



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-113

Vinícius Nunes Pinho

**“ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS NO MUNICÍPIO
DE JANAÚBA E MÉTODO DE ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DA
PRECIPITAÇÃO NA BARRAGEM DO MUNICÍPIO”**

Maceió

2014

VINICIUS NUNES PINHO

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS NO MUNICÍPIO DE
JANAÚBA E MÉTODO DE ESTIMATIVA DE CONTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO
NA BARRAGEM DO MUNICÍPIO

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia no Instituto de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Meteorologia.

Orientador:

Prof. Dr. Humberto Alves Barbosa

MACEIÓ, AL

2014

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecário Responsável: Valter dos Santos Andrade

P654e Pinho, Vinicius Nunes.
Estudo das características hidroclimatológicas no município de Janaúba e método de estimativa de contribuição da precipitação na barragem do Município / Vinicius Nunes Pinho. – 2014.
110 f. : il. tabs. e gráfs.

Orientador: Humberto Alves Barbosa.
Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2014.

Bibliografia: f. 85-88.

1. Climatologia. 2. Precipitação pluviométrica – Janaúba, MG. 3. Balanço hídrico. 4. Barragem - Volume afluente. 5. Semiárido – Minas Gerais. I. Título.

CDU: 551.577(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

N.º de ordem: MET-UFAL-MS-113.

**“ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS NO
MUNICÍPIO DE JANAÚBA E MÉTODO DE ESTIMATIVA DE
CONTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NA BARRAGEM DO
MUNICÍPIO”**

Vinícius Nunes Pinho

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia.

Aprovado pela Banca Examinadora composta por:

Prof. Dr. Prof. Dr. Humberto Alves Barbosa
(Orientador)

Prof. Dr. Ricardo Sarmiento Tenório
(Membro Interno)

Prof. Dr. Franklin Paredes Trejo
(Membro Externo – UC/Venezuela)

Junho/2014

DEDICATÓRIA

À minha família e meus amigos, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para minha conquista. Principalmente a Deus, minha Mãe, minha querida e amada Esposa e toda família pelo apoio incondicional e por acreditarem em mim.

Aos Queridos Amigos da SEMARH (Brunno, Gino, Henrique, Isa, Zilma, Rômulo e Julio), pela paciência, amizade e aprendizado transmitidos, sem os quais não seria possível a caminhada até aqui.

A Fabiana Carnaúba, por toda amizade e apoio.

A Isabela Vaz, pela assessoria técnica na dissertação, Henrique e Cíntia por me acolherem em Maceió, Ana Carla, por me aguentar durante dois anos e aos queridos amigos Maicon, Marlise e Natália.

Aos professores da UFAL, principalmente ao meu orientador Humberto Alves Barbosa e Molion por acreditarem na minha capacidade e me darem a chance de começar uma nova vida na cidade de Maceió.

Aos professores da UFPEL, Vilson e Yamasaki, por todo conhecimento e amizade durante a graduação e que permanece até hoje.

RESUMO

Janaúba é um município localizado no norte do estado de Minas Gerais, Brasil. Com uma área de 2188,842 km², a cidade é banhada pelo rio Gorutuba, que a divide com os municípios de Nova Porteirinha e Riacho dos Machados. Tem como atividades principais a agricultura, pecuária e serviços (comércio). É a 2ª maior Cidade do Norte de Minas Gerais e a 52º de todo o estado. O objetivo geral do trabalho é estudar a climatologia da região de Janaúba, analisar o comportamento da chuva no decorrer do período, classificar o tipo de clima do município e avaliar as condições hídricas do município. Também elaborar um método funcional para estimar os volumes de precipitação e a sua contribuição dentro da barragem que abastece o município. Para análise do comportamento das chuvas, cada região procede na interferência de fatores de ordem estática e de natureza dinâmica. Foram elaborados critérios para discriminar a relação de cada período. Período seco é aquele em que o total de precipitação, acumulada nos quatro meses consecutivos mais chuvosos, é igual ou menor que o valor correspondente à probabilidade de 25% e Período chuvoso: aquele cujo total de precipitação, acumulado nos quatro meses consecutivos mais chuvosos, é superior ao valor correspondente à probabilidade de 75%. Foram utilizadas para este estudo séries históricas de 17 postos pluviométricos extraídas do sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os postos que apresentaram falhas foram passados por um sistema de preenchimento de falhas e análise de consistência, para que fossem tornados válidos para avaliação da pluviometria da região. A precipitação média do município de Janaúba apresenta dois períodos bem definidos, um seco e outro chuvoso. O período seco que é compreendido entre os meses de abril a outubro e o período chuvoso entre novembro e março, influenciado em grande parte pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico do Sul (ZCAS). O Clima na região é semiárido, com temperaturas elevadas e precipitação média anual de 766 mm. O solo do município tem grande déficit hídrico na maior parte do ano, com exceção do período chuvoso, onde ele tem um excedente. O município de Janaúba possui uma barragem que é responsável pelo abastecimento de água em todo município. A precipitação anual consegue manter o nível da barragem em anos com chuvas dentro ou acima da normalidade. A chuva que cai na região de contribuição da barragem tem um rendimento de 10,18% e com isso foi possível estimar qual a contribuição da precipitação no volume afluente da barragem. Uma chuva de 100 mm, dentro da área de contribuição da barragem, contribui com 15,57% do volume anual afluente, e faz o espelho d'Água aumentar 2,81m. Se levarmos em consideração a chuva total do período chuvoso para um ano dentro da média histórica, a contribuição é de 99,21%, suprimindo a demanda hídrica do município.

Palavras-chave: Climatologia. Pluviometria. Balanço hídrico. Semiárido. Volume afluente

ABSTRACT

Janaúba is a city located in northern Minas Gerais state, Brazil. With an area of 2,188.842 km², the city is bathed by Gorutuba River, which divides the municipalities of Nova Porteirinha and the Riacho dos Machados. Its main activities are agriculture and services (trade). It is the 2nd largest city in Northern Minas and 52 statewide. The overall objective of the study is the weather in the region of Janaúba, analyze the behavior of rain during the period, classify the type of climate in the county and assess the water conditions of the municipality. Also prepare a functional method to estimate the volumes of precipitation and its contribution within the dam that supplies the municipality. To analyze the pattern of rainfall, each region proceeds in order interference of static and dynamic nature factors. The use of probability functions is directly linked to the nature of the data relate. From this, criteria for discriminating the relation of each period were prepared. Dry period is one in which the total rainfall accumulated in the four wettest consecutive months is equal to or less than the amount corresponding to 25% probability and rainy period: one whose total precipitation, accumulated in the four wettest consecutive months, is higher than that corresponding to the 75% probability value. Were used for this study historical series of 17 rain gauges extracted HIDROWEB system of the National Water Agency (ANA) and the National Institute of Meteorology (INMET). The posts that had been passed through a failure system, failures and filling consistency analysis, to be rendered valid for the assessment of the precipitation region. The average rainfall in the municipality of Janaúba, presents two well-defined periods, a dry and a wet season. The dry season is between the months from April to October and the rainy season between November and March, largely influenced by the performance of the ZCAS. The climate in the region is semi-arid with high temperatures and mean annual precipitation of 766 mm. The soil of the county has great water deficit most of the year except the rainy season, when it has a surplus. The municipality of Janaúba, has a dam which is responsible for water supply throughout the county. The annual rainfall can maintain the level of the dam in years with rainfall within or above the normal range. The rain that falls in the region of contribution of the dam, has a yield of 10.18% and it is possible to estimate the contribution of rainfall in the influent volume of the dam. A rain of 100 mm within the catchment area of the dam, contributes with 15.57% of the influent annual volume, and the mirror is 2,81 m Water increase. If we take into account the total rainfall of the rainy period to one year within the average range, the contribution is 99.21%, supplying the water demand of the city.

Keywords: Climatology. Rainfall. Water Balance. Semi-arid. Influent Volume

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização do município de Janaúba – MG.....	17
Figura 2 - Esquema de formação para o VCAN do tipo Palmer clássico sobre o Oceano Atlântico Tropical Sul.....	31
Figura 3 - Esquema de um corte vertical do vórtice ciclônico no Atlântico Sul.....	32
Figura 4 - Localização dos postos utilizados no estudo.....	36
Figura 5 - Área de Contribuição da Barragem Bico de Pedra – MG.....	43
Figura 6 - Climatologia mensal de precipitação em Janaúba (1970-2009).....	44
Figura 7 - Pluviometria diária do mês de Novembro no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	46
Figura 8 - Pluviometria diária do mês de Novembro no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	47
Figura 9 - Pluviometria diária do mês de Novembro no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	47
Figura 10 - Pluviometria diária do mês de Novembro no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	48
Figura 11 - Pluviometria diária do mês de Dezembro no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	49
Figura 12 - Pluviometria diária do mês de Dezembro no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	49
Figura 13 - Pluviometria diária do mês de Dezembro no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	50
Figura 14 - Pluviometria diária do mês de Dezembro no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	50
Figura 15 - Pluviometria diária do mês de Janeiro no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	51
Figura 16 - Pluviometria diária do mês de Janeiro no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	52
Figura 17 - Pluviometria diária do mês de Janeiro no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	52
Figura 18 - Pluviometria diária do mês de Janeiro no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	53
Figura 19 - Pluviometria diária do mês de Fevereiro no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	54
Figura 20 - Pluviometria diária do mês de Fevereiro no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	54

Figura 21 - Pluviometria diária do mês de Fevereiro no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	55
Figura 22 - Pluviometria diária do mês de Fevereiro no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	55
Figura 23 - Pluviometria diária do mês de Março no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	56
Figura 24 - Pluviometria diária do mês de Março no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	57
Figura 25 - Pluviometria diária do mês de Março no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	57
Figura 26 - Pluviometria diária do mês de Março no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	58
Figura 27 - Pluviometria diária do mês de Maio no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	59
Figura 28 - Pluviometria diária do mês de Maio no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	60
Figura 29 - Pluviometria diária do mês de Maio no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	60
Figura 30 - Pluviometria diária do mês de Maio no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	61
Figura 31 - Pluviometria diária do mês de Junho no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	62
Figura 32 - Pluviometria diária do mês de Junho no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	62
Figura 33 - Pluviometria diária do mês de Junho no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	63
Figura 34 - Pluviometria diária do mês de Junho no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	63
Figura 35 - Pluviometria diária do mês de Julho no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	64
Figura 36 - Pluviometria diária do mês de Julho no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	65
Figura 37 - Pluviometria diária do mês de Julho no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	65
Figura 38 - Pluviometria diária do mês de Julho no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	66
Figura 39 - Pluviometria diária do mês de Agosto no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	67
Figura 40 - Pluviometria diária do mês de Agosto no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	67
Figura 41 - Pluviometria diária do mês de Agosto no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	68
Figura 42 - Pluviometria diária do mês de Agosto no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	68
Figura 43 - Pluviometria diária do mês de Abril no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	69
Figura 44 - Pluviometria diária do mês de Abril no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	70
Figura 45 - Pluviometria diária do mês de Abril no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	70
Figura 46 - Pluviometria diária do mês de Abril no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	71
Figura 47 - Pluviometria diária do mês de Setembro no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	72
Figura 48 - Pluviometria diária do mês de Setembro no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	72

Figura 49 - Pluviometria diária do mês de Setembro no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	73
Figura 50 - Pluviometria diária do mês de Setembro no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	73
Figura 51 - Pluviometria diária do mês de Outubro no decênio 1970/1979 (mm/dia).....	74
Figura 52 - Pluviometria diária do mês de Outubro no decênio 1980/1989 (mm/dia).....	75
Figura 53 - Pluviometria diária do mês de Outubro no decênio 1990/1999 (mm/dia).....	75
Figura 54 - Pluviometria diária do mês de Outubro no decênio 2000/2009 (mm/dia).....	76
Figura 55 - Imagem do satélite GOES - 12 no canal Infravermelho do dia 01 de novembro de 2003 as 05:45 UTC.....	77
Figura 56 - Advecção de Temperatura potencial equivalente das 06 UTC do dia 01 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.....	78
Figura 57 - Linhas de corrente e advecção de temperatura das 00 UTC do dia 03 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.....	79
Figura 58 - Advecção de temperatura potencial equivalente das 00 UTC do dia 03 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.....	80
Figura 59 - Linhas de corrente e advecção de temperatura das 12 UTC do dia 03 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.....	81
Figura 60 - Advecção de temperatura potencial equivalente das 12 UTC do dia 03 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.....	83
Figura 61 - Linhas de corrente e advecção de temperatura das 12 UTC do dia 04 de novembro de 2003 e (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.....	84
Figura 62 - Imagem do satélite GOES - 12 no canal Infravermelho do dia 05 de novembro de 2003 às 05:45 UTC.....	85
Figura 63 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Janeiro.....	86
Figura 64 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Fevereiro.....	87
Figura 65 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Março.....	88
Figura 66 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Abril.....	89
Figura 67 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Maio.....	90
Figura 68 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Junho.....	91
Figura 69 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Julho.....	92
Figura 70 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Agosto.....	93
Figura 71 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Setembro.....	94

Figura 72 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Outubro.....	95
Figura 73 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Novembro.....	96
Figura 74 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Dezembro.....	97
Figura 75 - Extrato do Balanço Hídrico Mensal.....	99
Figura 76 - Extrato do Balanço Hídrico Mensal.....	99
Figura 77 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano.....	100
Figura 78 - Correlação entre médias de precipitação e temperaturas máximas e mínimas.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação climática de Koppen-Geiger.....	21
Tabela 2 - Descrição dos tipos de Clima.....	22
Tabela 3 - Descrição do subclima.....	23
Tabela 4 - Indicador do subtipo climático.....	24
Tabela 5 - Postos Utilizados no estudo.....	37
Tabela 6 - Reservatório Bico de Pedra. Dados Gerais.....	41
Tabela 7 - Hidrologia do reservatório do Bico da Pedra, Janaúba, MG.....	42
Tabela 8 - Frequência de precipitação diária registrada entre os anos de 1970 a 2009.....	45
Tabela 9 - Balanço hídrico climatológico na estação meteorológica de Janaúba utilizada no estudo.....	98
Tabela 10 - Reservatório Bico de Pedra. Dados Gerais.....	101
Tabela 11 - Hidrologia do reservatório do Bico da Pedra, Janaúba, MG.....	101

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

- AB** – Alta da Bolívia
- ANA** – Agência Nacional de Águas
- ARM** – Armazenamento de Água no Solo
- ASAS** – Alta Subtropical do Atlântico Sul
- CAD** – Capacidade de Água Disponível
- CCM** – Complexo Convectivo de Mesoescala
- CN** – Cavado do Nordeste
- DEF** – Deficiência Hídrica
- ETP** – Evapotranspiração Potencial
- ETR** – Evapotranspiração Real
- EXC** – Excedente Hídrico
- FPA** – Frente Polar Atlântica
- INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia
- IT** – Instabilidade Tropical
- JBN** – Jatos de Baixos Níveis
- MP** – Massa Polar
- NAC** – Negativo Acumulado
- NEB** – Nordeste do Brasil
- NMG** – Norte de Minas Gerais
- P** – Precipitação
- VCAN** – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
- ZCAS** – Zona de Convergência do Atlântico Sul
- ZCIT** – Zona de Convergência Intertropical
- ZCOU** – Zona de Convergência de Umidade

SUMÁRIO

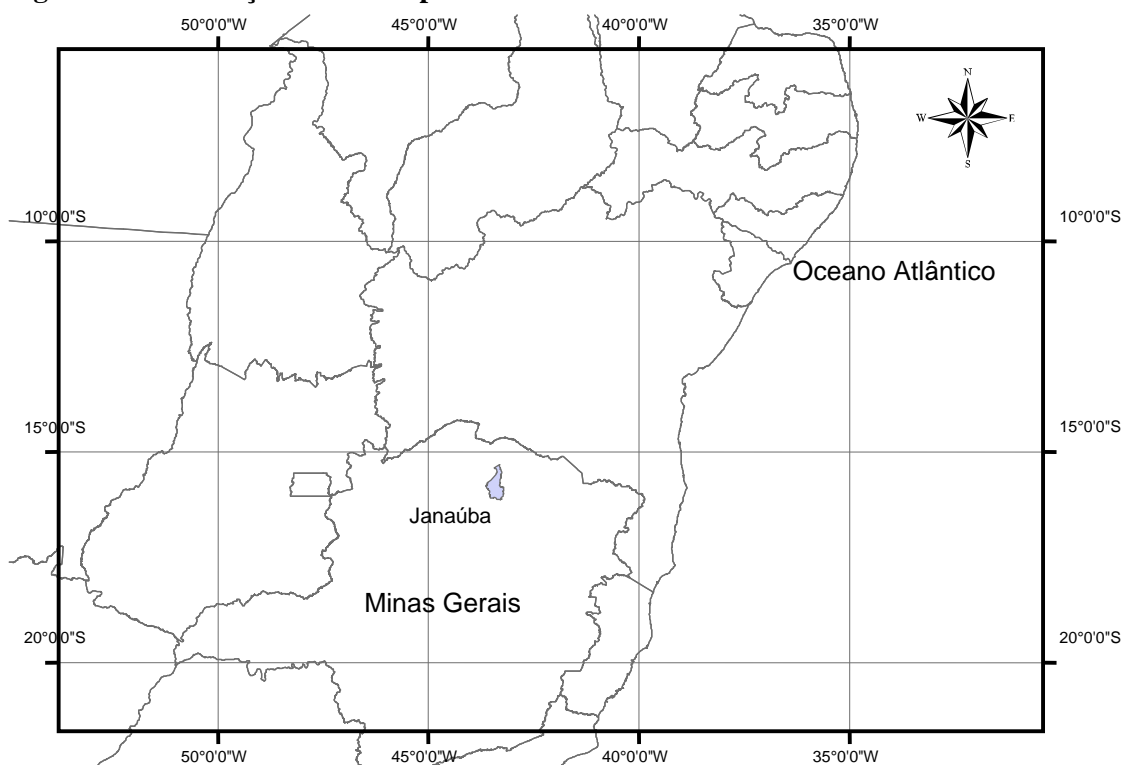
1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivo Geral	19
1.2 Objetivos Específicos	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Classificação Climática De Koppen-Geiger	20
2.2 Climatologia De Minas Gerais	26
2.3 Balanço Hídrico Climatológico	28
2.4 Sistemas Meteorológicos	28
2.4.1 Alta Da Bolívia	29
2.4.2 Sistemas Frontais Ou Frentes Frias	29
2.4.3 Vórtices Ciclônicos De Altos Níveis (VCAN)	30
2.4.3.1 Estrutura Vertical Do VCAN	31
2.4.4 Zona De Convergência Do Atlântico Sul (ZCAS)	32
2.4.5 Zona De Convergência De Umidade (ZCOU)	33
3 METODOLOGIA	35
3.1 Estudo Da Pluviometria	35
3.2 Método Para Avaliação Da Pluviometria	37
3.3 Preenchimento De Falhas	38
3.4 Consistência Dos Dados Pluviométricos	38
3.5 Balanço Hídrico Climatológico	39
3.5.1 Evapotranspiração	39
3.5.2 Procedimento Para Cálculo Do Balanço Hídrico	40
3.6 Bacia Hidrográfica De Drenagem	41
4 RESULTADOS	43
4.1 Análise Da Pluviometria Diária	44
4.1.1 Pluviometria Diária Da Fase Chuvosa (Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro E Março)	45
4.1.2 Pluviometria Diária Da Fase Seca (Maio, Junho, Julho E Agosto)	58
4.1.3 Pluviometria Diária Da Fase De Transição Entre Seca E Chuvosa (Abril, Setembro E Outubro)	69
4.1.4 Estudo De Caso Durante O Período Chuvoso	76
4.1.4.1 Análise Do Estudo De Caso	77
4.2 Estudo Da Temperatura	86

4.2.1 Temperaturas Médias Mensais	86
4.3 Balanço Hídrico	97
4.4 Bacia Hidrográfica De Denagem	100
4.5 Memorial De Cálculo	101
4.5.1 Contribuição Da Precipitação Da Barragem:	103
5 CONCLUSÕES	105
6 REFERÊNCIAS	107

1 INTRODUÇÃO

Janaúba é um município localizado no norte do estado de Minas Gerais, Brasil. Com uma área de 2188,842 km², a cidade é banhada pelo rio Gorotuba, que a divide com os municípios de Nova Porteirinha e Riacho dos Machados. Tem como atividades principais a agricultura, pecuária e serviços (comércio). É a 2ª maior Cidade do Norte de Minas Gerais e a 52º de todo o estado. As coordenadas geográficas médias de Janaúba em latitude e longitude são respectivamente 15°47' S e 43°18' W (figura 01).

Figura 1 - Localização do município de Janaúba - MG.



Fonte: Autor

Localizada aproximadamente a 516 m de altitude, seu relevo faz parte da Depressão São Franciscana, que é dominada por superfícies planas que incidem na direção do Rio São Francisco.

Em meio a todos os componentes do clima, a precipitação é um dos que mais afeta diretamente a sociedade, como: na produção agrícola, no planejamento urbano, dentre outros. Devido a sua grande variabilidade, tanto em quantidade como em duração e tempo de ocorrência, (SILVA, 2003). Segundo (SANTOS D.M.,2006), a precipitação é o que reflete

mais diretamente a instabilidade do tempo e intensidade com que essas variações ocorrem, podendo ainda, ser considerada como um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento dos sistemas geomorfológicos e a biodiversidade tropical.

Os dados pluviométricos, tanto do ponto de vista de sua ocorrência quanto da sua quantidade, podem ser analisados pela obtenção das frequências a partir de registros históricos ou através da elaboração de um modelo teórico (STERN, 1982).

A análise estatística também é uma ferramenta útil para o estudo das chuvas. (BACK, 2001) identificou tendências anuais de precipitação pluvial, no que se refere à distribuição de frequência, cada uma apresenta uma forma, a qual pode ser aproximada pela utilização da função de tendência com os parâmetros extraídos da série de dados que foi estudada.

A variabilidade interanual climática se sucede num ritmo e intensidade, variado de um ano para outro, provocando questionamento quanto à série de tempo mínimo de observações e à diferenciação do desempenho médio em uma região.

É relevante afirmar o comportamento da região perante o clima para a identificação dos cenários pluviométricos. Segundo (VAREJÃO, 2007), para cada posto pluviométrico, o total de precipitação classificado como período seco ou chuvoso é registrado nos quatro meses consecutivos mais chuvosos e secos de cada ano hidrológico. Ressalta-se que, em Janaúba, o período seco começa a demonstrar os primeiros sinais em meados de abril, se intensificando em maio e estendendo-se até meados de setembro. Já o período chuvoso começa a se estabelecer a partir da segunda metade de setembro, intensificando-se em novembro e estendendo-se até março.

