocorrência %	Soma %	ocorrência %	Soma %	ocorrência %	Soma %
184500	Tiros	58	16	19	20	11	19	13	46
184600	Patrocínio	56	18	21	23	10	19	12	41
184601	Patos de	59	15	18	19	10	18	13	47
184700	Monte	58	16	21	23	9	18	12	43
184800	Tupaciguara	45	12	24	19	14	20	17	49
184801	Araguari	60	16	18	20	9	17	13	47
184900	Ituiutaba	54	16	22	24	13	23	11	38
194600	Ibiá	58	17	21	23	10	19	11	41
194600	São Gotardo	58	16	20	21	11	20	12	43
194700	Santa Juliana	58	19	21	23	10	19	11	40
194700	Perdizes	55	18	21	21	11	18	13	43
194700	Sacramento	39	13	31	25	14	20	16	42
194800	Uberlândia	56	18	21	22	10	18	13	42
194800	Campo	55	15	20	20	11	19	14	45
194900	Prata	51	15	23	22	12	19	14	44
194900	Campina	59	17	19	21	9	18	12	45
194900	Comendador	57	15	19	20	10	17	14	47
195000	Iturama	61	16	17	19	9	16	13	48
195001	Santa Vitória	52	16	22	21	12	19	14	44
Média		55	16	21	21	11	19	13	44
Mediana		57	16	21	21	10	19	13	44
Máximo		61	19	31	25	14	23	17	49
Mínimo		39	12	17	19	9	16	11	38
Amplitude		22	7	13	6	6	6	6	11

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

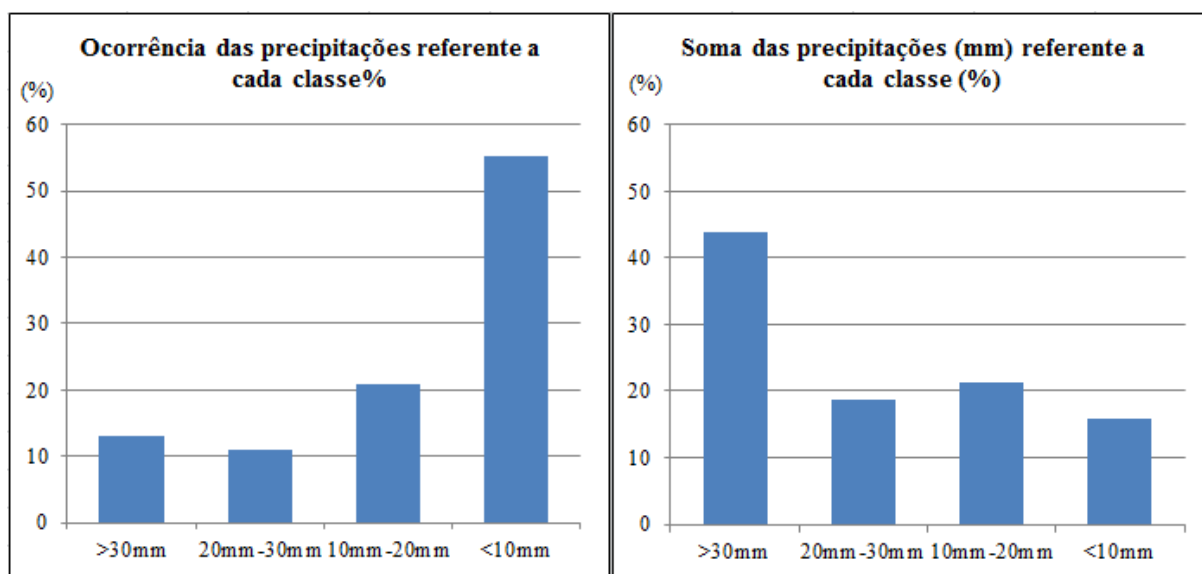
As precipitações classificadas como moderadas a forte, de 20 mm a 30 mm, representaram uma média 11% em relação ao total de ocorrências, variando de 9% em Monte Carmelo, Araguari, Campina Verde e Iturama a 14% em Tupaciguara e Sacramento. Apesar de possuir a menor frequência, em relação à contribuição desses eventos para o total da precipitação em milímetros, a média foi de 19%, variando de 16% em Iturama a 23% em Ituiutaba. (Tabela 6).