O tempo na região Norte de Minas Gerais (NMG) é determinado por vários sistemas meteorológico, como: os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) (PONTES DA SILVA et al., 2011), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (UVO, 1989), Frentes Frias (KOUSKY, 1979), Linhas de Instabilidade (COHEN et al., 1995), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (KOUSKY E GAN, 1981), entre outros.

O estudo do clima em regiões semiáridas, suas características hidroclimatológicas e a contribuição da precipitação nas barragens de abastecimento, tanto humano, quanto para o agronegócio, é fundamental para o planejamento dos órgãos públicos e privados em municípios onde os volumes anuais de precipitações são baixos e que cada vez mais, sofrem com a influência direta de eventos extremos de seca.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho é estudar a climatologia da região de Janaúba, analisar o comportamento da chuva no decorrer do período, fazer um estudo de caso durante o período chuvoso, classificar o tipo de clima do município e avaliar as condições hídricas do município.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaborar um método funcional para estimar os volumes de precipitação e a sua contribuição dentro da barragem que abastece o município.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER

Segundo (PELL, M., C., 2007), a classificação climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizados em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900, pelo climatologista alemão Wladimir Köppen, tendo sido por ele aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com Rudolf Geiger (daí o nome Köppen-Geiger). A classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente.

Assim, as fronteiras entre regiões climáticas foram selecionadas para corresponder, tanto quanto possível, às áreas de predominância de cada tipo de vegetação, razão pela qual a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresentam elevada correlação. Na determinação dos tipos climáticos de Köppen-Geiger são considerados a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação. Cada grande tipo climático é denotado por um código, constituído por letras maiúsculas e minúsculas, cuja combinação denota os tipos e subtipos considerados. De acordo com (McKNIGHT, T., L., HESS, D., 2000) a classificação de Köppen-Geiger, em certos casos não distingue entre regiões com biomas muito distintos, pelo que têm surgido classificações dela derivadas, a mais conhecida das quais é a classificação climática de Trewartha.

Estrutura geral da classificação

A classificação climática de Köppen-Geiger divide os climas em 5 grandes grupos ("A", "B", "C", "D", "E") e diversos tipos e subtipos. Cada clima é representado por um conjunto variável de letras (com 2 ou 3 caracteres) com a seguinte significação:

- Primeira letra: — uma maiúscula ("A", "B", "C", "D", "E") que denota a característica geral do clima de uma região, constituindo o indicador do grupo climático (em grandes linhas, os climas mundiais escalonam-se de "A" a "E", indo do equador aos pólos);
- Segunda letra: — uma minúscula, que estabelece o tipo de clima dentro do grupo, e denota as particularidades do regime pluviométrico, isto é, a quantidade e distribuição da precipitação (apenas utilizada caso a primeira letra seja "A", "C" ou "D"). Nos grupos cuja primeira letra seja "B" ou "E", a segunda letra é também uma maiúscula, denotando a

quantidade da precipitação total anual (no caso "B") ou a temperatura média anual do ar (no caso "E");

- Terceira letra: — minúscula, denotando a temperatura média mensal do ar dos meses mais quentes (nos casos em que a primeira letra seja "C" ou "D") ou a temperatura média anual do ar (no caso da primeira letra ser "B").

Um resumo global sinótico das classificações é dado pelo seguinte quadro:

Tabela 1 - Classificação climática de Köppen-Geiger

Classificação climática de Köppen-Geiger										
		Temperatura do ar			Precipitação					
		T	F	M	S	W	f	m	w	s
A	Tropical	—	—	—	—	—	Equatorial <i>Af</i>	Monções <i>Am</i>	Savana, chuva de Verão <i>Aw</i>	Savana, chuva de Inverno <i>As</i>
B	Árido	—	—	—	Estepário <i>BS</i>	Desértico <i>BW</i>	—	—	—	—
C	Temperado	—	—	—	—	—	Subtropical <i>Cfa</i> , Oceânico <i>Cfb</i>	—	Pampeano <i>Cwa</i> , <i>Cwb</i>	Mediterrânico <i>Csa</i> , <i>Csb</i>
D	Continental	—	—	—	—	—	Continental <i>Dfa</i> , <i>Dfb</i> , Subártico <i>Dfc</i> , <i>Dfd</i>	—	Manchuriano <i>Dwa</i> , <i>Dwb</i>	—
E	Glacial	Tundra <i>ET</i>	Polar <i>EF</i>	Alpino <i>EM</i>	—	—	—	—	—	—

Fonte: Universidade Federal de Goiás

A primeira letra (indicador de grupo)

O significado de cada uma das primeiras letras utilizadas é o seguinte:

Tabela 2 - Descrição dos tipos de Clima

Código	Tipo	Descrição
A	Clima tropical	<ul style="list-style-type: none">• Climas megatérmicos• Temperatura média do mês mais frio do ano > 18°C• Estação invernososa ausente• Forte precipitação anual (superior à evapotranspiração potencial anual)
B	Clima árido	<ul style="list-style-type: none">• Climas secos (precipitação anual inferior a 500 mm)• Evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual• Não existem cursos de água permanentes
C	Clima temperado ou Clima temperado quente	<ul style="list-style-type: none">• Climas mesotérmicos• Temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C• Temperatura média do mês mais quente > 10°C• Estações de Verão e Inverno bem definidas
D	Clima continental ou Clima temperado frio	<ul style="list-style-type: none">• Climas microtérmicos• Temperatura média do ar no mês mais frios < -3°C• Temperatura média do ar no mês mais quente > 10°C• Estações de Verão e Inverno bem definidas
E	Clima glacial	<ul style="list-style-type: none">• Climas polares e de alta montanha• Temperatura média do ar no mês mais quente < 10°C• Estação do Verão pouco definida ou inexistente.

Fonte: Universidade Federal de Goiás

A segunda letra (indicador de tipo)

O significado de cada uma das segundas letras utilizadas é o seguinte:

Tabela 3 - Descrição do subclima

Código	Descrição	Aplica-se ao grupo
S	<ul style="list-style-type: none">• Clima das estepes• Precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm	B
W	<ul style="list-style-type: none">• Clima desértico• Precipitação anual total média < 250 mm	B
f	<ul style="list-style-type: none">• Clima húmido• Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano• Inexistência de estação seca definida	A-C-D
w	<ul style="list-style-type: none">• Chuvas de Verão	A-C-D
s	<ul style="list-style-type: none">• Chuvas de Inverno	A-C-D
w'	<ul style="list-style-type: none">• Chuvas de Verão-outono	A-C-D
s'	<ul style="list-style-type: none">• Chuvas de Inverno-outono	A-C-D
m	<ul style="list-style-type: none">• Clima de monção:• Precipitação total anual média > 1500 mm• Precipitação do mês mais seco < 60 mm	A
T	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10°C	E
F	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura média do mês mais quente < 0°C	E
M	<ul style="list-style-type: none">• Precipitação abundante• Inverno pouco rigoroso	E

Fonte: Universidade Federal de Goiás

A terceira letra (indicador de subtipo)

A terceira letra utiliza-se para distinguir climas com diferentes variações de temperatura do ar, definindo-se com ela subtipos para os climas dos grupos B, C e D:

Tabela 4 - Indicador do subtipo climático

Código	Descrição	Aplica-se aos grupos
a : Verão quente	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura média do ar no mês mais quente > 22°C	C-D
b : Verão temperado	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C• Temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes > 10°C	C-D
c : Verão curto e fresco	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C• Temperaturas médias do ar > 10°C durante menos de 4 meses• Temperatura média do ar no mês mais frio > -38°C	C-D
d : Inverno muito frio	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura média do ar no mês mais frio < -38°C	D
h : seco e quente	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura média anual do ar > 18°C• Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C)	B
k : seco e frio	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura média anual do ar < 18°C• Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18°C)	B

Fonte: Universidade Federal de Goiás

Tipos e subtipos climáticos

Da combinação da primeira e segunda letras dos códigos acima descritos obtém-se os seguintes tipos climáticos:

- A : Clima tropical — climas megatérmicos das regiões tropicais e subtropicais
- Af : clima tropical húmido ou clima equatorial
- Am : clima de monção
- Aw : clima tropical com estação seca de Inverno
- As : clima tropical com estação seca de Verão
- B : Clima árido — climas das regiões áridas e dos desertos das regiões subtropicais e de média latitude
- BS : clima das estepes
- BSh : clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude

- BSk : clima das estepes frias de média latitude e grande altitude
- BW : clima desértico
- BWh : clima das regiões desérticas quentes de baixa latitude e altitude
- BWk : clima das regiões desérticas frias das latitudes médias ou de grande altitude
- C : Clima oceânico — climas das regiões oceânicas e marítimas e das regiões costeiras ocidentais dos continentes
- Cf : clima temperado húmido sem estação seca
- Cfa : clima temperado húmido com Verão quente
- Cfb : clima temperado húmido com Verão temperado
- Cfc : clima temperado húmido com Verão curto e fresco
- Cw : clima temperado húmido com Inverno seco
- Cwa : clima temperado húmido com Inverno seco e Verão quente
- Cwb : clima temperado húmido com Inverno seco e Verão temperado
- Cwc : clima temperado húmido com Inverno seco e Verão curto e fresco
- Cs : clima temperado húmido com Verão seco (clima mediterrânico)
- Csa : clima temperado húmido com Verão seco e quente
- Csb : clima temperado húmido com Verão seco e temperado
- Csc : clima temperado húmido com Verão seco, curto e fresco
- D : Clima continental ou climas temperados frios — clima das grandes regiões continentais de média e alta latitude
- Df : clima temperado frio sem estação seca
- Dfa : clima temperado frio sem estação seca e com Verão quente
- Dfb : clima temperado frio sem estação seca e com Verão temperado
- Dfc : clima temperado frio sem estação seca e com Verão curto e fresco
- Dfd : clima temperado frio sem estação seca e com Inverno muito frio
- Dw : clima temperado frio com Inverno seco
- Dwa : clima temperado frio com Inverno seco e com Verão quente
- Dwb : clima temperado frio com Inverno seco e com Verão temperado

- Dwc : clima temperado frio com Inverno seco e com Verão curto e fresco
- Dwd : clima temperado frio com Inverno seco e muito frio
- E : Clima glacial — clima das regiões circumpolares e das altas montanhas
- ET : clima de tundra
- EF : clima das calotes polares
- EM : clima das altas montanhas

2.2 CLIMATOLOGIA DE MINAS GERAIS

O Estado de Minas Gerais, por sua localização geográfica, sofre a influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais que imprimem à região características de um clima de transição. Duas estações bem definidas podem ser identificadas: uma seca e uma chuvosa (ABREU, M. L., 2010).

A exemplo do território continental brasileiro, o Estado sofre a influência de frentes frias durante todo o ano. Estas, conhecidas como Frente Polar Atlântica (FPA), se originam, principalmente do Pacífico Sul. Elas atravessam os Andes no sul do continente e, devido aos efeitos da rotação do planeta e da presença da Cordilheira, deslocam-se em direção ao equador com uma orientação noroeste/sudeste. Assim, elas atingem regiões tropicais como o Rio de Janeiro ou o litoral leste do Nordeste. A massa de ar fria na retaguarda da frente, originada do sul do continente e, conhecida como Massa Polar (MP), atinge o Estado mineiro provocando quedas de temperaturas do ar, no verão, que incomodam a população acostumada com as temperaturas elevadas desta região tropical. (OLIVEIRA, A.,S.,1986)

No inverno, devido ao gradiente de temperatura do ar entre o equador e o polo sul ser muito intenso, as frentes apresentam um forte gradiente barométrico que gera regiões de movimento ascendente no lado equatorial do sistema frontal. Esta movimentação do ar origina precipitação tipicamente frontal, que atinge principalmente a Região Sul do Brasil e o sul do Sudeste. (ROCHA, A.,M.,G.,C; GANDU, A.,W.,1996)

À medida que a frente fria avança em direção ao equador os gradientes norte-sul térmico e barométrico diminuem e conseqüentemente, a precipitação a eles associada. Ainda assim, alguns sistemas podem atingir a região norte do Brasil, permitindo que apenas a massa

de ar frio afete esta área. Neste caso ocorrem os chamados episódios de friagem na região Amazônica, responsável por valores de temperaturas mínimas absolutas, inferiores a 14 °C no centro-sul da região (NIMER, 1989; FISH et. al., 1996).

No verão, o gradiente térmico é pequeno e as frentes continuam atuando sobre o País, porém, a atividade convectiva a elas associadas é pequena. Deveríamos esperar então, pouca precipitação sobre Minas Gerais e o Brasil central. Ao contrário, o aquecimento continental nesta época do ano, gera intensas células de baixa pressão espacialmente distribuídas. Isto favorece a formação de chuvas intensas no Estado, muitas vezes acompanhadas por ventos, trovoadas e granizos. Estas células podem se formar localmente e se dissipar rapidamente, ou se formarem em extensas regiões, configurando núcleos de baixa pressão, principalmente observados no sudeste da Amazônia e Brasil central. Também nesta estação do ano a região amazônica apresenta grande concentração de umidade do ar na baixa troposfera, contrastando com os baixos índices de umidade no sul do continente. (FISH et. AL., 1996)

Segundo (NIMER, 1989) a região Sudeste, e conseqüentemente o Estado de Minas Gerais, se caracterizam por ter um clima de transição entre as latitudes tropicais, quentes e, as médias, temperadas. O Estado é atingido por perturbações de sul, de leste e de oeste. As correntes perturbadas de sul estão associadas à atuação da FPA e das MP. As perturbações de leste estariam, segundo o pesquisador, associadas às ondas de leste. Estas são formações ondulatórias na média e alta atmosfera que se deslocam na região equatorial, de oeste para leste.

As correntes perturbadas de oeste estão relacionadas a núcleos de baixa pressão, conhecidos na climatologia por Linhas de Instabilidade Tropical (IT), depressões barométricas induzidas ou calhas induzidas. Para Nimer, estas IT são observadas como depressões à superfície e identificadas nas cartas sinóticas, como ondulações nos centros de alta pressão em superfície, na estação chuvosa. Nimer afirma que alguns autores acreditam que estas altas podem estar associadas às perturbações na massa equatorial continental predominante na região amazônica.

2.3 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

O balanço hídrico climatológico, desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955) é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Através da contabilização do suprimento natural de água ao solo, pela chuva (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), e com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) apropriada ao estudo em questão, o balanço hídrico fornece estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até a mensal (CAMARGO, 1971; PEREIRA et al., 1997).

O balanço hídrico climatológico é mais frequentemente apresentado na escala mensal e para um ano médio, ou seja, o balanço hídrico cíclico, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura média e chuva do local. De acordo com (CAMARGO & CAMARGO, 1993), o balanço hídrico climatológico é um instrumento agrometeorológico útil e prático para caracterizar o fator umidade do clima, sendo sua utilização indispensável na caracterização climática (VIANELLO & ALVES, 1991; PEDRO JÚNIOR et al., 1994) como, também, na definição da aptidão agrícola da região estudada (ORTOLANI et al., 1970; CAMARGO et al., 1974). Além dessas utilidades, o balanço hídrico de Thornthwaite & Mather (1955), quando empregado de maneira sequencial, ainda possibilita quantificar as necessidades de irrigação em uma cultura (CAMARGO & PEREIRA, 1990) e a relacionar o rendimento das culturas com o déficit hídrico (JENSEN, 1968; DOOREMBOS & KASSAN, 1994).

2.4 SISTEMAS METEOROLÓGICOS

Este tópico está organizado em cinco sessões que são os principais sistemas meteorológicos que atuam na região de Janaúba. Na primeira sessão, discute-se sobre a Alta da Bolívia (AB), seguido de Sistemas Frontais ou Frentes Frias, a terceira parte em VCAN, a quarta parte na ZCOU e a quinta parte é discutida a ZCAS.

2.4.1 ALTA DA BOLÍVIA

A Alta da Bolívia (AB) é uma circulação anticiclônica em altos níveis que surge no período da primavera, verão e outono (SIGNORINI, 2001 e SELUCHI et al., 2003). Essa alta está associada a um ciclone barotrópico em superfície.

Conforme sugerido por Nobre e Molion (1988), a região semiárida do NEB é consequência de sua proximidade à região Amazônica, onde se observa movimentos convectivos intensos e amplos. Isto é, o ar ascende sobre a Amazônia, adquire movimentos anticiclônicos em altos níveis (AB) e diverge gerando um ramo descendente e uma forte inversão de subsidência sobre o oceano Atlântico sul e posteriormente sobre o NEB. Tal configuração inibe o desenvolvimento de nuvens e conseqüentemente estão associados a um período mais seco do ciclo anual.

2.4.2 SISTEMAS FRONTAIS OU FRENTES FRIAS

Um mecanismo importante de produção de chuva para o sul do Nordeste (SNE) e para o este do Nordeste (ENE) é a penetração de sistemas frontais, ou seus restos, entre as latitude 5°S e 18°S (MOLION, 2009). A penetração até latitudes equatoriais ocorre mais frequentemente no inverno do Hemisfério Sul (HS), pois o posicionamento médio da ZCIT, o equador meteorológico, é em torno de 10°N a 14°N nessa época. Oliveira (1986), através de uma climatologia usando imagens de satélites geoestacionários entre 1979-1984, verificou que os sistemas frontais freqüentemente se associam e interagem com convecção tropical, embora nem todos os sistemas frontais o façam com a mesma intensidade. Há uma variação mensal no número de eventos de associação de sistemas frontais com a convecção.

Para haver forte interação entre os sistemas frontais e a convecção, parece ser necessário que os sistemas frontais apresentem ampla penetração continental, sendo a região entre 15° S e 25°S uma das regiões preferenciais para essas ocorrências. Durante a primavera-verão do HS, os sistemas frontais se posicionam preferencialmente sobre a parte central do continente sul americano, com seu eixo no sentido NW-SE, de inclinação variável, criando uma zona de convergência de umidade que, posteriormente, foi denominada zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS). O deslocamento da ZCAS para 12°- 15°S, e sua permanência com atividade intermitente, causa a estação chuvosa (novembro a março) do SNE. Entre abril e julho, observou-se que a uma zona de convergência se instala sobre a costa

leste do NE (ZCEN) e constitui-se no mecanismo dinâmico mais importante para a produção de chuvas sobre o ENE, que apresenta seus quatro meses mais chuvosos nesse período. A umidade, que converge sobre o continente e alimenta a ZCEN, é originado no Atlântico Sul e, se as temperaturas da superfície do mar (TSM) apresentarem anomalias positivas, como geralmente ocorrem nos anos chuvosos, o transporte de umidade é maior e a ZCEN mais intensa.

A estrutura vertical da ZCEN, a julgar pelas imagens de satélites e sondagens do AMSU, é rasa (até 700 hPa), ocasionalmente apresentando um cavado fraco em níveis médios, que se posiciona na direção NW-SE, sobre a região costeira. Existem duas hipóteses de formação da ZCEN. A primeira hipótese é que ZCEN nada mais seja que a ZCAS deslocada para latitudes baixas, já que a ZCIT começa a se dirigir para o HN a partir de abril, porém de estrutura vertical rasa. Nesse caso, de acordo com Gan (1999), para a ZCEN se formar, seria necessária a penetração de uma frente fria, ou um cavado em altos níveis, para organizar a convecção tropical.

O cavado em baixo nível atuaria para manter a convecção estacionária e o mecanismo CISK (Instabilidade Condicional de Segunda Ordem) manteria a convecção por um período maior. A segunda hipótese é que a ZCEN seja resultante da interação da convecção tropical e convergência de umidade, transportada pelos Alísios, em baixos níveis que aconteceria preferencialmente nesse período.

2.4.3 VÓRTICES CICLÔNICOS DE ALTOS NÍVEIS (VCAN)

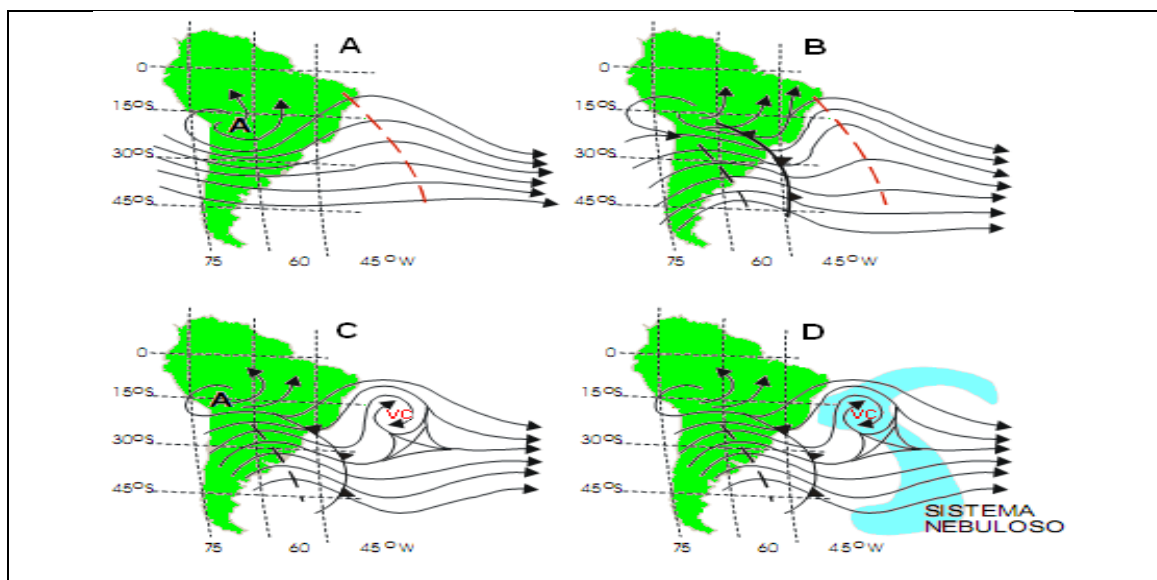
Os VCANs podem ser classificados de acordo com sua origem e formação em dois tipos: de Palmer e de Palmén (FRANK, 1970). Os de Palmer originam-se em latitudes tropicais e ocorrem na primavera, verão e outono, sendo mais frequentes no verão (FRANK, 1970; KOUSKY e GAN, 1981). São encontrados no NEB. Já os de Palmén formam-se em latitudes subtropicais e surgem em qualquer época do ano principalmente no inverno (PALMER 1951; SIMPSON, 1952). Na literatura, são conhecidos como vórtices desprendidos (GAN, 1982).

Kousky e Gan (1981) encontraram vórtices ciclônicos sobre o Nordeste do Brasil e utilizaram dados convencionais para determinar o comportamento desses e seu mecanismo de formação.

Paixão e Gandu (2000) analisaram o campo de vento e classificaram os VCANs na região Tropical em quatro tipos quanto a sua formação: Clássica, Alta, Africana I e Africana II.

O VCAN de formação clássica se origina devido à intensificação da crista associada à AB e, conseqüentemente, do cavado a leste, formando em um último momento um vórtice ciclônico sobre o Atlântico, decorrentes de incursão de sistemas frontais para latitudes baixas como sugerido por Kousky e Gan (1981). Os estágios de desenvolvimento deste mecanismo podem ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Esquema de formação para o VCAN do tipo Palmer clássico sobre o Oceano Atlântico Tropical Sul.

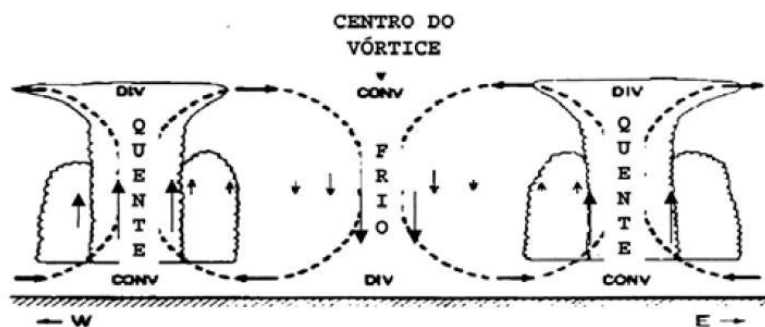


Fonte: Pontes da Silva (2011).

2.4.3.1 ESTRUTURA VERTICAL DO VCAN

Quanto à estrutura vertical, no VCAN observa-se um movimento descendente de ar frio e seco no seu centro, de altos para médios níveis, enquanto em sua periferia, o ar quente ascende com formação de nuvens. Assim desenvolve-se do ponto de vista termodinâmico uma circulação térmica direta, (RAMAGE, 1962; FRANK, 1966; FRANK, 1970; KOUSKY e GAN, 1981; GAN, 1983) onde o ar quente sobe e o ar frio desce. Um esquema da estrutura vertical do VCAN proposto por Kousky e Gan (1981) é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Esquema de um corte vertical do vórtice ciclônico no Atlântico Sul.



Fonte: Kousky e Gan (1981).

2.4.4 ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS)

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um importante sistema meteorológico atuante na América do Sul no verão austral e que marca a estação chuvosa devido aos períodos associados de intensa precipitação. Caracterizada por uma banda de nebulosidade bem marcada orientada noroeste-sudeste, atua desde o sul região Amazônica até sudoeste do Atlântico Sul, passando pelas regiões centro-oeste e sudeste do Brasil, tem uma duração mínima de 4 dias, conforme descrito em alguns estudos (FERREIRA et al., 2004) podendo persistir por 10 dias ou mais.

Nos baixos níveis uma situação de ZCAS é caracterizada por convergência de umidade ao longo da orientação NO-SE, favorecida pelo Jato de Baixos Níveis (JBN), escoamento oriundo da canalização dos alísios que adentram o continente sul-americano na região tropical, transportando vapor d'água proveniente do Atlântico Equatorial e da bacia Amazônica em direção ao Atlântico Sudoeste. Outra circulação importante para manter a convergência nos baixos níveis é a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), já que seu movimento anticiclônico sobre o oceano, centrado em aproximadamente 30°S, transporta vapor d'água em direção à costa sudeste do Brasil, intensificando a convergência de umidade já existente. Tanta umidade disponível torna viável o fato da região da ZCAS ser de alta variabilidade convectiva. (PESQUERO et al., 2010)

Em níveis médios pode-se notar um cavado à leste da Cordilheira dos Andes também orientado NO-SE que dá suporte para a persistência da nebulosidade e da precipitação associada, já que à leste do cavado encontra-se uma região de intensa vorticidade negativa que induz baixa pressão em superfície e, conseqüentemente, propicia convergência de massa (e

umidade). Ainda no nível de 500 hPa observa-se intenso levantamento vertical, através de valores negativos de Omega , constatando a atividade convectiva ao longo da banda. (PESQUERO et al., 2010)

Já nos altos níveis observam-se bem marcadas e posicionadas duas circulações típicas do verão da América do Sul: a Alta da Bolívia (AB) e o Cavado do Nordeste (CN) que pode, ou não, ter vórtice associado. A AB é um anticiclone de altos níveis, consequência da intensa liberação de calor latente proveniente da convecção amazônica e de um ciclone térmico em baixos níveis, a Baixa do Chaco, oriundo do aquecimento superficial na região do altiplano boliviano. Esse tipo de escoamento é uma resposta aos processos dinâmicos e termodinâmicos ocorridos em superfície e evidenciam a convergência de umidade lá ocorrida. Outra característica importante nos altos níveis para um caso de ZCAS são valores de divergência positivos, bem marcados na orientação de atuação, que comprova a presença de convecção já marcada nos outros níveis. (NÓBILE TOMAZIELLO, 2010),

É importante frisar que para um caso de ZCAS bem estabelecida, ou clássica, os campos de convergência em baixos níveis, velocidade Omega negativa em médios níveis e divergência em altos níveis se mostram em fase, ou seja, concordando espacialmente entre si, corroborando a presença de nebulosidade convectiva com certa persistência na orientação NO-SE. (PALLOTTA, M.; NAKAZATO, R., Y;2010)

2.4.5 ZONA DE CONVERGÊNCIA DE UMIDADE (ZCOU)

O conceito de Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) foi introduzido à comunidade meteorológica pelo Grupo de Previsão de Tempo do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (GPT-INPE) devido à verificação de variações no padrão de estabelecimento das ZCAS consolidadas dia à dia no ambiente operacional (SACRAMENTO NETO et al., 2010). A ZCOU se assemelha à ZCAS em vários parâmetros, como o fato de ambas serem zonas de convergência de umidade marcadas por nebulosidade e precipitação intensas, porem há diferenças no padrão de escoamento clássico, principalmente em médios e baixos níveis, que desfavorecem a persistência e organização da banda de nebulosidade/precipitação, caracterizando assim uma ZCOU ao invés de ZCAS. O estudo de Sacramento et al. (2010) apresenta todas as características descritas de uma ZCOU descritas no presente estudo. Segundo o GPT-CPTEC, em termos puramente ligados ao

tempo de persistência, uma ZCOU pode ser caracterizada em situações onde os padrões são similares aos de ZCAS, porém a duração do sistema é de apenas 3 dias.

Há ressalva de que caso o padrão persista por um quarto dia, o sistema passa a ser considerado ZCAS. Ainda no âmbito da duração, uma ZCOU pode ser atribuída à uma situação previamente estabelecida de ZCAS em situação de dissipação, onde ainda é possível ser identificada uma banda de nebulosidade organizada.

Saindo do âmbito temporal, pois há ocorrência de ZCOU com mais do que 3 dias de duração, a análise de escoamento e convergência nos diferentes níveis da atmosfera apresenta características expressivas. Em níveis médios observa-se o deslocamento de cavados entre o norte e nordeste da Argentina, o Paraguai, o Mato Grosso do Sul e a região sul do Brasil. O fato desses cavados se movimentarem consideravelmente quebra o padrão de persistência de nebulosidade e precipitação já descritas para a situação de ZCAS, desfavorecendo os escoamentos típicos dos níveis abaixo. (PALLOTTA, M.; NAKAZATO, R., Y;2010)

Em baixos níveis, por consequência do movimento da troposfera média, verifica-se uma desconfiguração do JBN, que não apresenta orientação preferencial NO-SE, podendo apresentar bifurcação para Sul ou mesmo não se estabelecer adequadamente. Como a convergência de umidade acompanha o escoamento do JBN, no caso de ZCOU ela fica desfavorecida, podendo até se encontrar direcionada para o Sul do Brasil, ou da Argentina, não gerando nebulosidade. Vale ressaltar que para uma situação estabelecida de ZCOU, já que a persistência é quebrada, os campos de convergência em baixos níveis aparecem relativamente defasados quando comparados com os campos de Omega negativo em 500 hPa, que mesmo assim apresentam uma área relativamente bem organizada de ascensão de ar. Neste caso a banda de nebulosidade associada não se apresenta bem organizada. (PALLOTTA, M.; NAKAZATO, R., Y;2010)

3 METODOLOGIA

3.1 ESTUDO DA PLUVIOMETRIA

Para análise do comportamento das chuvas, cada região procede na interferência de fatores de ordem estática e de natureza dinâmica. Dentre os fatores estáticos ressalta-se: à influência da localização geográfica, do relevo, da cobertura vegetal e uso do solo, etc. SILVA (2003).

O uso de funções de probabilidade está diretamente ligado à natureza dos dados a que se relacionam. Algumas têm boa capacidade de estimação para pequenos números de dados, outras requerem grandes séries de observações. Respeitado o aspecto da representatividade dos dados, a estimativa dos seus parâmetros, para uma dada região, podem ser estabelecidas como de uso geral, sem prejuízo da precisão na estimação da probabilidade (CATALUNHA, 2002).

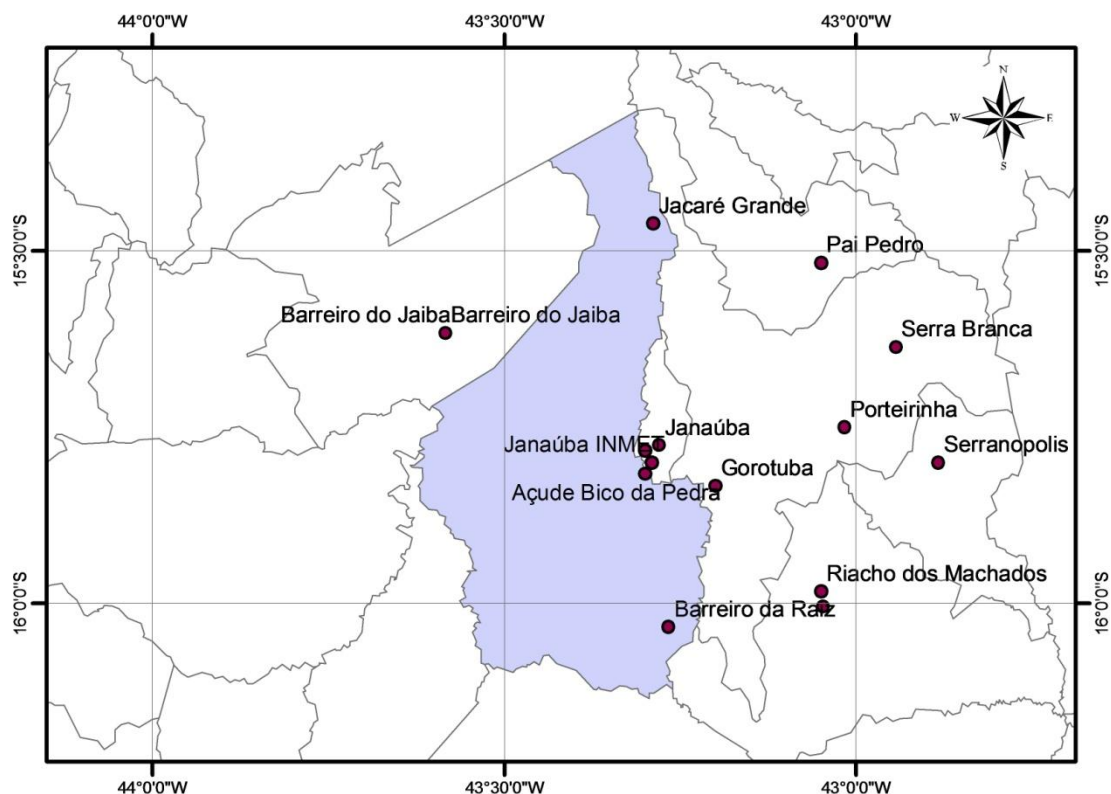
A partir disso, foram elaborados critérios para discriminar a relação de cada período:

Período seco: aquele em que o total de precipitação, acumulada nos quatro meses consecutivos mais chuvosos, é igual ou menor que o valor correspondente a probabilidade de 25%;

Período chuvoso: aquele cujo total de precipitação, acumulado nos quatro meses consecutivos mais chuvosos, é superior ao valor correspondente à probabilidade de 75%.

Foram utilizadas para este estudo séries históricas de 17 postos pluviométricos extraídas do sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - Figura 4.

Figura 4 - Localização dos postos utilizados no estudo.



Fonte: Autor

Nesta figura encontram-se todos os postos utilizados para o estudo da pluviometria. Como existem poucos postos com dados climatológicos disponíveis (temperatura, umidade, e demais parâmetros), fez-se necessário a utilização de postos mais distantes da bacia hidrográfica em estudo, para a melhoria da interpolação na confecção dos mapas e apresentação de um melhor resultado. Existem demais postos que não foram utilizados, devido ao curto espaço da série climatológica, sendo os mesmos descartados. Na tabela 5 estão listados todos os postos pluviométricos que foram analisados para o estudo, sendo utilizados apenas os que possuíam as séries mais longas. As séries possuem um período médio compreendido entre os anos 1970 a 2009 (39 anos de série). Os postos que apresentaram falhas foram passados por um sistema de preenchimento de falhas e análise de consistência, para que fossem tornados válidos para avaliação da pluviometria da região.

No preenchimento, foram interpolados os três postos mais próximos ao posto com falhas, depois foi calculado o método de consistência para os mesmos. O resultado teve uma eficácia de aproximadamente 95%, onde os considerados de baixa consistência foram descartados.

Tabela 5: Postos Utilizados no estudo.

Código	Nome	Latitude	Longitude
01542006	Serranópolis	-15:48:0	-42:53:0
01542016	Serra Branca	-15:38:12	-42:56:37
01543000	Açude Bico da Pedra	-15:49:0	-43:18:0
01543001	Barreiro do Jaiba	-15:37:0	-43:35:0
01543005	Gorotuba	-15:50:0	-43:12:0
01543007	Pai Pedro	-15:31:0	-43:3:0
01543009	Porteirinha	-15:45:0	-43:1:0
01543010	Riacho dos Machados	-15:59:0	-43:3:0
01543013	Janaúba	-15:46:32	-43:16:47
01543017	Janaúba (RURALMINAS)	-15:47:0	-43:18:0
01543018	Barreiro do Jaiba	-15:37:0	-43:35:0
01543020	Jacaré Grande	-15:27:40	-43:17:20
01643000	Barreiro da Raiz	-16:2:0	-43:16:0
01643019	Ponte de Rodagem	-16:46:0	-43:42:0
01643028	Riacho dos Machados	-16:0:16	-43:2:48
01643037	Nova Esperança	-16:34:35	-43:56:36
01644028	São João da Vereda	-16:42:9	-44:7:2

Fonte: Autor

3.2 MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA PLUVIOMETRIA

Foram considerados todos os postos num buffer de 10 km do município de Janaúba. Os postos passaram por uma análise de consistência onde foram considerados falhos os dias com precipitação superior a 200 mm. Também foram considerados falhos os dias em que após uma sequência de falhas a precipitação foi superior a 150 mm. Foram considerados inconsistentes e conseqüentemente desconsiderados os dias em que a precipitação em comparação com um pluviômetro vizinho com distância máxima de 1000 m, tenha tido

diferença de 50 mm. Estes foram os critérios utilizados para descartar os dados de baixa consistência.

Os dias em que houve falha em até 30% do mês foram preenchidos pelo método do inverso da distância ao quadrado. Os gráficos apresentam os totais anuais, consideradas a disponibilidade de dados e a análise de consistência. Os espaços em branco representam os anos descartados pela metodologia descrita acima, ou o período em que a estação foi desativada.

3.3 PREENCHIMENTO DE FALHAS

Na etapa de tratamento dos dados, foi considerado como falha o dia onde a estação pluviométrica não registrou valor real, sendo este substituído pelo valor - 1. Quando verificada a existência de falha em um ou sequencia de dias, foi considerada a influência de informações das estações vizinhas. Este procedimento foi realizado através do método do inverso da distância ao quadrado, que atribui um valor ao ponto onde houve falha, baseando-se nos valores vizinhos, ponderados pelo inverso da distância ao quadrado, entre o ponto com falha e o ponto com informação. A equação (1) a seguir descreve a formulação matemática deste procedimento, onde P é o valor da precipitação que se deseja obter, r_i é a distância do posto i para um posto vizinho, p_i é a precipitação ocorrida no posto i e N é o número de postos utilizados para o cálculo.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{p_i}{r_i^2} \right)}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{r_i^2} \right)} \quad (1)$$

Foram considerados ponderadores para uma estação pluviométrica i , as quatro estações pluviométricas mais próximas, sem falhas, distantes no máximo 5 km da estação em questão.

3.4 CONSISTÊNCIA DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para analisar a consistência dos dados pluviométricos após a etapa de preenchimento de falha, foi realizada uma avaliação diária nos dados tratados.

Um dado diário era considerado inconsistente quando: (i) a precipitação diária num posto era maior que sua média mensal; (ii) a precipitação após um período de falhas fosse

superior à sua média mensal, e (iii) a precipitação num posto apresentasse uma diferença superior à 50 mm em comparação com pluviômetros vizinhos.

Para os dados representativos para o município de Janaúba, segundo o critério consistência dos dados pluviométricos, foram considerados inconsistentes 0,3% dos dados tratados.

3.5 BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO

3.5.1 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A Evapotranspiração (ETP) é a forma pela qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor, tendo um papel muito importante no ciclo hidrológico. Neste processo, são envolvidas a evaporação da água de superfície (rios, lagos e lagoas, represas, oceanos, dentre outros), dos solos, da vegetação úmida (por causa da chuva) e a transpiração dos vegetais. (ALLEN, 2006)

Os mapas de balanço hídrico deste trabalho foram gerados através de uma equação bastante utilizada para a estimativa da evapotranspiração potencial: Equação de Thornthwaite. O termo ETP foi criado para representar a perda natural de água do solo vegetado para a atmosfera através de ação conjunta da evaporação e transpiração. Os resultados gerados por este método são bastante satisfatórios quando se dispõe de poucos dados de entrada. A equação (2) serve para calcular a evapotranspiração em intervalo de tempo mensal, a partir de dados de temperatura.

$$E = 16 \cdot \left[\frac{10 \cdot T}{I} \right]^a \quad (2)$$

onde E é a transpiração potencial (mm.mês⁻¹); FC é um fator de correção; T é a temperatura média do mês (°C); e a e I são coeficientes calculados segundo as equações (3) a seguir:

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left[\frac{T_j}{5} \right]^{1,514}$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (3)$$

onde j é cada um dos 12 meses do ano e Tj é a temperatura média de cada um dos 12 meses.

3.5.2 PROCEDIMENTO PARA CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO

O roteiro a seguir foi utilizado para a elaboração do Balanço Hídrico Climatológico Normal, ou seja, para um ano cíclico e foi baseado nos procedimentos de cálculo do prof. Dr. Paulo Cesar Sentelhas da ESALQ/USP, de 2012.

1) **Estimativa da Evapotranspiração (ETP)** – estimou-se a ETP com o método mais adequado para a região, em função dos dados meteorológicos disponíveis;

2) **Obtenção de dados de chuva (P)** – esses dados foram obtidos junto ao banco de dados meteorológicos do Inmet e Hidroweb.

3) **Calcular (P-ETP)**, mantendo-se os sinais positivos (+) e negativos (-)

A partir daqui foram preenchidas as colunas a seguir com o Negativo Acumulado (NAc) e água armazenada no solo (ARM) simultaneamente, iniciando-se com o primeiro mês com valor de (P-ETP) < 0, após uma sequência de valores positivos de (P-ETP), ou seja no início da estação seca. Porém, o valor de ARM determinado para se iniciar o Balanço Hídrico Climatológico Normal (BHC), foi o do último mês (período) da estação úmida [com (P-ETP) ≥ 0]. A determinação do ARM no último período da estação úmida seguiu as seguintes condições:

A – se $\Sigma(P-ETP)$ anual ≥ 0 ARM = CAD no último período da estação úmida

B – se $\Sigma(P-ETP)$ anual < 0, mas $\Sigma(P-ETP) + \geq CAD \Rightarrow$ Idem a A

C – se $\Sigma(P-ETP)$ anual < 0 e $\Sigma(P-ETP) + < CAD \Rightarrow NAc = CAD \cdot \ln [(\Sigma(P-ETP) + /CAD) / (1 - e^{-\Sigma(P-ETP) - /CAD})]$ no último período da estação úmida

4) Determinação do NAc e do ARM

Se (P-ETP) < 0 Calcula-se o NAc, ou seja os valores de (P-ETP) negativos, e posteriormente se calcula o valor do ARM (ARM = CAD e $-|NAc/CAD|$)

Se (P-ETP) ≥ 0 Calcula-se primeiro o ARM [ARM = ARM anterior + (P-ETP)] e posteriormente calcula-se o NAc [NAc = CAD Ln (ARM/CAD)]. Nesse caso o NAc deve ser determinado no caso de haver um próximo período com (P-ETP) < 0

5) Cálculo da alteração da umidade no solo ($ALT = \Delta ARM$)

$ALT = ARM - ARM$ anterior ($ALT > 0$ reposição; $ALT < 0$ retirada de água do solo).

6) Determinação da ETR (Evapotranspiração Real)

Se $(P-ETP) < 0$ $ETR = P + |ALT|$

Se $(P-ETP) \geq 0$ $ETR = ETP$

7) Determinação da DEF (Deficiência hídrica = o quanto o sistema solo-planta deixou de evapotranspirar)

$DEF = ETP - ETR$

8) Determinação do EXC (Excedente hídrico, que corresponde à água que não pode ser retida e drena em profundidade = água gravitacional)

Se $ARM < CAD$ $EXC = 0$

Se $ARM = CAD$ $EXC = (P-ETP) - ALT$

3.6 BACIA HIDROGRÁFICA DE DRENAGEM

O rio Gorotuba foi represado para construção da Barragem Bico da Pedra. O reservatório do Bico da Pedra está localizado no vale do rio Gorotuba, nos municípios de Janaúria e Porteirinha, já a Barragem, está localizada a cerca de 8 km do centro de Janaúba (Tabela 6). A hidrografia do reservatório decorre do represamento do rio Gorotuba, o qual nasce no município de Francisco Sá e percorre o município de Janaúba, banhando a cidade no sentido sul-norte e fazendo divisa com os municípios de Riacho dos Machados, Porteirinha e Nova Porteirinha à leste. Além disso, é o principal rio do município, onde gira em torno toda a vida histórica, econômica e social do município e das áreas próximas.

Tabela 6 - Reservatório Bico de Pedra. Dados Gerais.