Ao analisar os dados referentes às precipitações fortes, acima de 30 mm, a frequência foi de 13% em média, com o mínimo de 11% em Santa Juliana a 17% em Tupaciguara. Apesar de ter uma frequência relativamente pequena, esses eventos pluviométricos concentram 44% da

precipitação média anual, sendo que em Ituiutaba esse índice correspondeu a 38%, o menor na mesorregião, e em Tupaciguara, a 49%, a maior incidência da mesorregião. (Tabela 6).

Ao comparar todas as classes de precipitação, vide Gráfico 9, é possível observar que a maioria das chuvas é fraca, ocorrendo abaixo de 10 mm, e são pouco significantes para o total das alturas pluviométricas. As precipitações de 10 mm a 20 mm, chuvas moderadas, são pouco mais frequentes e representam a equivalência de valores em relação ao volume acumulado em milímetros. A classe de 20 mm a 30 mm, chuvas moderadas a fortes, apresenta inversão de valores, sendo pouco frequentes (10%), mas representam o dobro do índice em relação ao acumulado da precipitação em milímetros. Já em relação às precipitações classificadas como fortes, acima de 30 mm, que também apresenta pouca frequência (13%), são responsáveis por quase a metade (44%) de todo o volume pluviométrico anual.

Gráfico 9- Comparativo da ocorrência do número total de dias com chuva segundo as classes precipitações (%) e a somatória em milímetros de cada classe para o total da série histórica (%).



Fonte: SANTOS, J. G

Esses dados indicam que, além das precipitações anuais serem concentradas nos meses de janeiro e dezembro, como indicado anteriormente, os eventos pluviométricos ocorrem na forma de chuvas diárias relativamente intensas.

4.3.4.3 Veranicos

Como mencionado nos capítulos anteriores, as chuvas no Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba ocorrem normalmente concentradas de outubro ao início de abril, quando se espera mais de 80% da pluviosidade anual. Porém, as chuvas da estação chuvosa não são uniformemente distribuídas ao longo do período, ocorrendo períodos de estiagem, denominados veranicos, que podem ser de apenas 6 dias ou podem superar 18 dias.

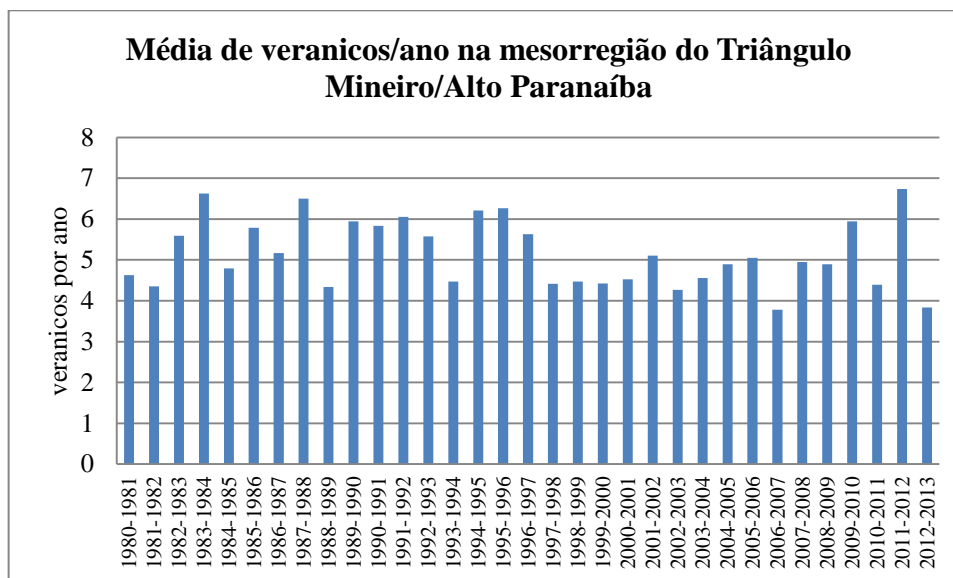
Assim como as chuvas concentradas podem causar prejuízos diversos, a ausência de chuvas, quando não esperada, também causa diversos problemas, principalmente relacionados à agricultura convencional, que não utiliza técnicas de irrigação.