Região	Norte de Minas
Nome do Vale	Gorotuba
Município	Janaúba/Porteirinha
Localização	8 km de Janaúba
Distância de Montes Claros	136 km
Distância de Belo Horizonte	537 km

Latitude	15°49'S
Longitude	43° 14'W Gr
Foz	Médio São Francisco
Fechamento da Barragem	01/12/1979

Fonte: CODEVASF

A represa “Bico da Pedra” armazena um volume de 750.000.000 m³ de água (Tab. 6). O lago possui 10.000 hectares de área inundada. As vazões são sempre iguais ou superiores a 6,5 m³.s⁻¹ o que pressupõe, em princípio, um elevado tempo de retenção da água, algo como 850 dias (considerando o quociente entre o volume útil e a descarga mínima garantida (Tabela 7)).

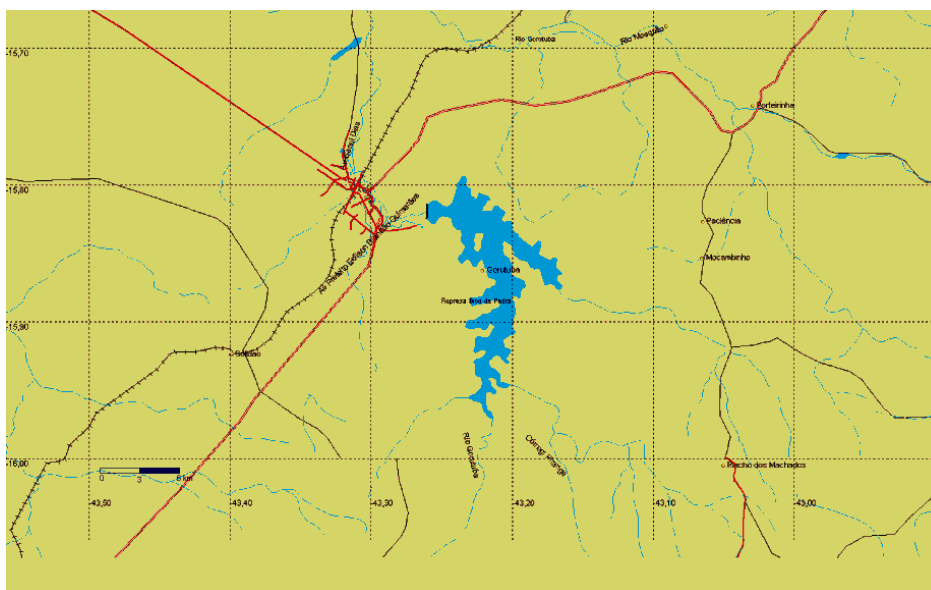
Tabela 7 - Hidrologia do reservatório do Bico da Pedra, Janaúba, MG.

Bacia hidrográfica	120 km²
Área inundada	10.000 hectares
Volume máximo	750 x 10⁶ m³
Volume útil	481 x 10⁶ m³
Cota normal de operação	553 m
Cota mínima	543 m
Descarga mínima garantida	6,5 m³.s⁻¹
Vazão média regularizada	8,0 m³.s⁻¹

Fonte: CODEVASF

O reservatório do Bico da Pedra é composto por um eixo central e dois braços importantes um ao sul, onde desemboca o rio Gorotuba à montante e outro à leste. Ele tem um aspecto morfométrico típico com um afinamento do eixo central logo antes da barragem devido a formações montanhosas muito acentuadas (figura 5).

Figura 5 - Área de Contribuição da Barragem Bico de Pedra - MG.



4 RESULTADOS

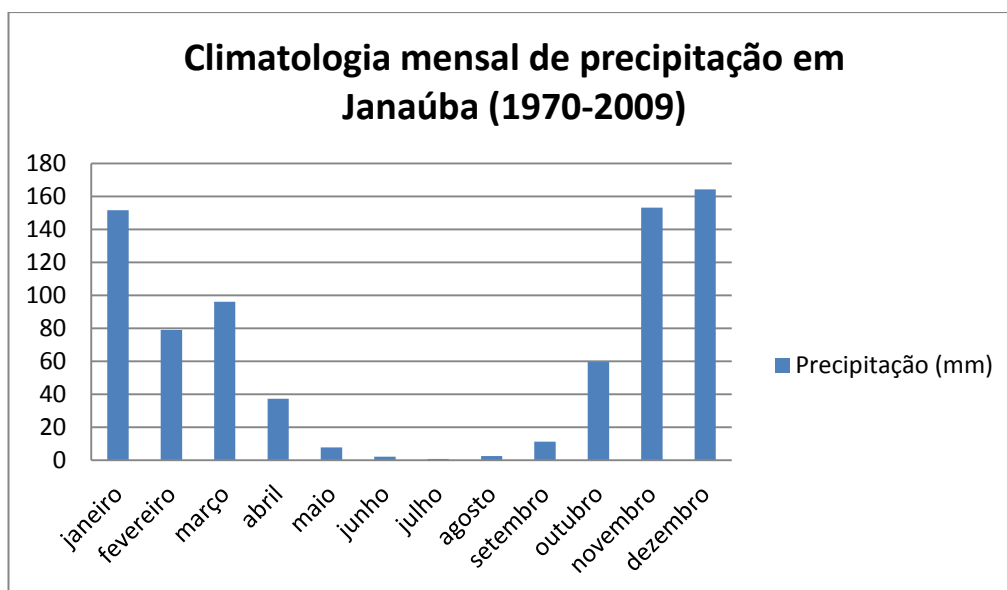
Neste capítulo, serão apresentados os resultados do comportamento das chuvas na região de Janaúba, comportamento da temperatura no decorrer do ano, a relação entre temperatura e precipitação, os resultados do balanço hídrico e os cálculos para estimativa no nível da barragem do rio Gorotuba.

A precipitação média do município de Janaúba apresenta dois períodos bem definidos, um seco e outro chuvoso, como mostrado na Figura 6. O período seco, que é compreendido entre os meses de abril a outubro, é assim caracterizado devido à circulação de sistemas de alta pressão, denominados anticiclones, que atuam sobre a região inibindo a convecção do ar. Como consequência, não há condição favorável para formação de nuvens convectivas e precipitação relevante. Julho é considerado o mês mais seco em relação à climatologia local, com a média mensal de 0,79 mm. Entretanto, a partir da segunda quinzena de setembro, é possível observar chuvas de intensidade fraca e em alguns casos, moderada, devido à circulação dos ventos úmidos oriundos do oceano, auxiliando na formação de nuvens do tipo estratiformes. Já outubro, é caracterizado como o mês de transição entre o período seco e chuvoso na região.

Os meses compreendidos entre novembro e março são os mais chuvosos, influenciados em grande parte pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul

(ZCAS), o qual é um sistema caracterizado por uma banda persistente de precipitação e nebulosidade convectiva orientada no sentido noroeste-sudeste, que se estende desde o sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central por alguns milhares de quilômetros. A ZCAS pode ser considerada como o principal sistema de grande escala responsável pelo regime de chuvas na região de Janaúba. Dezembro é considerado o mês mais chuvoso em relação à climatologia local, com a média mensal de 164,3mm. É possível destacar também, os meses de novembro (153,2mm) e janeiro (151,6mm).

Figura 6 - Climatologia mensal de precipitação em Janaúba (1970-2009).



Fonte: Autor

4.1 ANÁLISE DA PLUVIOMETRIA DIÁRIA

Os gráficos de pluviometria diária foram gerados para todos os meses em intervalos de dez anos, a partir do ano de 1970, para uma melhor visualização do comportamento das precipitações. Através dos gráficos diários, é possível estimar o tipo de chuva característica, sendo proveniente de nuvens convectivas ou estratiformes. Também foi elaborado um estudo de frequência de precipitação em intervalos de classe para o município de Janaúba, com a finalidade de observar os padrões de sua distribuição, bem como reconhecer a variabilidade interanual dessas ocorrências durante o período chuvoso e seco, como mostra a tabela 8. Analisando a pluviometria, e posteriormente as outras variáveis, como a temperatura e

condições de umidade e armazenamento de água no solo, foi possível caracterizar o tipo de clima na região.

Tabela 8 - Frequência de precipitação diária registrada entre os anos de 1970 a 2009.

Meses	Registros	Sem chuva	Com chuva	$\geq 20\text{mm}$
Janeiro	1333	895	438	124
Fevereiro	1192	896	296	52
Março	1333	979	354	71
Abril	1282	1138	144	28
Mai	1333	1285	48	4
Junho	1282	1277	13	1
Julho	1328	1319	9	0
Agosto	1328	1317	11	1
Setembro	1275	1200	75	7
Outubro	1333	1076	257	41
Novembro	1290	808	482	113
Dezembro	1333	816	517	126

Fonte: Autor

4.1.1 PLUVIOMETRIA DIÁRIA DA FASE CHUVOSA (NOVEMBRO, DEZEMBRO, JANEIRO, FEVEREIRO E MARÇO)

Os meses de janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro são caracterizados pelo grande volume e frequência de precipitação na região de Janaúba. Sendo comum notar acumulados de precipitação com valores totais acima de 30 mm diários. Esse fato se deve a presença da ZCAS, que influencia diretamente na gênese de nebulosidade convectiva e também no regime de chuvas.

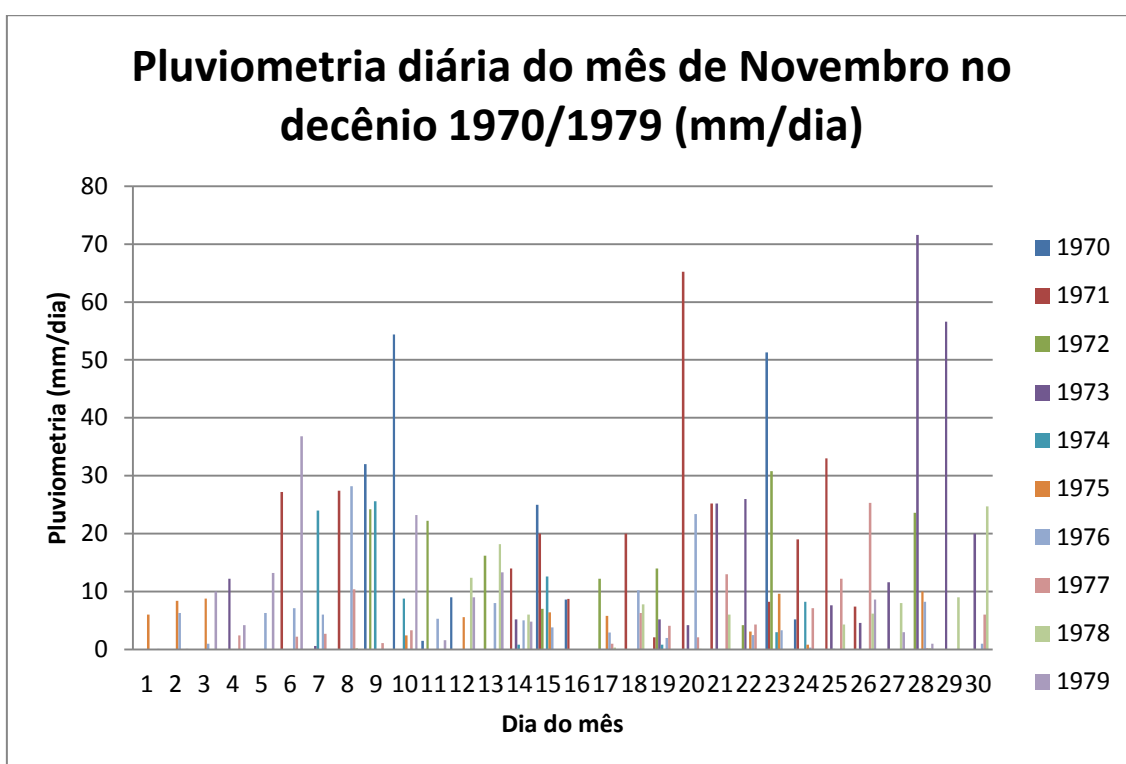
As análises feitas no trabalho indicam que a ZCAS tende a se posicionar mais ao norte, no início da fase quente anual (novembro, dezembro e janeiro), deslocando-se posteriormente para o sul, podendo variar de 10-15° de latitude. Esse fato é bem visível quando se analisa a climatologia mensal, onde no início da fase quente, os acumulados são maiores do que no final dela (fevereiro e março).

Também é importante ressaltar que no verão, com o gradiente térmico pequeno, as frentes frias que atingem a região Norte de Minas Gerais, tem atividade convectiva pequena, provocando chuvas, geralmente de intensidade fraca, com nuvens rasas, predominantemente estratiformes. Isto é possível observar na maioria dos gráficos de precipitação diária do período chuvoso, onde os totais diários não ultrapassam os 30 mm/dia. Porém, o aquecimento continental desta época do ano, gera intensas células de baixa pressão, formadoras de nuvens convectivas isoladas, que podem atingir ocasionalmente a região de Janaúba. Essas nuvens cumuliformes, geralmente têm grande desenvolvimento vertical e topo frio, o que favorece a

formação de chuvas intensas, muitas vezes acompanhadas de rajadas de vento, trovoadas e em algumas ocasiões, podendo provocar queda de granizo. Essas células tem formação rápida e normalmente se dissipam em um curto espaço de tempo.

Os gráficos da pluviometria diária de novembro (figuras 7, 8, 9 e 10) tem um comportamento semelhante, característico de chuvas estratiformes, porém foi possível observar eventos de chuva intensa, em que os volumes diários provocaram chuvas de intensidade elevada.

Figura 7 - Pluviometria diária do mês de Novembro no decênio 1970/1979 (mm/dia).

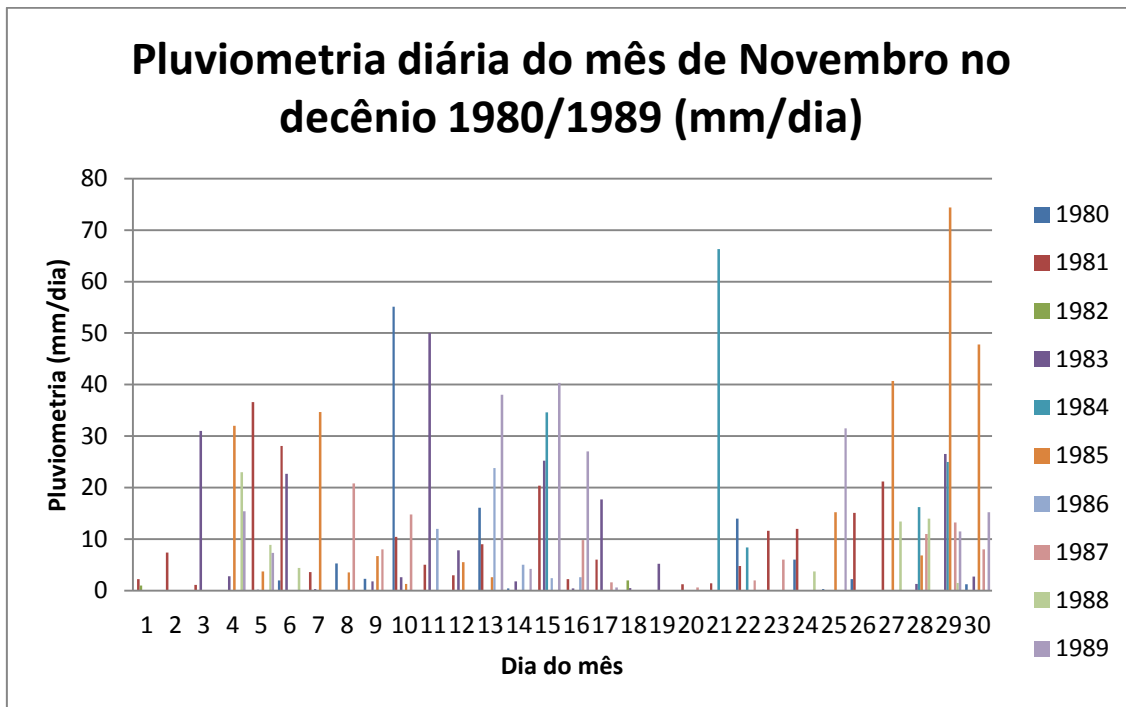


Fonte: Autor

Nos gráfico 8 e 9, de pluviometria diária do mês de novembro no decênio 1980/1989 e 1990/1999, é possível observar que as chuvas são bem distribuídas ao longo dos anos, com alguns eventos de chuva mais intensos, como o ocorrido no final do mês de 1985, com valores chegando a 75 mm/dia. Vale destacar os eventos de chuva extrema ocorrido nos anos de 1995 e 1996, onde os valores diários de precipitação atingiram 140 e 158 mm/dia respectivamente, provavelmente causados pela atuação de formações de nebulosidade bastante convectiva. No último decênio em estudo, as chuvas tiveram um comportamento mais uniforme,

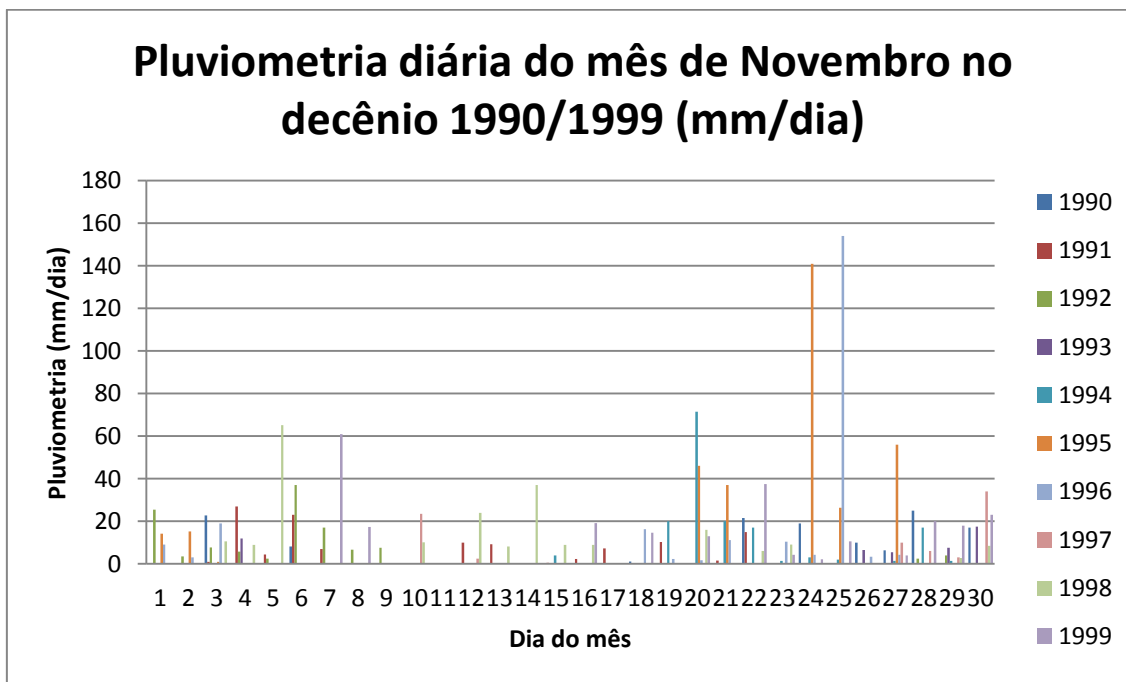
predominantemente estratiforme, com valores menos intensos e chuvas mais contínuas, o que é positivo para a recarga hídrica do solo na região de Janaúba.

Figura 8 - Pluviometria diária do mês de novembro no decênio 1980/1989 (mm/dia).



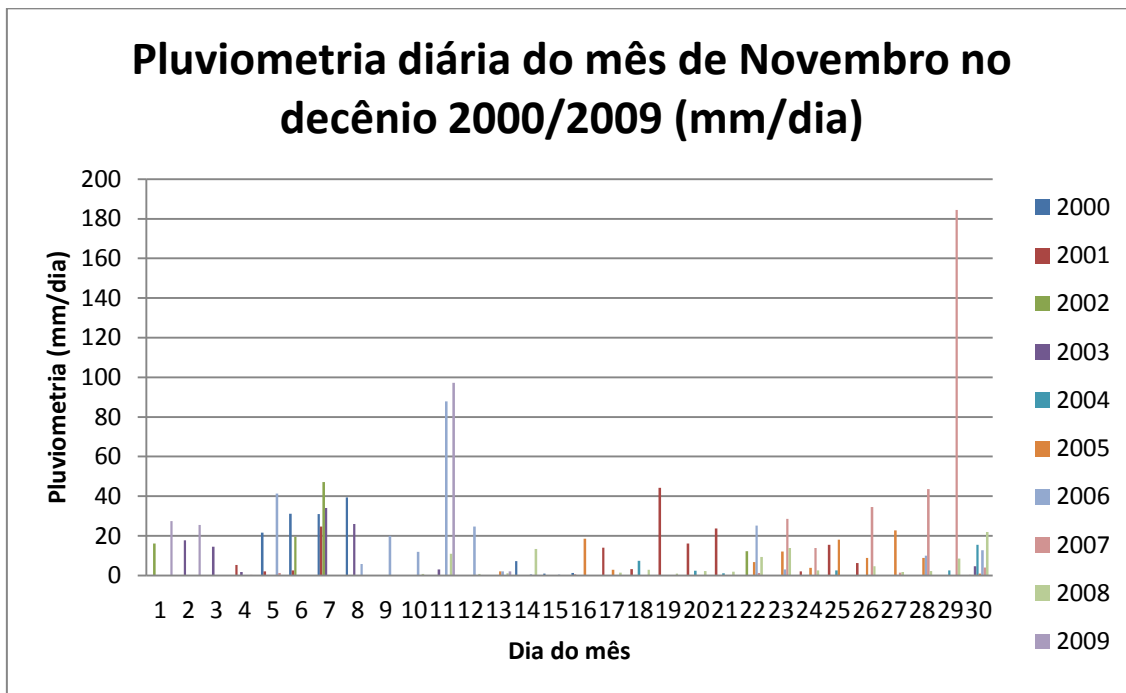
Fonte: Autor

Figura 9 - Pluviometria diária do mês de novembro no decênio 1990/1999 (mm/dia)



Fonte: Autor

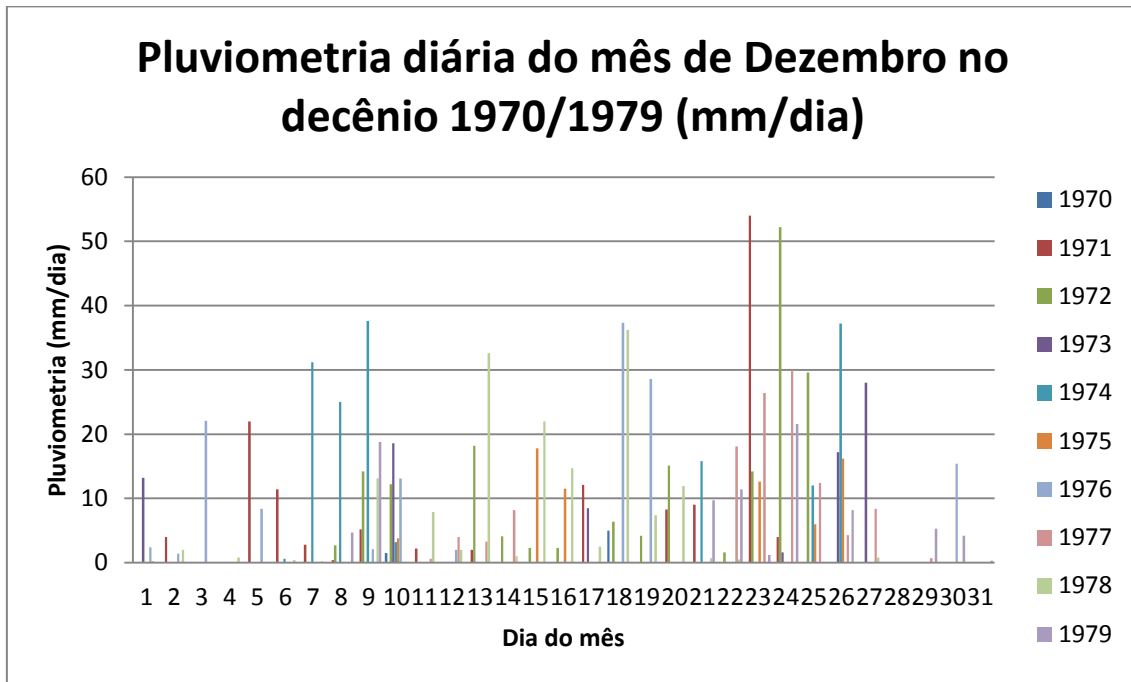
Figura 10 - Pluviometria diária do mês de Novembro no decênio 2000/2009 (mm/dia)



Fonte: Autor

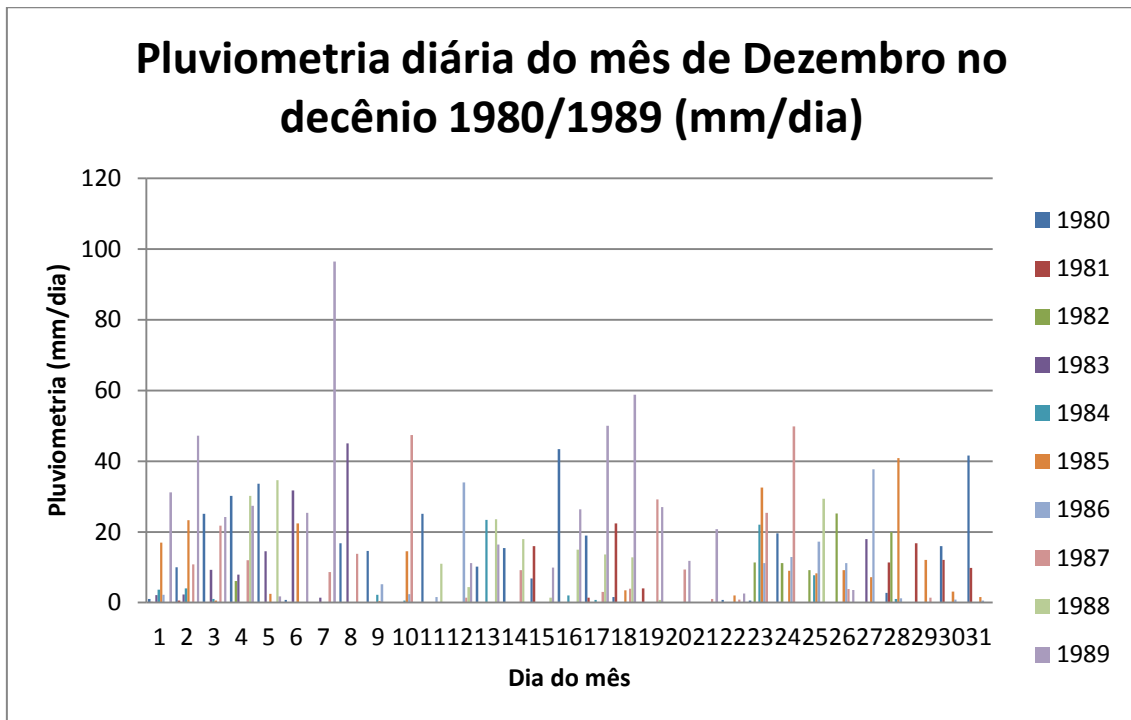
Nos gráficos de pluviometria diários do mês de dezembro (figuras 11, 12, 13 e 14), percebe-se um aumento no número total de dias com chuva, se comparado com os outros meses do ano, porém, também se percebe que essa chuva é predominantemente estratiforme, provocada pela atuação da ZCAS e também da ZCOU. Somente em um caso, ocorrido no ano de 1987, ocorreu uma chuva com valores próximos aos 100 mm/dia, possivelmente provocada por complexos convectivos que se formaram na região norte de Minas Gerais.

Figura 11 - Pluviometria diária do mês de dezembro no decênio 1970/1979 (mm/dia)



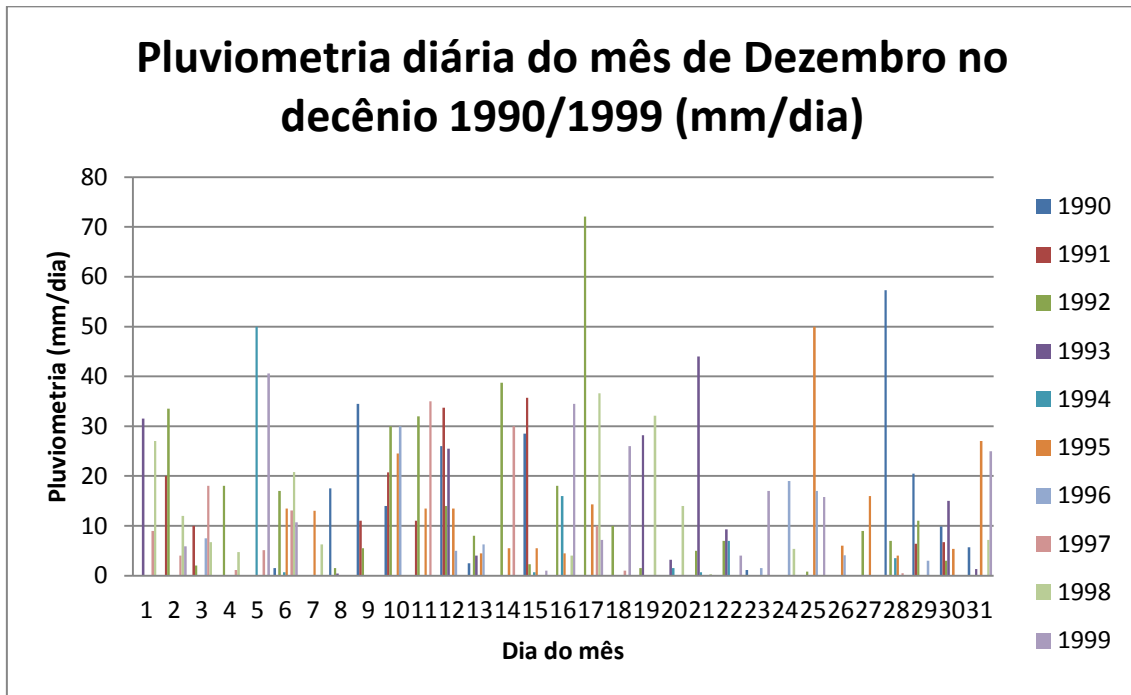
Fonte: Autor

Figura 12 - Pluviometria diária do mês de dezembro no decênio 1980/1989 (mm/dia)



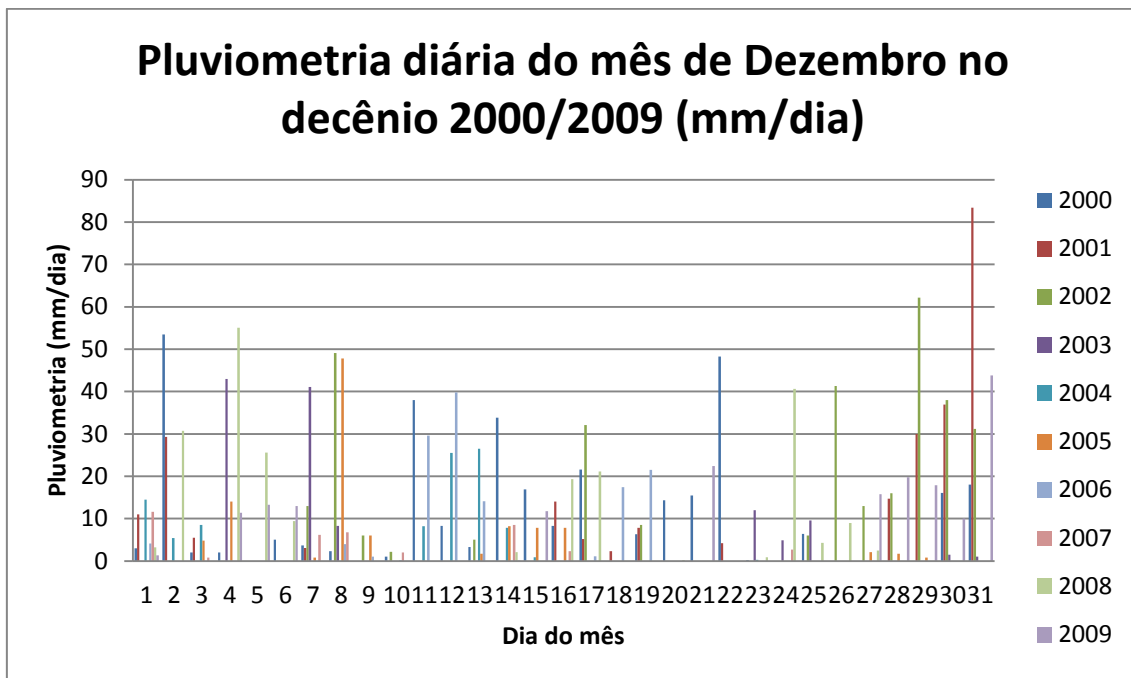
Fonte: Autor

Figura 13 - Pluviometria diária do mês de dezembro no decênio 1990/1999 (mm/dia)



Fonte: Autor

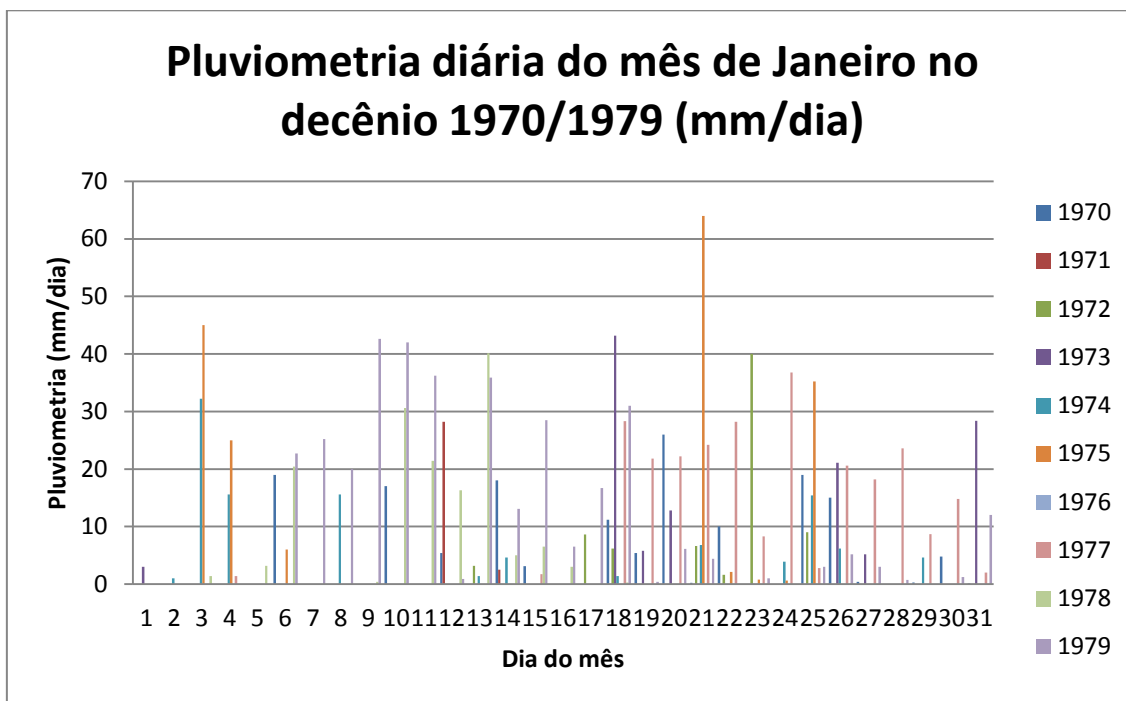
Figura 14 - Pluviometria diária do mês de dezembro no decênio 2000/2009 (mm/dia)



Fonte: Autor

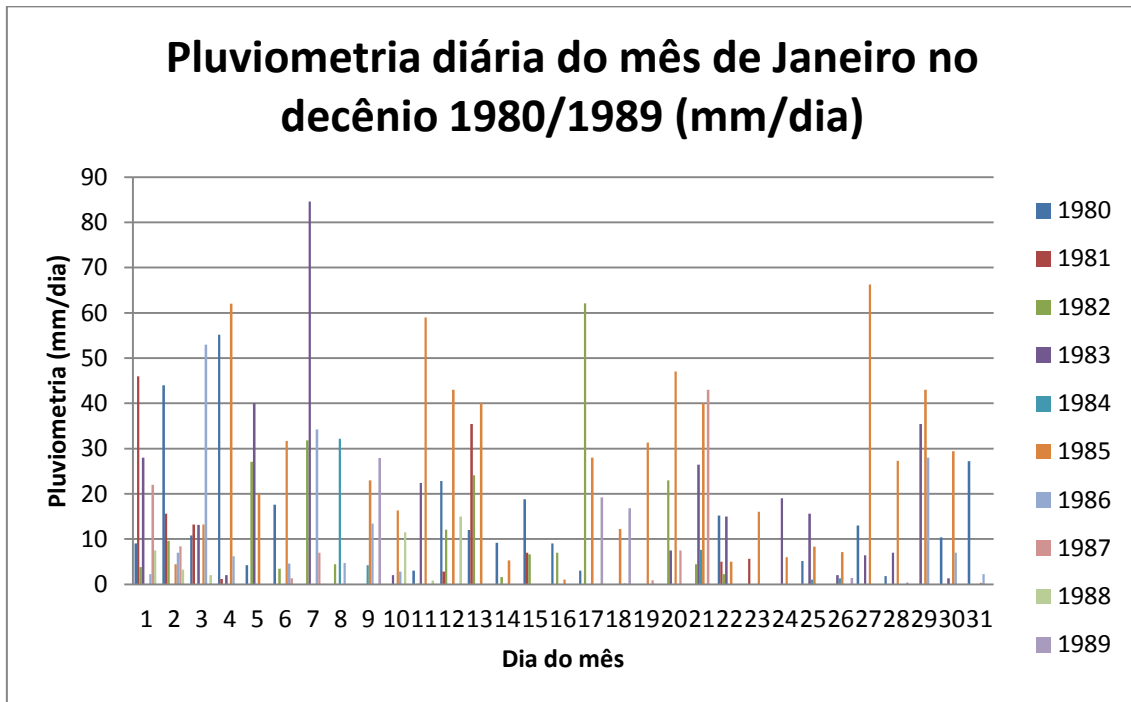
Nos meses de janeiro dos quatro decênios estudados (figuras 14, 15, 16 e 17), o comportamento das chuvas foi bastante semelhante a dezembro, porém percebendo uma diminuição gradual do número de dias com chuva. A intensidade das chuvas seguiu o mesmo comportamento de dezembro, provavelmente sob influência das ZCAS e ZCOU, que se caracterizam chuvas predominantemente estratiformes, ocasionadas pela borda destes eventos. A influência da borda sudoeste dos VCANs, associada à umidade vinda da Amazônia, também foi importante no regime de chuvas deste período do ano na região de Janaúba, provocando o aumento de nebulosidade e trazendo chuvas.

Figura 15 - Pluviometria diária do mês de Janeiro no decênio 1970/1979 (mm/dia).



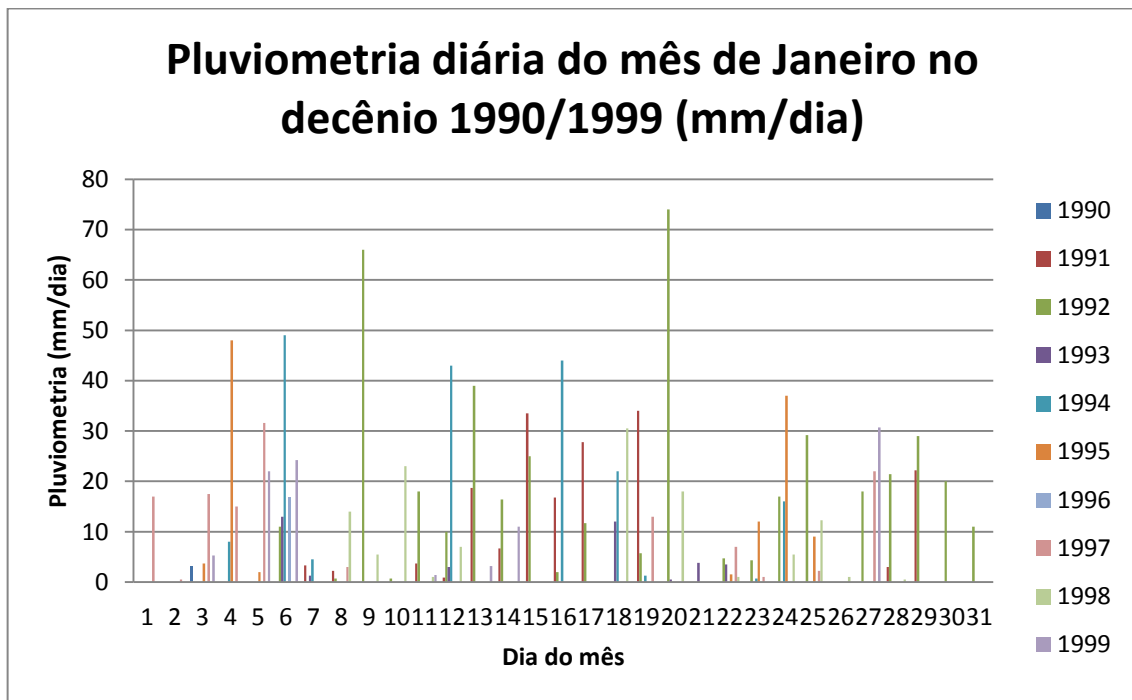
Fonte: Autor

Figura 16 - Pluviometria diária do mês de Janeiro no decênio 1980/1989 (mm/dia).



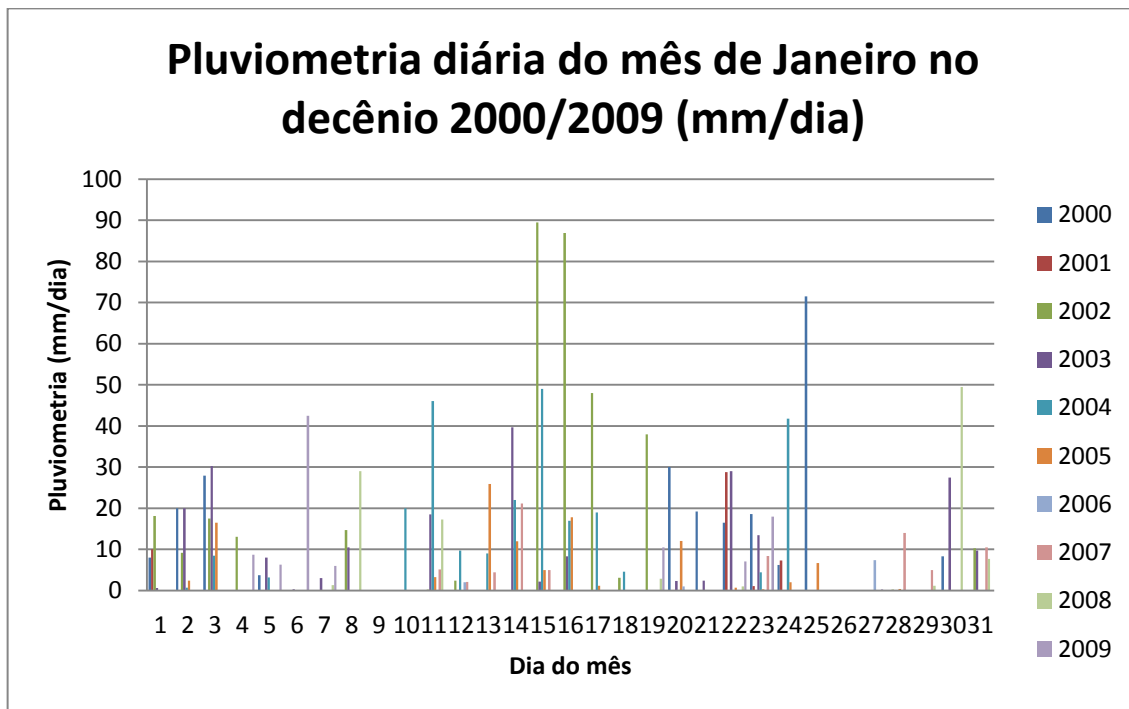
Fonte: Autor

Figura 17 - Pluviometria diária do mês de Janeiro no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