Dependendo da cultura, um veranico de 7 a 8 dias pode resultar em perdas significativas. A ocorrência de longos períodos de estiagem na estação chuvosa afeta também os reservatórios de abastecimento de água e geração de energia elétrica.

Os veranicos registrados nas séries históricas foram bastante variáveis ao longo dos trinta anos e ao longo dos 19 postos pluviométricos utilizados na análise. Porém é possível observar no Gráfico 10 que não houve um ano sequer em que não houvesse a ocorrência de veranicos, sendo esse, um fenômeno comum na mesorregião.

Analisando os dados de maneira geral, a média de veranicos por ano variou de 3,8 (2006/2007) até 6,7 (2011/2012), como pode ser observado no Gráfico 10. A média de todos os anos, em todas as estações foi de 5,1 veranicos em uma estação chuvosa. Mas esse número é variável de acordo com o ano e o posto pluviométrico. O máximo de veranicos registrados por ano em um posto pluviométrico foram 11 veranicos, com 3 ocorrências, e o mínimo foi 1 veranico, com 11 ocorrências.

Gráfico 10- Média anual da ocorrência de veranicos ao longo da série histórica dos postos localizados na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.



Fonte: SANTOS, J. G

É importante salientar que assim como há uma variação do início e fim da estação chuvosa nas diversas localidades da mesorregião, também ocorre variação na ocorrência dos veranicos. Desse modo, em um ano pode ocorrer que em um município suceda apenas 1 veranico e em outro aconteçam 11, tendo em vista a extensão e a diversidade fisiográfica da área de estudo. Mas em postos pluviométricos mais próximos, com cerca de 60 km, também é possível observar uma variação nesses números, porém menos expressiva. Esse fato revela o quanto as chuvas diárias são dependentes de condições locais para a sua ocorrência, relacionados à atuação de sistemas atmosféricos regionais, fatores locais de altitude e orientação das vertentes.

Em relação ao número total de registros de veranicos ao longo dos 34 anos, foram comparados apenas 6 postos pluviométricos, pois foram os postos que não continham nenhuma falha (ausência de dados) em toda a série histórica (Anexo 1).

Na Tabela 7 é possível observar que a ocorrência total de veranicos variou de 153 no posto localizado em Patos de Minas a 191, nos postos de Campo Florido e Comendador Gomes, respectivamente. Essa variação coincide com a localização dos postos pluviométricos, sendo Tiros e Patos de Minas postos localizados na porção leste da mesorregião e os demais postos,

que também são próximos uns aos outros, localizados na porção oeste a uma distância de mais de 300 km.

Tabela 7- Soma da ocorrência de veranicos segundo as classes na série histórica (1980-2013)

Posto	Município	6	7 a 8	9 a 12	13-18	>18	Total
1845004	Tiros	28	54	40	23	13	158
1846019	Patos de Minas	31	46	49	23	4	153
1948007	Campo Florido	52	67	57	11	4	191
1949004	Campina verde	40	71	57	22	0	190
1949005	Comendador Gomes	39	75	60	17	0	191
1950000	Iturama	42	67	55	17	5	186

Fonte: SANTOS, J. G

Conforme mencionado no item referente aos procedimentos metodológicos (3.4), a duração dos veranicos é variável, por isso foi escolhida uma metodologia com cinco classificações (Assunção e Leitão Júnior, 2006), como pode ser observada na Tabela 8. Como a maioria dos postos pluviométricos não dispunham de 34 anos sem falhas, os dados foram organizados de maneira a observar a frequência em porcentagem de cada classe de veranico em relação ao total do próprio posto, tendo em vista que não seria possível comparar o número bruto de ocorrências entre os postos.

Verifica-se que a classe com maior frequência são os veranicos fracos, de 7 a 8 dias, com 33% em média. Em relação aos postos, essa classe varia de 27% em Tupaciguara a 40% em Uberlândia (Tabela 8).

A segunda classe mais frequente são os veranicos médios, de 9 a 12 dias com 31%, em média. Varia de 25% em Tiros a 35% em Tupaciguara. Verifica-se, portanto, que aproximadamente 64% dos veranicos tem duração de 7 a 12 dias sendo classificados de fracos a médios (Tabela 8).