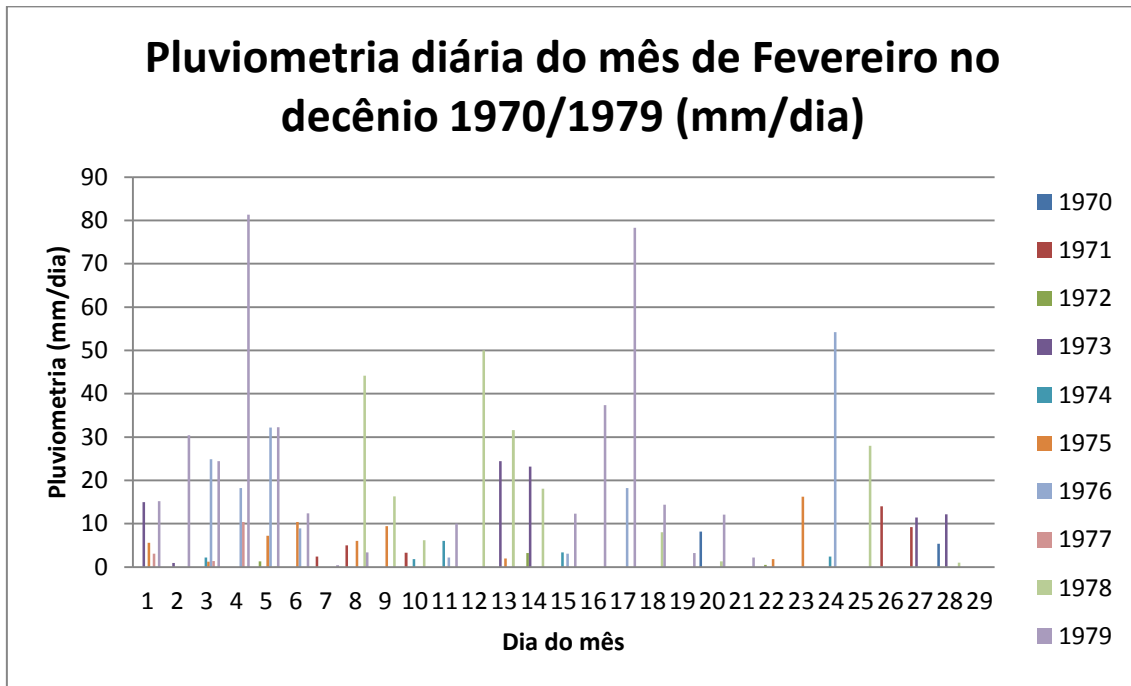
Figura 18 - Pluviometria diária do mês de Janeiro no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

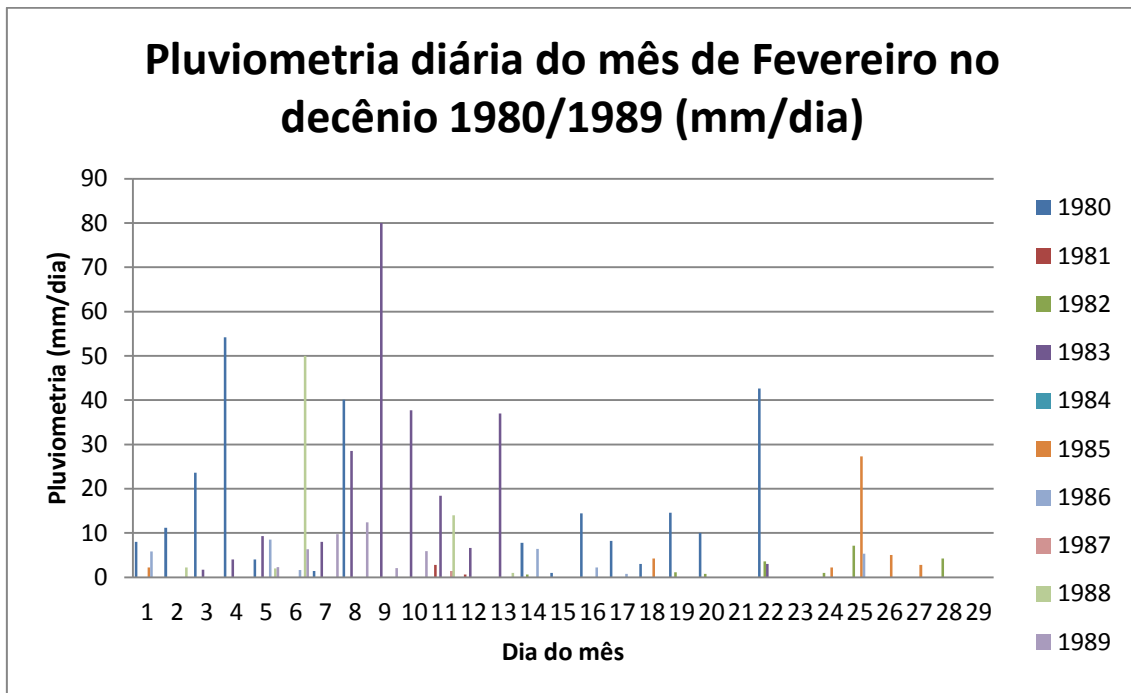
O mês de fevereiro, como mostrado nas figuras 19, 20, 21 e 22 mostrou um comportamento um pouco diferente dos meses de novembro e dezembro, onde a quantidade de dias com chuva foi menor, e com valores acumulados de precipitação mais escassos. Isto foi provocado pela diminuição do gradiente de temperatura do mês de fevereiro, onde as temperaturas mínimas registradas foram elevadas, fazendo com que as frentes frias não atingissem a região com intensidade. Porém a formação de VCANs provocou diversos eventos de chuva em todo norte de Minas Gerais durante este período.

Figura 19 - Pluviometria diária do mês de Fevereiro no decênio 1970/1979 (mm/dia).



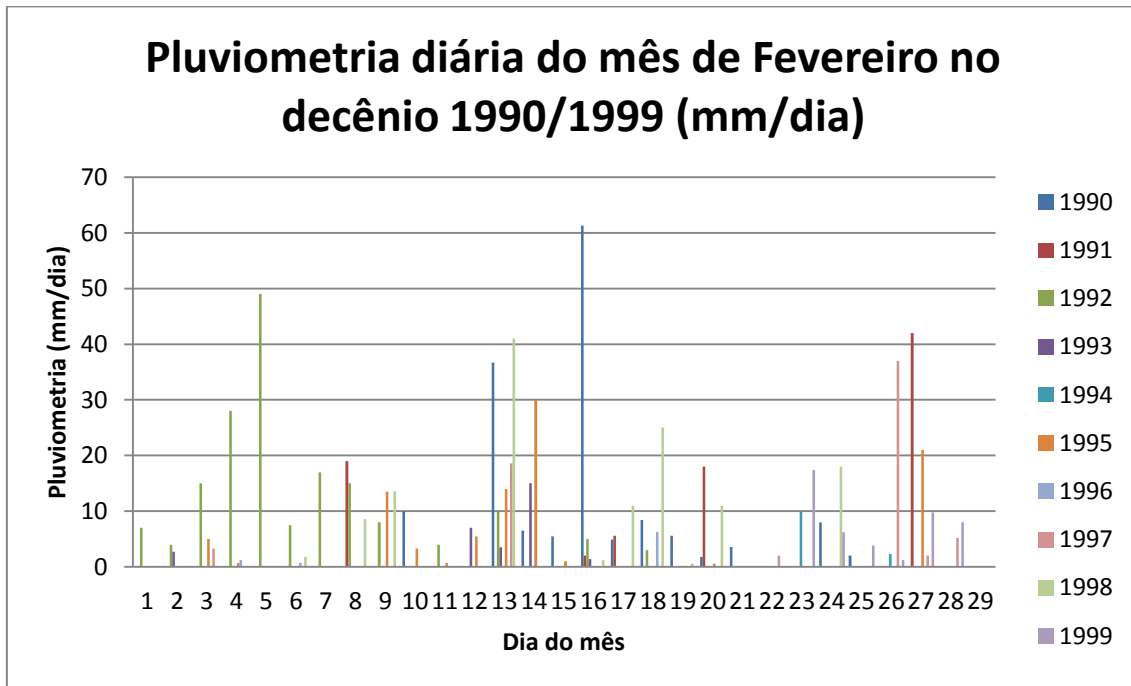
Fonte: Autor

Figura 20 - Pluviometria diária do mês de Fevereiro no decênio 1980/1989 (mm/dia).



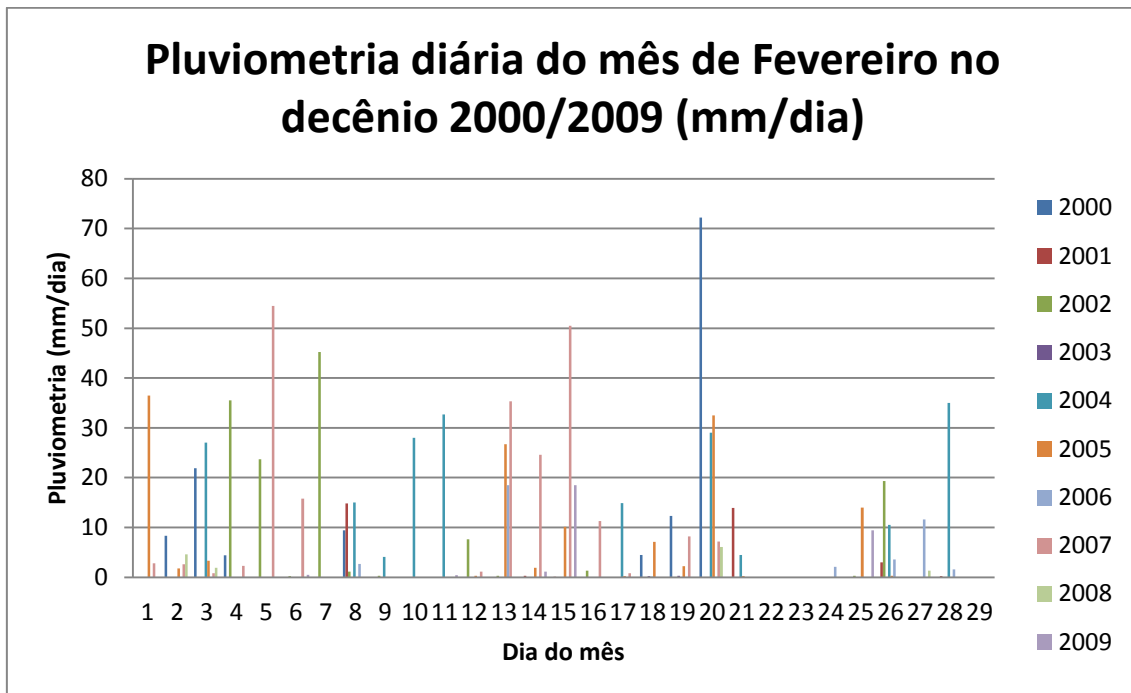
Fonte: Autor

Figura 21 - Pluviometria diária do mês de Fevereiro no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

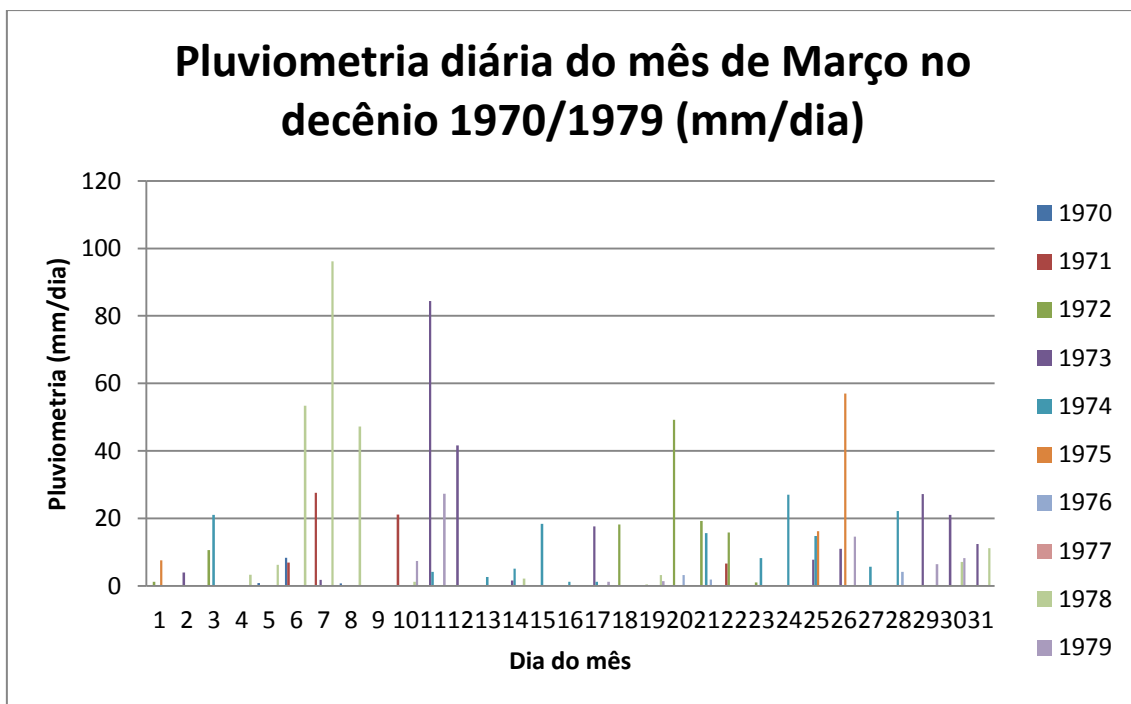
Figura 22 - Pluviometria diária do mês de Fevereiro no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

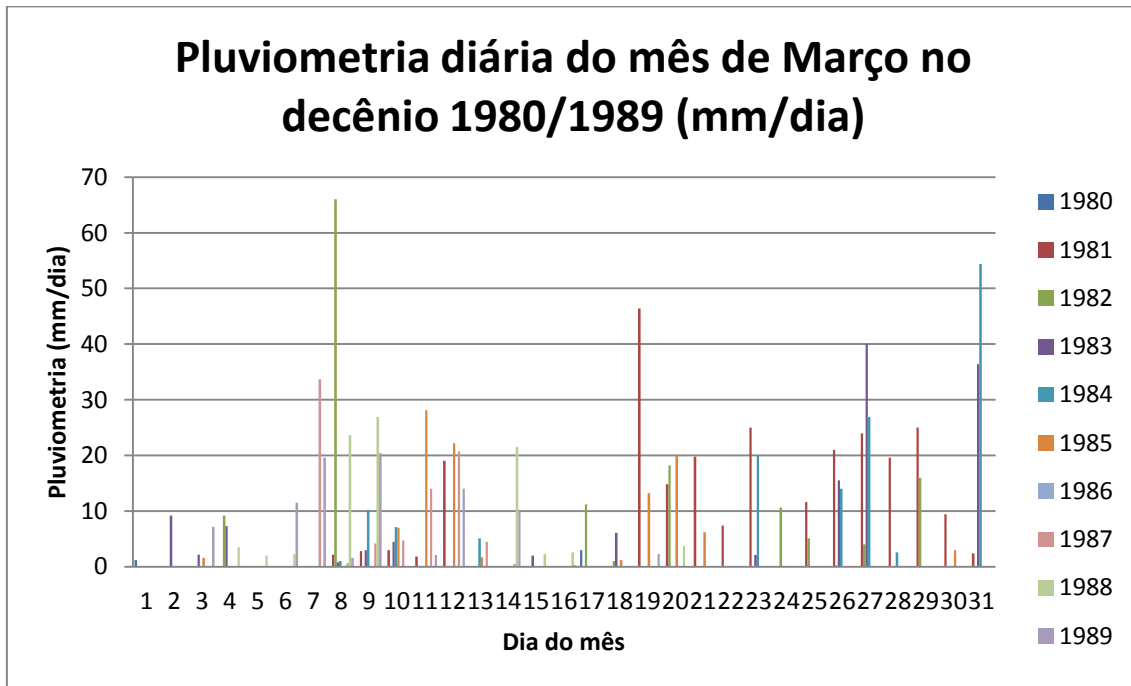
Os gráficos de pluviometria diária dos meses de março nos decênios em estudo (figuras 23, 24, 25 e 26), mostraram uma mudança no comportamento das chuvas com relação aos meses anteriores. O numero de registros de dias com chuva foi bem menor, se comparado com os meses anteriores, provocados possivelmente pelo posicionamento mais ao sul da ZCAS. A influência menor da ZCAS é característica dessa época do ano, porém a influência de restos de frentes e da borda de VCANs ainda influencia o regime de chuvas na região de Janaúba.

Figura 23 - Pluviometria diária do mês de Março no decênio 1970/1979 (mm/dia).



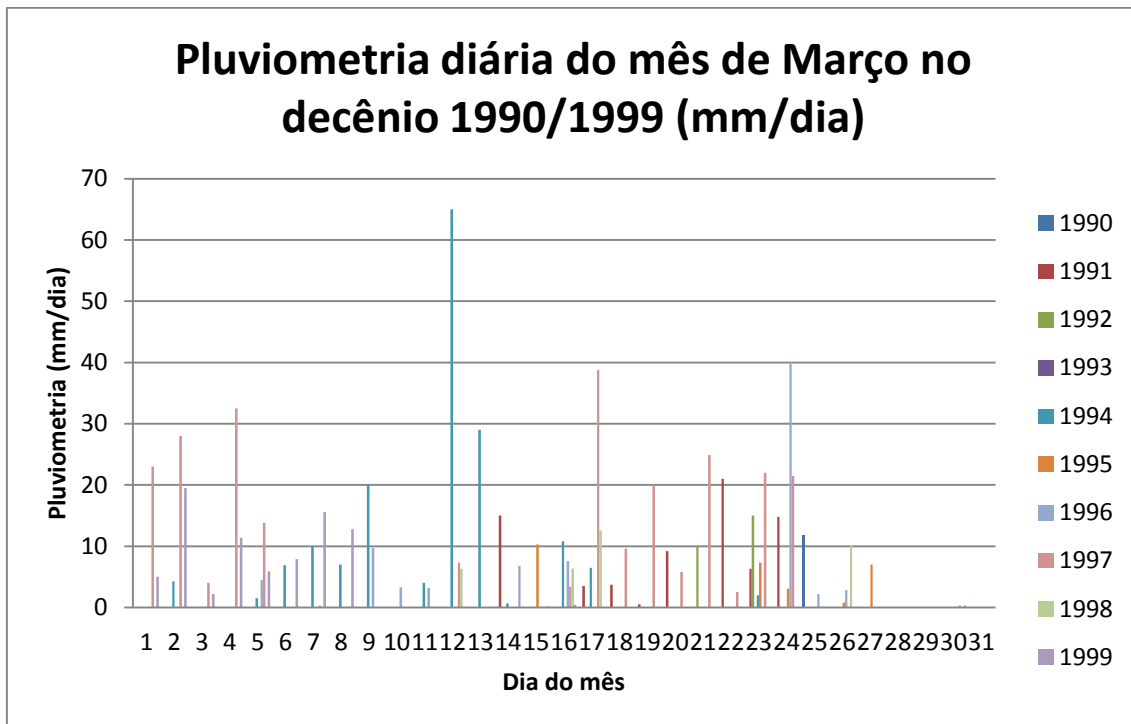
Fonte: Autor

Figura 24 - Pluviometria diária do mês de Março no decênio 1980/1989 (mm/dia).



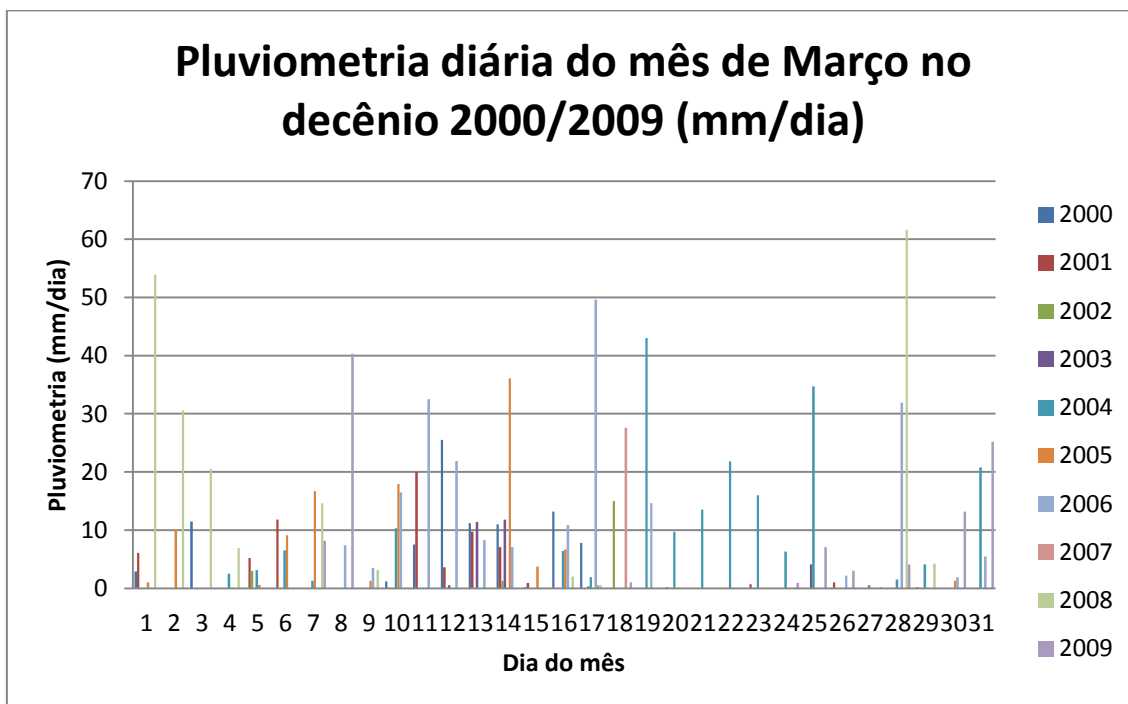
Fonte: Autor

Figura 25 - Pluviometria diária do mês de Março no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

Figura 26 - Pluviometria diária do mês de Março no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

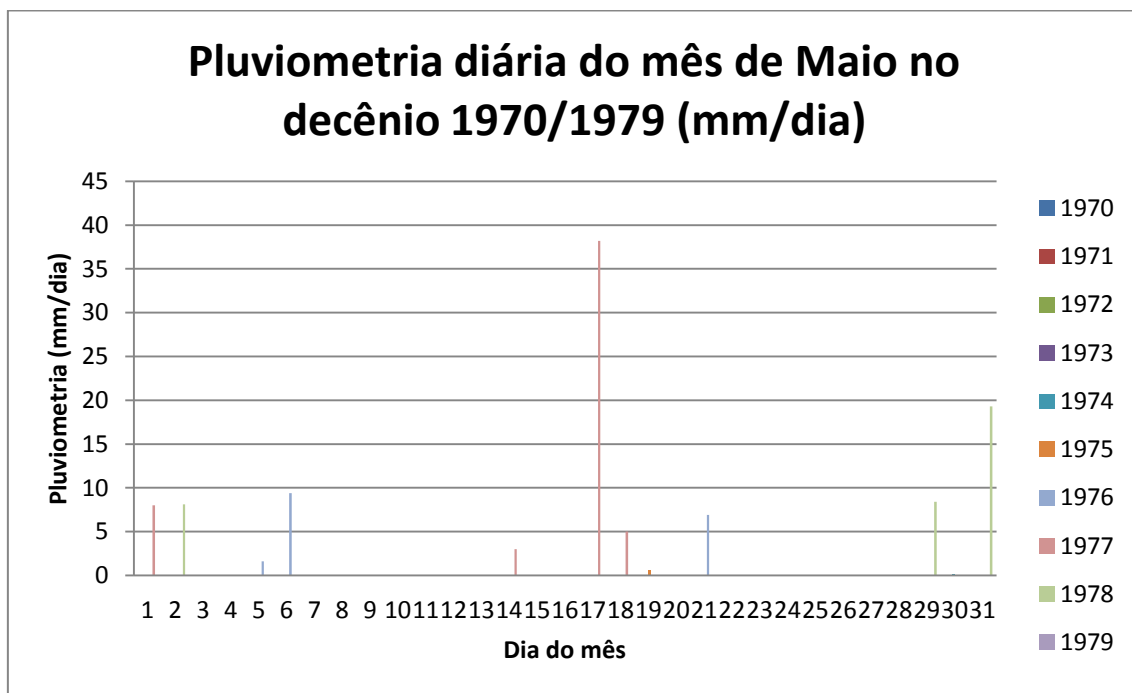
4.1.2 PLUVIOMETRIA DIÁRIA DA FASE SECA (MAIO, JUNHO, JULHO E AGOSTO)

Os meses de maio, junho, julho e agosto são caracterizados pelo baixo volume e pequena frequência de precipitação na região de Janaúba. Pode-se destacar que 98% dos dias durante o período seco são sem chuvas. Esse fato, climatologicamente, se deve a presença de um intenso anticiclone que permanece atuando praticamente durante toda a fase seca, inibindo a formação de nuvens de desenvolvimento vertical e consequentemente chuvas, sendo observadas basicamente nuvens cúmulos rasas de bom tempo.