A terceira classe mais frequente são os veranicos inapreciáveis, de 6 dias, que ocorrem 21% do tempo, em média. A variação entre os postos é de 14% em Santa Vitória a 27% em Campo Florido (Tabela 8). Os veranicos muito fortes, de 13 a 18 dias, ocorrem em média 12% do tempo, com uma variação de 6% em Campo Florido e 18% em São Gotardo. Já os veranicos muito fortes, com duração maior que 18 dias representam apenas 3% em média, variando de

0% em Campina Verde e Comendador Gomes a 8% em Tiros, sendo o último um número elevado para a classe (Tabela 8). Apesar de apresentarem pouca relevância em relação ao total (15%), os veranicos fortes e muito fortes são os mais preocupantes, tendo em vista que podem trazer muitos prejuízos à agricultura.

Tabela 8- Ocorrência de veranicos (%) segundo as classes de duração em dias.

Posto	Município	Classes de veranicos segundo a duração em dias				
		6	7 a 8	9 a 12	13-18	>18
1845004	Tiros	18	34	25	15	8
1846002	Patrocínio	14	33	32	15	5
1846019	Patos de Minas	20	30	32	15	3
1847000	Monte Carmelo	23	31	28	16	2
1848004	Tupaciguara	19	27	35	14	6
1848010	Araguari	20	31	34	13	2
1849000	Ituiutaba	20	34	30	11	3
1946004	Ibiá	21	31	32	11	5
1946009	São Gotardo	19	31	29	18	3
1947001	Santa Juliana	19	32	33	12	3
1947007	Perdizes	24	31	33	9	2
1947008	Sacramento	26	33	29	10	2
1948006	Uberlândia	20	40	29	9	2
1948007	Campo Florido	27	35	30	6	2
1949002	Prata	23	34	30	12	1
1949004	Campina verde	21	37	30	12	0
1949005	Comendador Gomes	20	39	31	9	0
1950000	Iturama	23	36	30	9	3
1950011	Santa Vitória	14	36	30	13	6

Fonte: SANTOS, J. G

Na Tabela 9 é possível observar os eventos de veranico em relação ao mês de ocorrência. A análise segue o proposto na tabela anterior de cálculo da porcentagem, tendo em vista os problemas com as falhas nas séries históricas.

Os meses que apresentaram maior ocorrência de veranicos foram fevereiro e março, com uma média de 19% e 18% respectivamente. Em relação aos veranicos em fevereiro, variaram de 12% em Campo Florido e Comendador Gomes a 24% em Monte Carmelo. Já os veranicos em março variaram de 12% em Prata a 21% em Araguari e Tiros (Tabela 9).

Cupollilo e Fernandes (2011, p. 3) explicam a predominância da ocorrência de veranicos entre o terceiro decêndio de janeiro e o segundo decêndio de fevereiro:

Observa-se que no 3º decêndio de janeiro e o 2º decêndio de fevereiro demonstram a presença de bloqueios atmosféricos, ocasionados pela presença VCAN, em 200 hPa, impedindo chegada de sistemas frontais sobre Minas Gerais, concomitantemente favorecendo condições de estabilidade atmosférica à superfície. Tais condições geram um mecanismo de subsidência do ar responsável pela formação de um Veranico Climatológico, responsável pela *brusca queda no padrão das chuvas*.

O mês de novembro também apresentou uma média alta, 17%, variando de 13% em Araguari e Tiros a 21% em Prata e Campina Verde. Nos meses de fevereiro e março os veranicos são mais comuns devido ao fim da estação chuvosa que se aproxima, diminuindo consequentemente a frequência das chuvas. Já no mês de novembro ocorre o inverso, pois se caracteriza em alguns anos pelo início da estação chuvosa.

Tabela 9- Ocorrência de veranicos (%) de acordo com o mês.

Posto	Município	Ocorrência de veranicos por mês (%)								
		set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai
1845004	Tiros	3	13	13	11	14	20	21	6	0
1846002	Patrocínio	1	8	19	7	13	23	20	9	0
1846019	Patos de Minas	2	9	14	11	13	21	20	10	0
1847000	Monte Carmelo	1	10	18	10	11	24	17	8	1
1848004	Tupaciguara	1	12	19	9	16	19	17	7	0
1848010	Araguari	3	13	13	11	14	20	21	6	0
1849000	Ituiutaba	1	12	19	10	15	16	18	9	0
1946004	Ibiá	3	17	14	8	11	22	18	6	0
1946009	São Gotardo	3	8	14	8	14	21	18	10	3
1947001	Santa Juliana	2	11	16	8	14	23	19	6	0
1947007	Perdizes	2	9	16	4	9	23	20	16	1
1947008	Sacramento	1	8	19	6	13	17	19	13	3
1948006	Uberlândia	3	12	17	12	15	16	16	9	1
1948007	Campo Florido	3	13	20	9	10	12	16	14	3
1949002	Prata	3	15	21	11	12	15	12	11	0
1949004	Campina verde	3	13	21	11	11	14	15	12	0
1949005	Comendador Gomes	3	15	19	9	10	12	18	12	1
1950000	Iturama	1	15	18	13	15	17	15	6	0
1950011	Santa Vitória	3	6	18	14	18	19	17	6	0

Fonte: SANTOS, J. G

Os meses de dezembro e janeiro também apresentaram comportamento semelhante em relação aos eventos de veranico, que ocorrem em 10% e 13%, respectivamente. Em relação a

dezembro os veranicos variaram de 4% em Perdizes a 14% em Santa Vitória. Em janeiro a variação é de 9% em Perdizes a 18% em Santa Vitória coincidentemente (Tabela 9).

O mês de outubro apresenta 12% de frequência de veranicos, variando de 6% a 17% em Santa Vitória e São Gotardo, respectivamente. O mês outubro marca o início da estação chuvosa na maioria dos anos, sendo mais frequente a ocorrência de veranicos com classificação de inapreciável a médio (Tabela 9).

O mês de abril apresenta uma média de 9% da ocorrência de veranicos, que varia de 6% a 16% em Santa Vitória e Perdizes, respectivamente. Esse mês também caracteriza o fim da estação chuvosa, especialmente nos 10 primeiros dias (Tabela 9).

Os meses de setembro e maio apresentam pouca ocorrência de veranico, devido ao fato de raramente estarem incluídos na estação chuvosa. Apresentam uma média de 2% e 1% dos veranicos totais, respectivamente.

Analisando os dados dos veranicos, é possível estabelecer um padrão para esse fenômeno na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, sendo uma média de cinco veranicos por ano, com classificação de fraco a médio (7 a 12 dias) em mais de 50% do tempo, com maior ocorrência no mês de fevereiro e março, cerca de 40%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização dessa pesquisa possibilitou observar um elemento climático importante, as chuvas, na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. A partir de técnicas estatísticas foi possível observar a intensa variabilidade da pluviosidade, levando em consideração o comportamento padrão da atmosfera e as excepcionalidades.

Dentre as características mais marcantes das chuvas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é possível citar a média de 1440 mm anuais, variando espacialmente entre 1282 mm e 1700 mm e ocorrendo com uma sazonalidade climática marcante.

A estação chuvosa, que se inicia predominantemente em outubro e termina no início de abril compreende 85% da pluviosidade total anual, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos. Os eventos pluviométricos são concentrados, pois cerca de 50% do volume precipitado ocorre em chuvas acima de 30 mm diários. Nessa estação é comum também a ocorrência de veranicos que são predominantemente de intensidade fraca a média, 7 a 12 dias, ocorrendo principalmente nos meses de fevereiro e março.

Na estação seca, que recebe apenas 15% do total pluviométrico anual, as chuvas escassas estão concentradas nos meses de abril e setembro, sendo o trimestre junho/julho e agosto o mais seco do ano, no qual é comum a ocorrência de 60 dias, chegando a mais de 90 dias, sem nenhum evento pluviométrico.

As opções metodológicas empregadas mostraram resultado satisfatório, havendo ainda muitas possibilidades não abordadas, em especial enfocando a escala local, que não foi possível aprofundar nesse trabalho. Aliás, é importante dar ênfase em trabalhos futuros à abordagem de espacialização dos dados climatológicos em mapas, a fim de proporcionar outra visão dos fenômenos estudados.

É importante destacar também os problemas encontrados durante a pesquisa, especialmente relacionados às falhas nas séries históricas dos dados. Apesar de acreditar que as falhas não comprometeram o resultado final, o mesmo poderia ser melhor se os dados estivessem

completos, pois traria outras possibilidades de análise. Por isso, destaca-se a importância da manutenção nos postos pluviométricos existentes e no aumento da rede de postos.