Outro fator importante nessa época do ano, que inibiu a formação de chuva, foi o posicionamento da ZCAS e as frentes frias, que nesta época do ano, ao adentrarem ao sudeste do Brasil, se deslocaram para o oceano, provocando um bloqueio atmosférico que inibiu a formação de nebulosidade no norte de Minas Gerais. Isto é característico deste período em regiões semiáridas. Também vale ressaltar que a AB, provoca uma alteração na circulação de ar, diminuindo o acréscimo de umidade vindo da região amazônica em todo semiárido do Brasil.

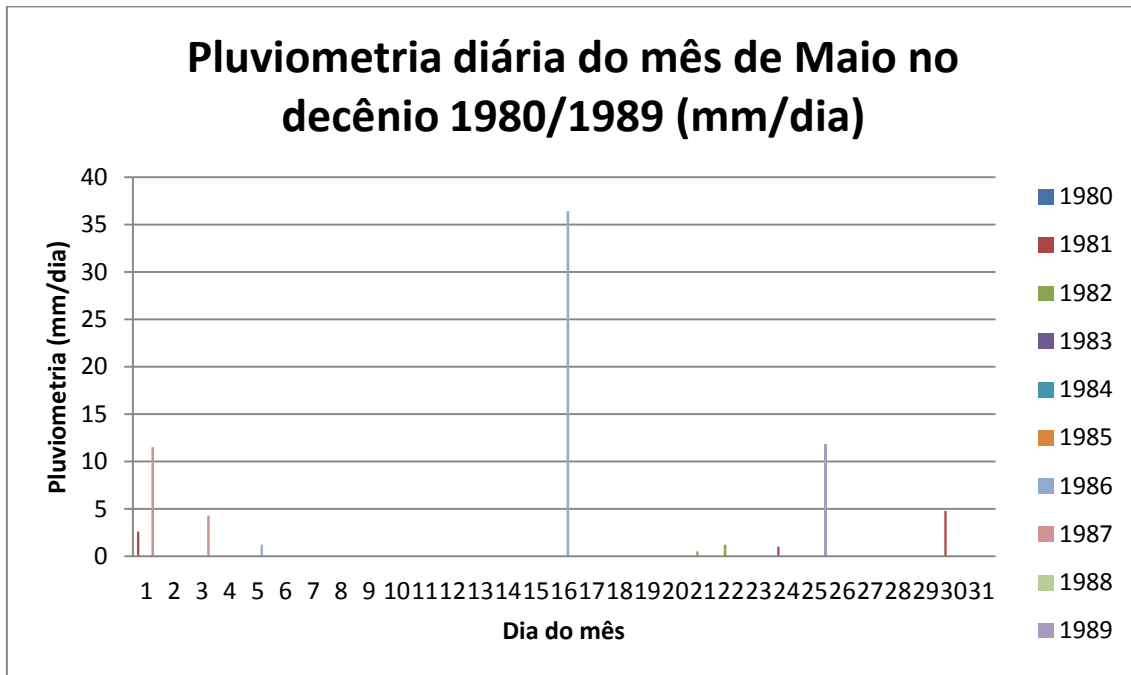
Os gráficos a seguir ilustram a situação descrita anteriormente. Percebe-se que nos gráficos de pluviometria diária do mês de maio (figuras 27, 28, 29 e 30), foram registrados poucos dias com chuva, e geralmente com intensidade fraca e curto espaço de tempo.

Figura 27 - Pluviometria diária do mês de Maio no decênio 1970/1979 (mm/dia).



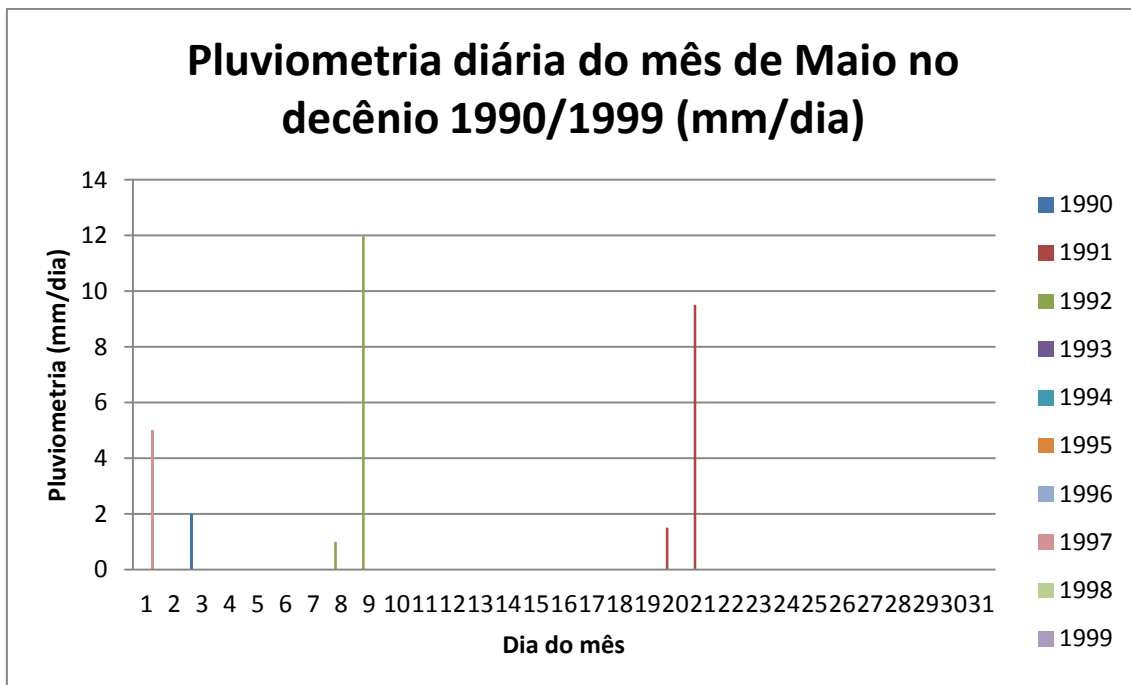
Fonte: Autor

Figura 28 - Pluviometria diária do mês de Maio no decênio 1980/1989 (mm/dia).



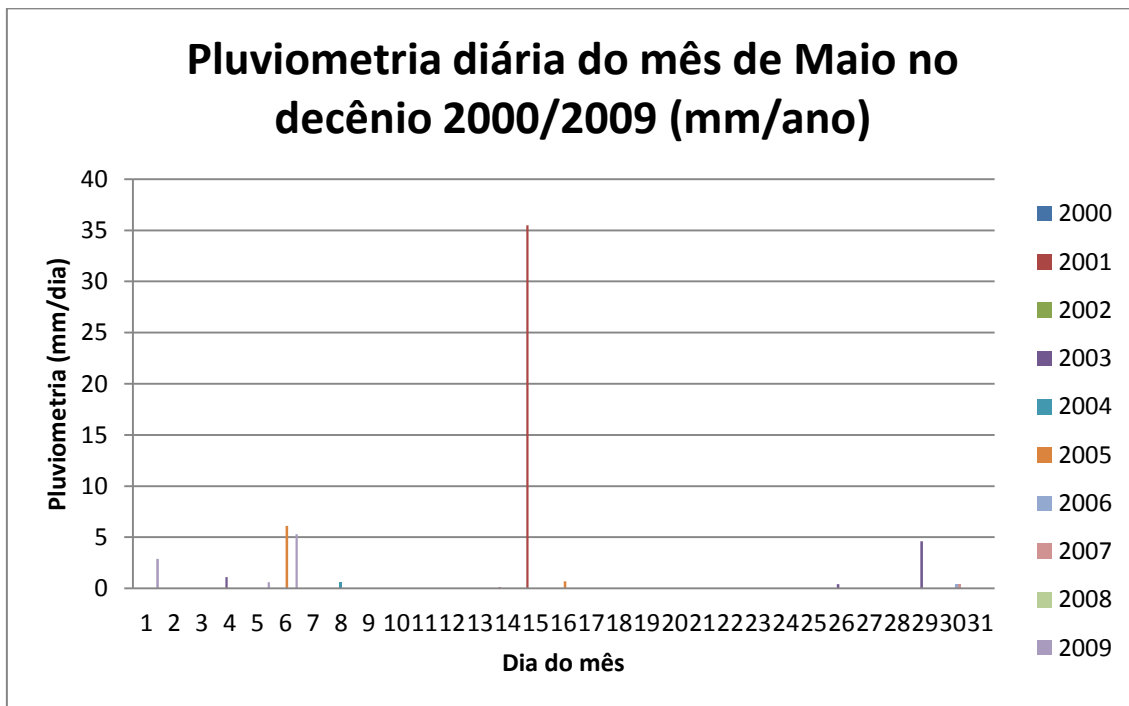
Fonte: Autor

Figura 29 - Pluviometria diária do mês de Maio no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

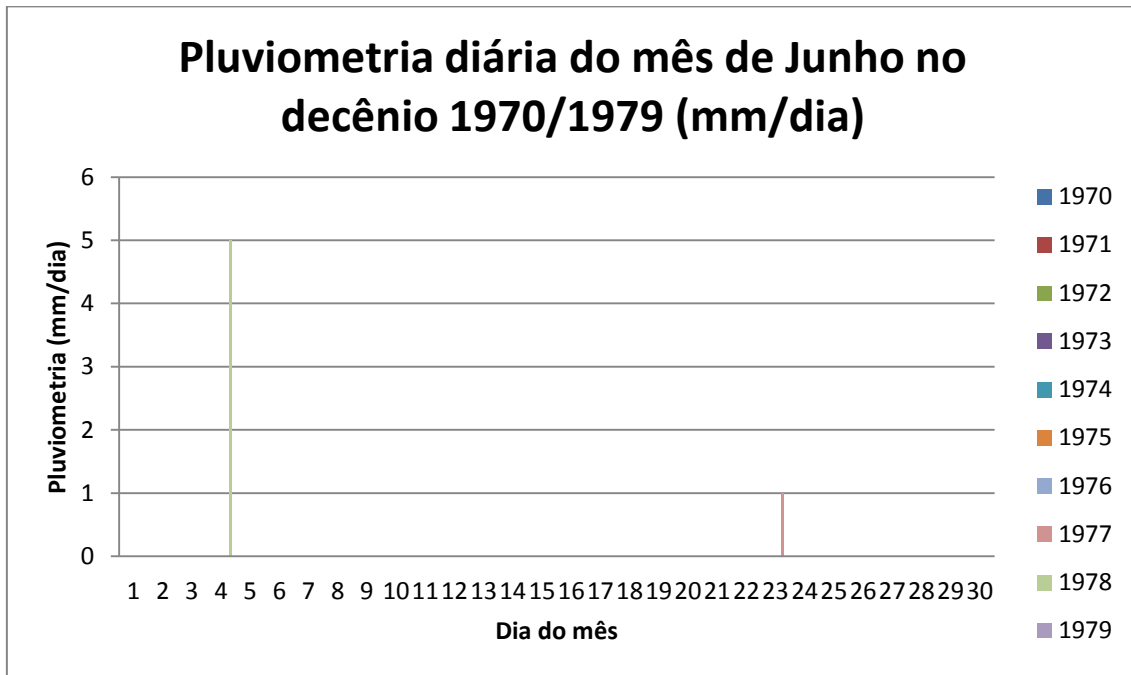
Figura 30 - Pluviometria diária do mês de Maio no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

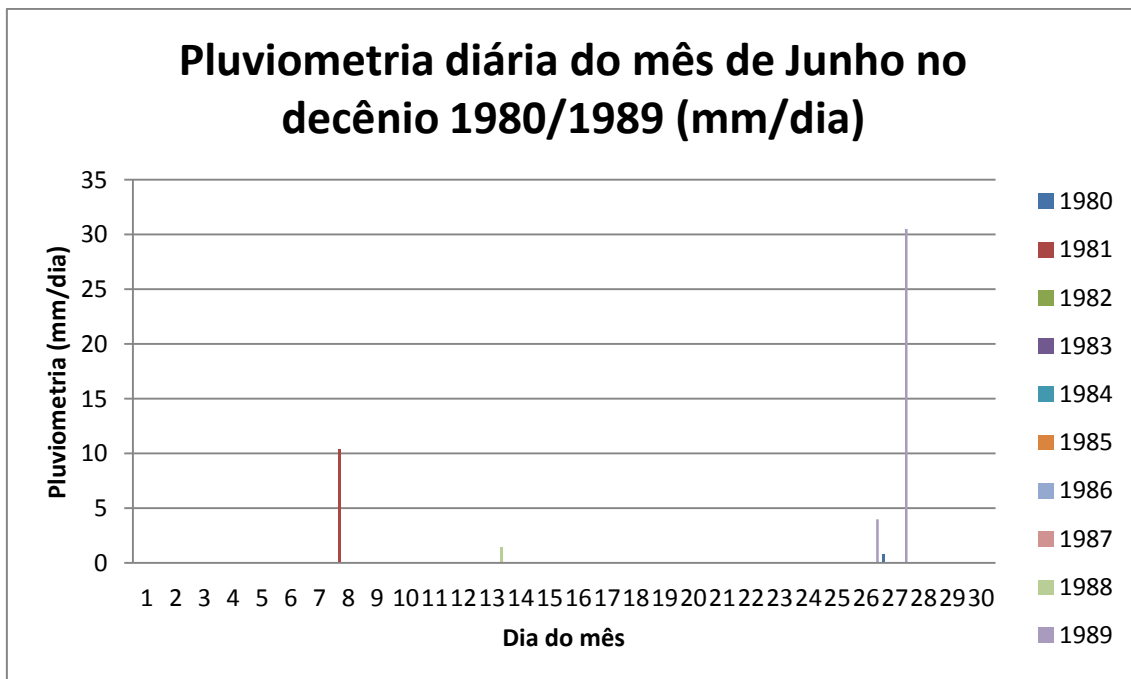
No mês de junho, durante os quatro decênios estudados (figuras 31, 32, 33 e 34), as características de estiagem, ou seca, são ainda mais perceptíveis, onde foram raros os casos de precipitação registrados. Em quarenta anos, foram registrados somente treze casos de precipitação, sendo o mais intenso com 30 mm/dia.

Figura 31 - Pluviometria diária do mês de Junho no decênio 1970/1979 (mm/dia).



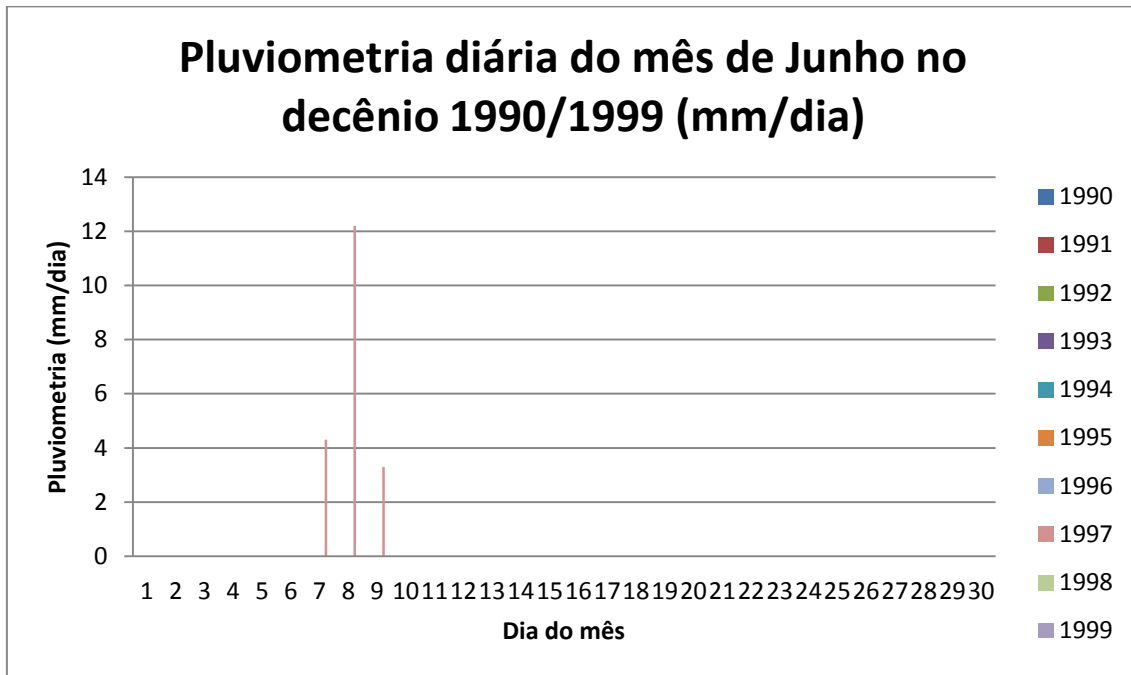
Fonte: Autor

Figura 32 - Pluviometria diária do mês de Junho no decênio 1980/1989 (mm/dia).



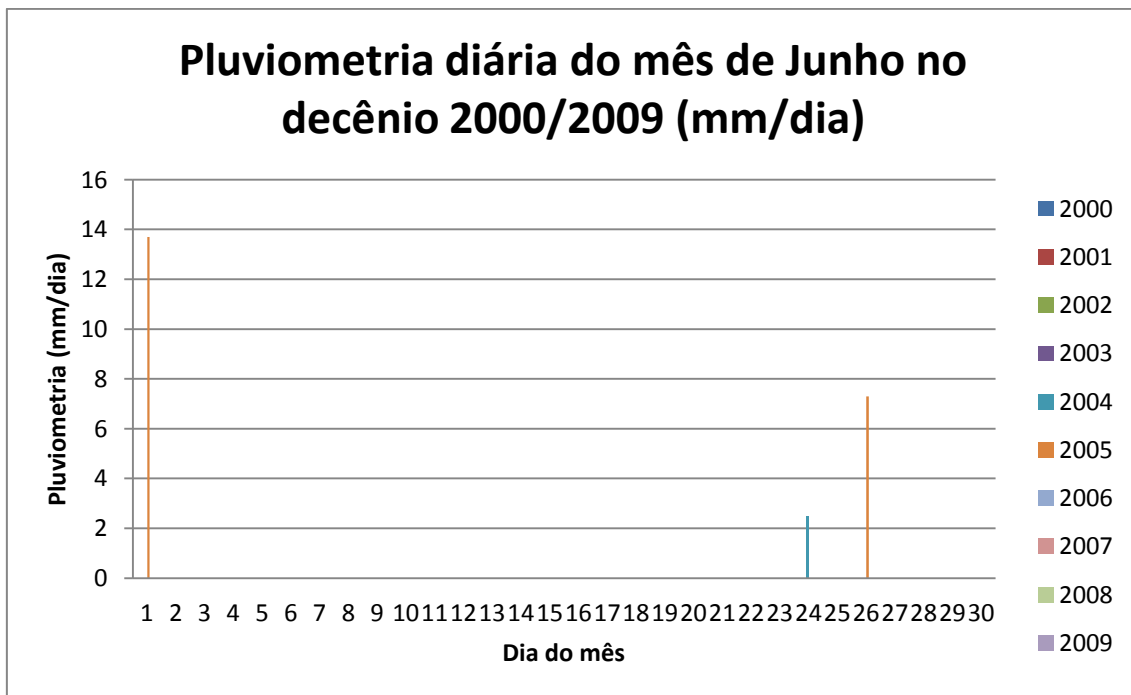
Fonte: Autor

Figura 33 - Pluviometria diária do mês de Junho no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

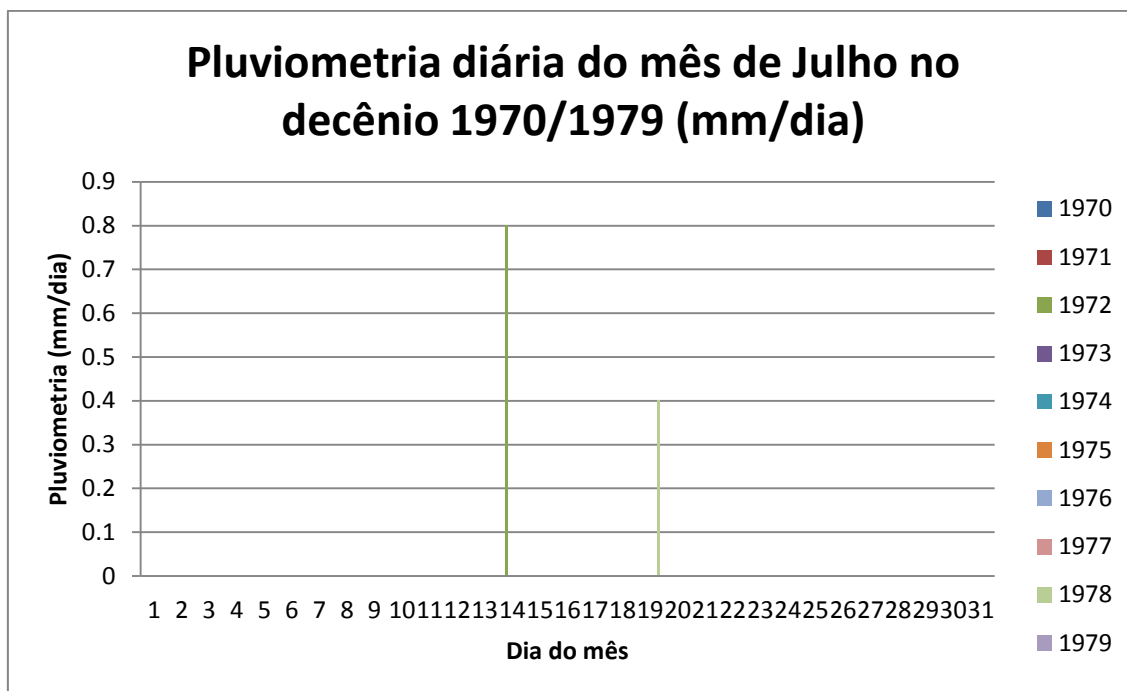
Figura 34 - Pluviometria diária do mês de Junho no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