Destaca-se por fim, a importância da continuidade das pesquisas sobre clima na mesorregião tendo em vista que os estudos climáticos são muito importantes para oferecer subsídios ao planejamento das mais diversas atividades humanas no meio urbano e rural. É preciso estudar a gênese da variabilidade pluviométrica, indicando os sistemas atmosféricos dinâmicos responsáveis pelos estados atmosféricos. Também é fundamental observar os padrões e as excepcionalidades relacionadas à pluviometria, aplicando-os de modo a evitar e minimizar os riscos de prejuízos e desastres naturais. Por isso é primordial que todo plano diretor ou estudo ambiental para instalação de empreendimentos diversos levem em consideração os fenômenos climáticos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **HIDROWEB** – Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em: 15 jun. 2011.

_____. **Hidro: Sistema de Informações Hidrológicas. Versão 1.2.** Brasília: ANA, 2009.

ANDREOZZI, S. L.; MESQUITA, F. C. O início do processo de industrialização em Uberlândia: Uma análise das primeiras indústrias até o Estado Novo. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v.1, n.1, p.124-144, jan. 2009.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística.** São Leopoldo: Editora UNISINOS, 2003.

ASSAD, E. D. et al. Veranicos na região dos cerrados brasileiros frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.

ASSUNÇÃO, W. L. Metodologia para a definição da duração das estações seca e chuvosa na região dos cerrados do Brasil Central - Primeira aproximação. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 14, 2013, Lima. **Anais....** Lima: UGI - Unión Geográfica Internacional, 2013. p. 01-14.

ASSUNÇÃO, W. L.; LEITÃO JÚNIOR, A. M. A ocorrência de veranico na Macrorregião do Alto Paranaíba (MG), 1975-2004. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 7, 2006, Rondonópolis. **Anais...** Rondonópolis: UFMT – Campus de Rondonópolis, 2006, p. 1-10.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BACELAR, W. K. A. **Os mitos do “sertão” e do Triângulo Mineiro:** as cidades de Estrela do Sul e de Uberlândia nas teias da modernidade. Uberlândia: UFU. 2003.

BARRETO, R. **Identificação das áreas susceptíveis a eventos extremos de chuva no Distrito Federal**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS; ABRH, 2009

BRANDÃO, C. A. **Triângulo: capital comercial, geopolítica e agroindustrial**. 1989, 184 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Regional), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1989.

BRITO, J. L. S. ; REIS, L. N. G. Mapeamento das áreas de conversão do uso da terra para cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG por meio de imagens TM/LANDSAT. **Caminhos de Geografia**, v. 13, p. 170-186, 2012.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Frentes Frias Sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos, 2009. p. 135-144.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos, 2009. p.95-109.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. São Paulo: Saraiva, 2001.

CUPOLILLO, F. **Períodos de Estiagem durante a Estação Chuvosa no Estado de Minas Gerais: Espacialização e Aspectos Dinâmicos Relacionados**. 168 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

CUPOLILLO, F. ; FERNANDES, A. S. Veranico Climatológico em Minas Gerais, fevereiro de 2011. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17, 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari, 2011.

DIAS, M. A. F S.; SILVA, M. G. A. J. Para entender tempo e clima. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos, 2009. p.16-21

DIAS, M. A.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul. In: 2009. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos, 2009. p.95-109.

ESCOBAR, G. Jatos de Altos Níveis. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al (Org). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos, 2009. p. 127-134.

FERREIRA, V. O; MENDES SILVA, M. O clima da bacia do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais: subsídios para a gestão de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, p. 302-319, 2012.

FERREIRA, V. de O. **Paisagem, recursos hídricos e desenvolvimento econômico na Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais**. 2007. 291f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte -MG, 2007.

FIGUEROA, S. N.; SATYAMURTY, P. ; SILVA DIAS, P. L. Simulations of the summer circulation over the South American region with na Eta coordinate model. **Atmos. Sci.**, v. **52**, p. **1573-1584**, **1995** (1998)

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de Textos. São Paulo. 2008

GERARDI, L. H. O.; SILVA, B. C. N. **Quantificação em Geografia**. Difel, São Paulo, 1981.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. F (Orgs). **Clima urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003.

IBGE. **Malhas digitais**. 2014. Disponível em: < http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm >. Acesso em: 1 Jun. 2014.

LANNA, A. E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. p. 79-176.

MARCELINO, E. V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. **Caderno Didático**, v. 1, 2008. Disponível em: <http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.02.16.22/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2014.

MARTINS, H. Formação e desenvolvimento sócio-econômico do Triângulo Mineiro. **Varia História**. Belo Horizonte, n. 19, p. 164-182, 1998.

MENDES, P. C. **A gênese espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**. 2001. 237f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

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

MINUZZI, B. et al. Estudo climático do comportamento do período chuvoso no estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, março-abril, p. 266-275, 2006.

MOREIRA, J. L. B. **Estudo da Distribuição espacial das Chuvas em Belo Horizonte e em seu entorno**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

MONTEIRO, C.A. F. Análise rítmica em climatologia. **Climatologia**, USP/IG, São Paulo, n°1, p.1-21, 1971.

NAGHETTINI, M; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

NIMER, E. **Geografia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, n.46, p. 288-294, 1993.

ROLDÃO, A; F. **Influencia de anomalias negativas de pluviosidade na produtividade da soja na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba – MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C. **Balanço hídrico normal por Thornthwaite e Mather (1955)**. Piracicaba: ESALQ/USP – Departamento de Ciências Exatas: Área de Física e Meteorologia, 1999 (programa para Excel v. 6).

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 16, p. 81-90, 2005.

SILVA, T. I; RODRIGUES, S. C. Tutorial de cartografia geomorfológica ArcGis 9.2 e ENVI 4.0. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.3, n.2, p. 1-65. 2009.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e a bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. et. Al. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS; ABRH, 2009. p. 35-51

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

TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. **Clima e Recursos Hidricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH Coleção. BR, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: Versão digital, 2006.

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

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: Teoria e Prática de Pesquisa**. Campinas: Editora Alínea, 2013.

ANEXOS

Anexo 1- Anos excluídos para cada abordagem metodológica

Posto	Município	Latitude	Longitude	Período de dados	Dados excluídos		
					análise anual e mensal	análise de dados diários	análise de veranicos
1845004	Tiros	18°50'29"	45°51'5"	1980-2013			
1846002	Patrocínio	18°55'48"	46°58'0"	1981-2013	1987;1990;1991	1987;1990;1991;1988	1987/1988; 1988/1989; 1990/1991; 1991/92; 1993/1994
1846019	Patos de Minas	18°22'25"	46°54'54"	1980-2013			
1847000	Monte Carmelo	18°43'14"	47°31'28"	1980-2012			
1848004	Tupaciguara	18°41'54"	48°46'55"	1980-2013	2007	2007	2006/2007
1848010	Araguari	18°39'4"	48°12'33"	1980-2013	2006;2007	2006;2007;1988	1988/1989; 2006/2007
1849000	Ituiutaba	18°56'28"	49°27'47"	1980-2013		1988;1990;1994	2012/2013
1946004	Ibiá	19°28'30"	46°32'31"	1980-2013		1997	1996/1997
1946009	São Gotardo	19°18'55"	46°2'40"	1980-2012	1998	1998	1997/1998
1947001	Santa Juliana	19°18'57"	47°31'34"	1980-2013	1984	1984	1983/1984
1947007	Perdizes	19°20'55"	47°17'43"	1980-2012			
1947008	Sacramento	19°52'43"	47°21'17"	1984-2013			
1948006	Uberlândia	18°59'18"	48°11'25"	1980-2013	1988	1987; 1988	1987/1988
1948007	Campo Florido	19°46'14"	48°34'27"	1980-2013			
1949002	Prata	19°21'35"	49°10'49"	1980-2013			1987/1988; 2003/2004
1949004	Campina Verde	19°32'32"	49°28'59"	1980-2013			
1949005	Comendador Gomes	19°41'53"	49°5'2"	1980-2013			
1950000	Iturama	19°43'29"	50°11'30"	1980-2013			
1950011	Santa Vitória	19°12'29"	50°39'46"	1984-2013		1988	1988/1989

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

Anexo 2- Média da precipitação nos postos pluviométricos do entorno da mesorregião do Triângulo Mineiro/ Alto Paranaíba

Posto	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Período de dados	Média anual (mm)
1846005	Presidente Olegário	18°24'45"	46°25'20"		1980-2013	1551
1846015	Vazante	18°0'18"	46°54'40"		1980-2013	1417
1847006	Três Ranchos	18°21'48"	47°46'50"	703	1980-2013	1491
1850002	Quirinópolis	18°30'4"	50°31'19"	443	1980-2013	1459
1851002	Iturama	18°45'53"	51°20'50"	424	1980-2013	1473
1849016	Itumbiara	18°20'20"	49°36'39"	500	1980-2013	1456
1945035	Abaeté	19°9'47"	45°26'33"	565	1980-2013	1350
1951003	Paranaíba	19°23'27"	51°36'32"	458	1983-2013	1463
2045001	Bambuí	20°1'16"	45°57'58"	654	1980-2013	1526
2047007	Ituverava	20°10'43"	47°53'12"	489	1980-2013	1483
2048004	Guaíra	20°12'38"	48°17'26"	520	1980-2013	1450
2048013	Guaraci	20°29'42"	48°56'23"	480	1980-2013	1342
2048092	Barretos	20°26'35"	48°44'25"	520	1982-2012	1399
2050004	Macedônia	20°9'0"	50°12'0"	500	1980-2003	1356
2050023	Santa Fé do Sul	20°13'0"	50°55'0"	410	1980-2000	1322
2051046	Aparecida do Taboado	20°4'6"	51°6'13"	375	1983-2013	1199

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G

Anexo 3- Média da precipitação mensal (mm) na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (1980-2013)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1980	322	290	60	138	25	43	1	12	50	70	219	320	1548
1981	252	85	228	39	16	46	1	7	8	200	236	309	1427
1982	420	117	350	55	60	21	14	15	44	146	126	339	1707
1983	433	315	214	143	59	21	43	2	93	202	204	302	2032
1984	175	108	118	109	42	0	0	58	80	85	167	237	1179
1985	453	156	255	67	13	3	2	1	33	86	164	192	1425
1986	278	216	192	45	66	1	36	68	35	90	104	341	1473
1987	263	158	190	101	23	14	5	5	57	132	210	321	1479
1988	180	281	185	121	29	14	0	0	16	153	129	224	1333
1989	198	270	133	47	22	21	39	29	55	73	216	381	1484
1990	192	187	115	80	41	3	27	62	51	108	127	129	1121
1991	416	224	314	116	20	3	2	2	37	87	117	223	1561
1992	379	279	160	125	46	1	3	12	117	212	202	219	1753
1993	145	287	119	78	23	39	1	27	95	101	125	344	1386
1994	350	120	262	53	46	9	11	0	2	96	184	262	1395
1995	184	379	151	69	101	14	1	0	44	96	132	280	1451
1996	238	159	189	65	60	11	3	16	93	69	266	263	1431
1997	408	105	190	73	41	90	0	0	62	116	236	260	1581
1998	217	242	156	92	61	1	1	56	22	154	161	245	1408
1999	242	183	226	42	8	18	1	0	72	53	163	228	1237
2000	353	330	239	52	3	1	12	21	102	51	228	242	1635
2001	169	105	167	43	65	2	4	28	57	87	213	349	1290
2002	241	351	107	17	39	1	9	6	51	63	133	250	1268
2003	433	153	229	104	29	3	5	12	43	61	200	221	1493
2004	341	275	171	135	29	10	32	1	2	99	140	372	1607
2005	401	71	218	37	72	21	5	11	64	95	264	290	1551
2006	223	205	262	94	23	7	0	23	69	213	212	366	1697
2007	474	239	96	62	21	3	33	0	5	82	171	261	1447
2008	311	268	206	126	26	9	0	6	32	96	143	377	1602
2009	316	234	209	79	42	30	9	37	115	131	205	376	1784
2010	230	139	187	63	27	11	4	0	63	146	260	235	1364
2011	277	143	430	118	5	21	0	2	7	148	142	309	1603
2012	293	148	133	97	33	70	5	0	41	56	209	165	1250
2013	310	137	200	123	85	22	9	2	34	119	184	240	1465
Média	297,6	204,7	195,9	82,5	38,3	17,2	9,4	15,4	51,6	111,0	182,2	278,6	1484

Dados: ANA (2014). Organização: SANTOS, J. G