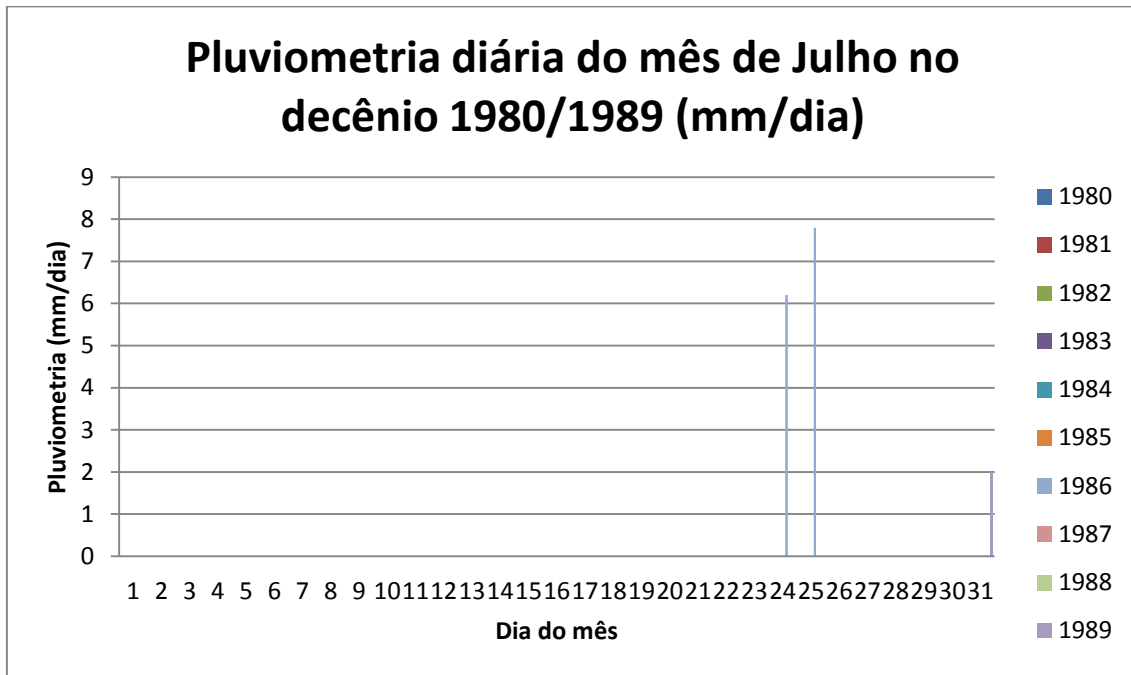
Os registros de pluviometria diária dos meses de julho nos quatro decênios em estudo (figuras 35, 36, 37 e 38) mantém o mesmo comportamento do mês de junho, com poucos registros de chuva e volume muito pequeno, provocando um déficit hídrico intenso nesta época do ano em toda região norte do estado de Minas Gerais. Foram registrados apenas nove eventos de precipitação, e observou-se, que na ultima década, não houve nenhum registro de precipitação no mês de julho no município de Janaúba.

Figura 35 - Pluviometria diária do mês de Julho no decênio 1970/1979 (mm/dia).



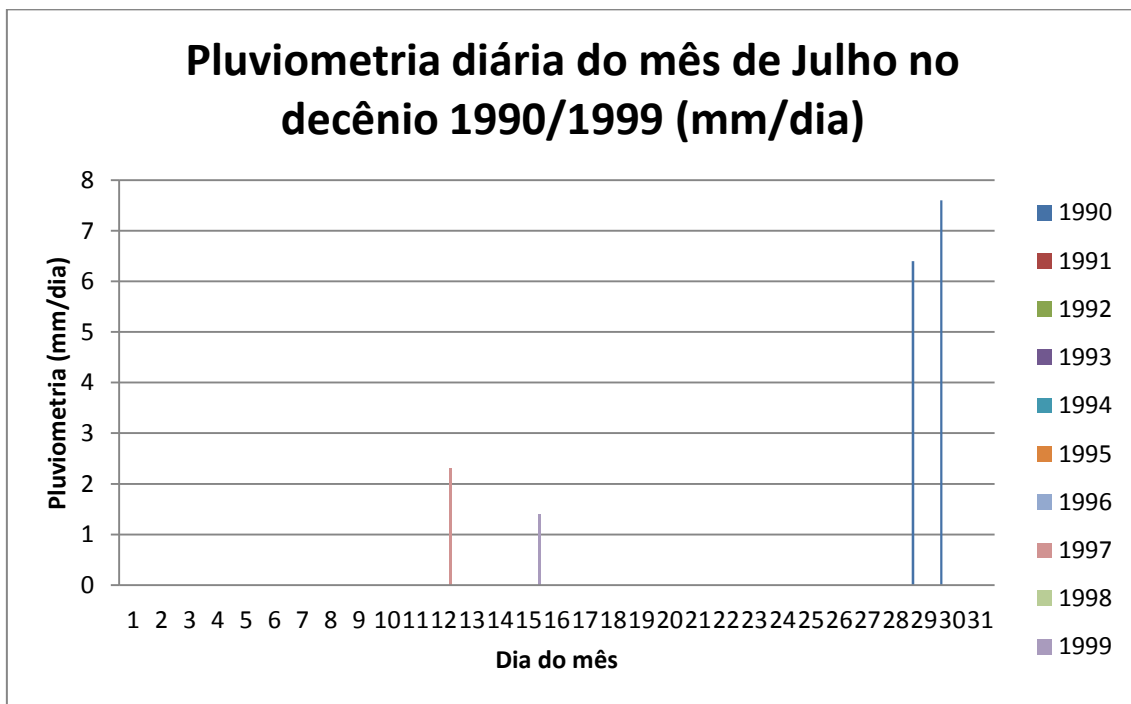
Fonte: Autor

Figura 36 - Pluviometria diária do mês de Julho no decênio 1980/1989 (mm/dia).



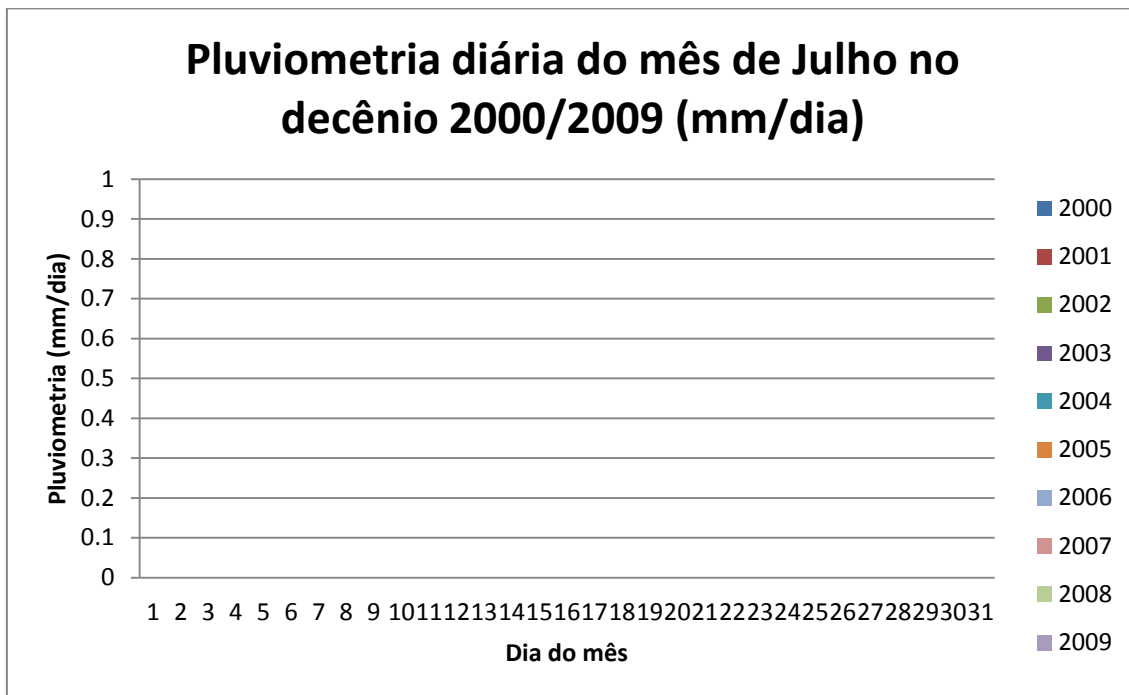
Fonte: Autor

Figura 37 - Pluviometria diária do mês de Julho no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

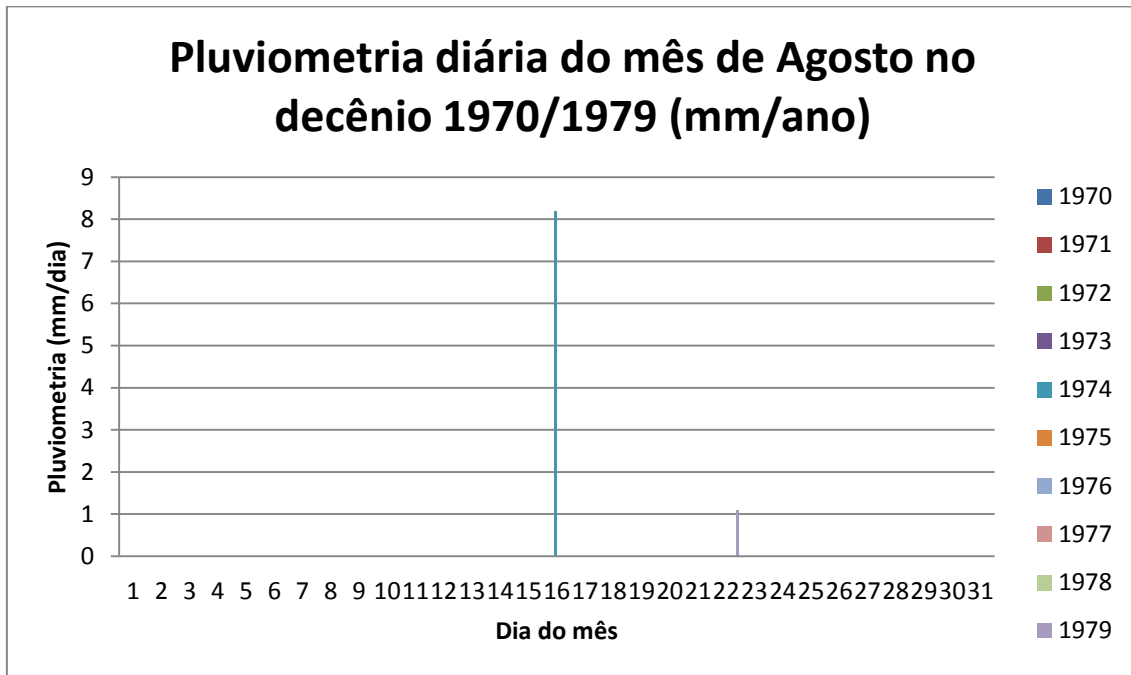
Figura 38 - Pluviometria diária do mês de Julho no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

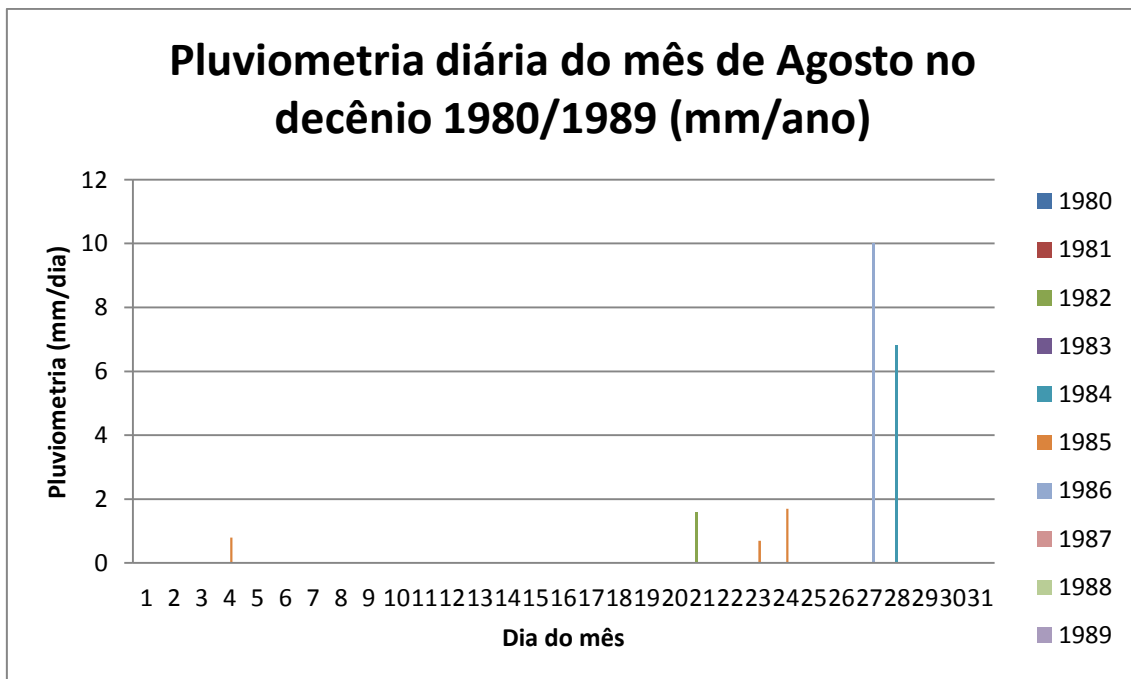
O mês de agosto manteve-se com o mesmo comportamento dos outros meses da fase seca, com raros eventos de precipitação registrados. Neste período, foram registrados somente onze casos de chuva (figuras 39, 40, 41 e 42), destacando o evento ocorrido no ano de 1992, onde um evento extremo e fora de época possivelmente causado pela formação de nebulosidade convectiva, devido ao alto calor da região, provocou uma chuva acumulada de 80 mm/dia.

Figura 39 - Pluviometria diária do mês de Agosto no decênio 1970/1979 (mm/dia).



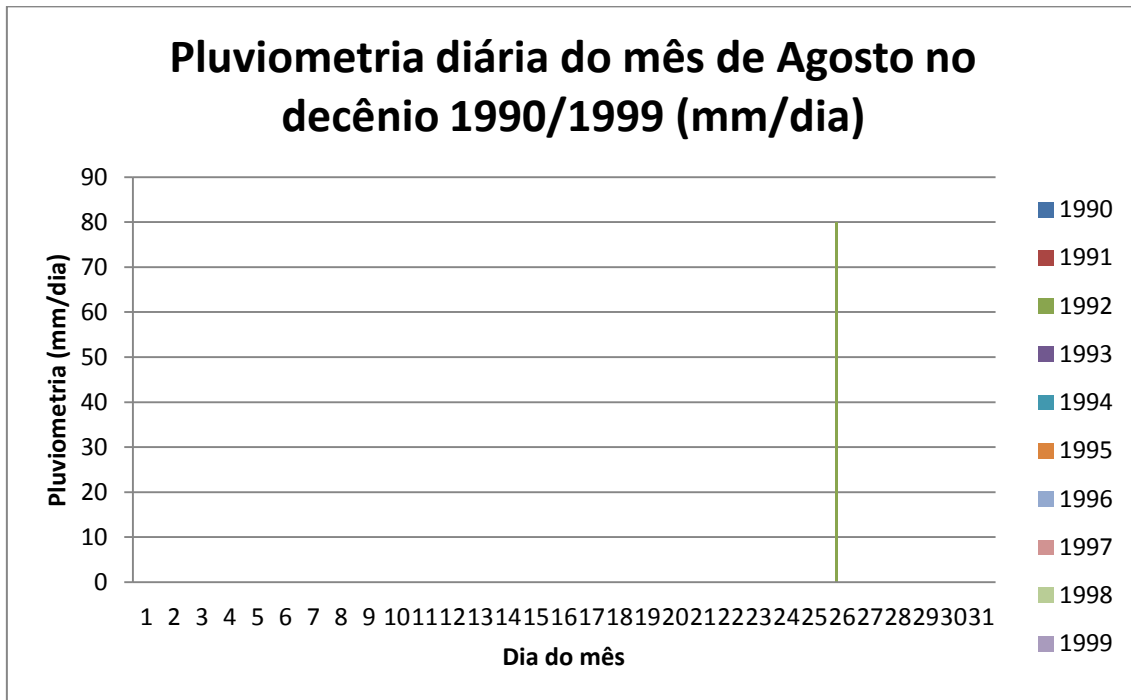
Fonte: Autor

Figura 40 - Pluviometria diária do mês de Agosto no decênio 1980/1989 (mm/dia).



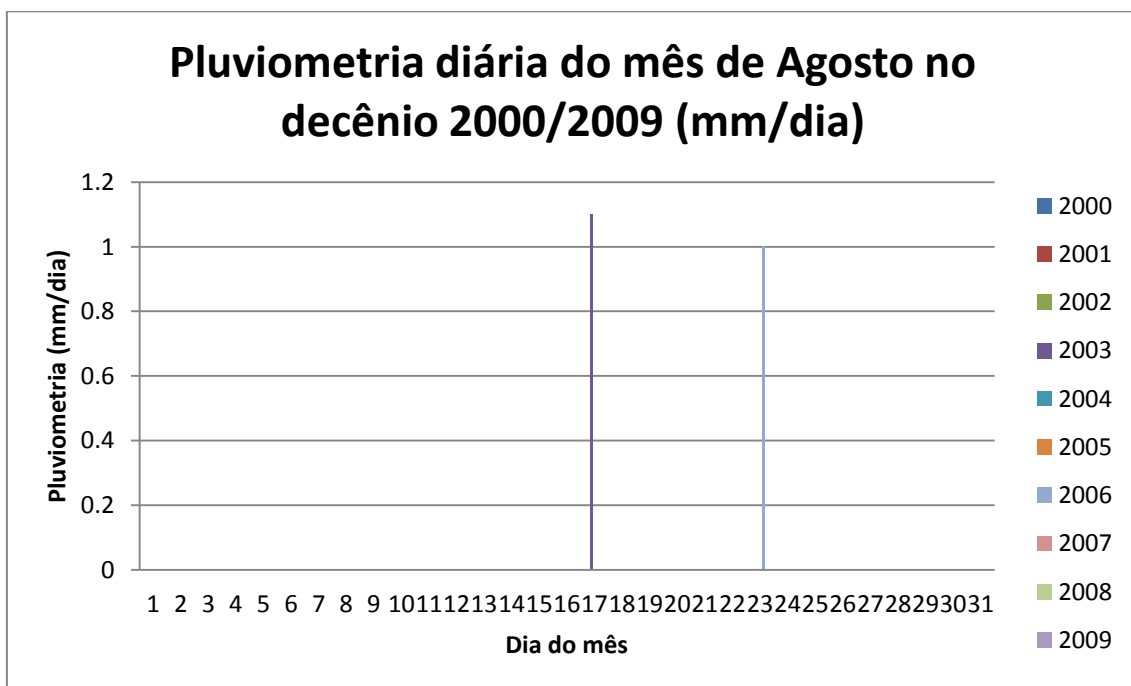
Fonte: Autor

Figura 41 - Pluviometria diária do mês de Agosto no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

Figura 42 - Pluviometria diária do mês de Agosto no decênio 2000/2009 (mm/dia).

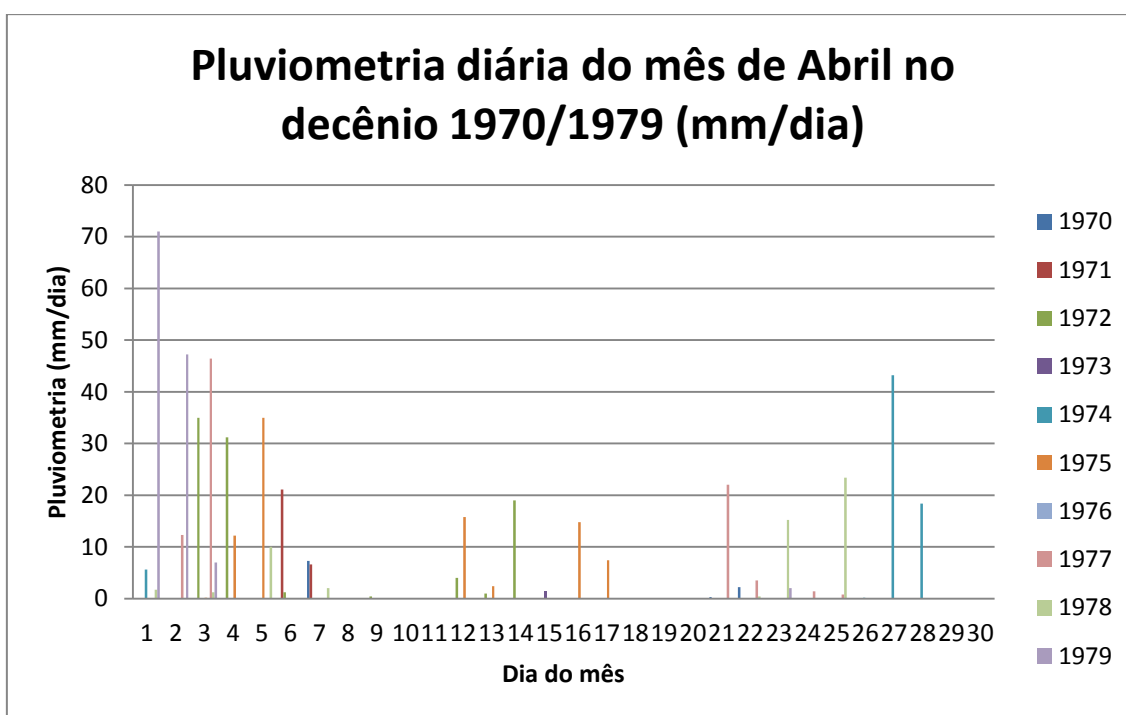


Fonte: Autor

4.1.3 PLUVIOMETRIA DIÁRIA DA FASE DE TRANSIÇÃO ENTRE SECA E CHUVOSA (ABRIL, SETEMBRO E OUTUBRO).

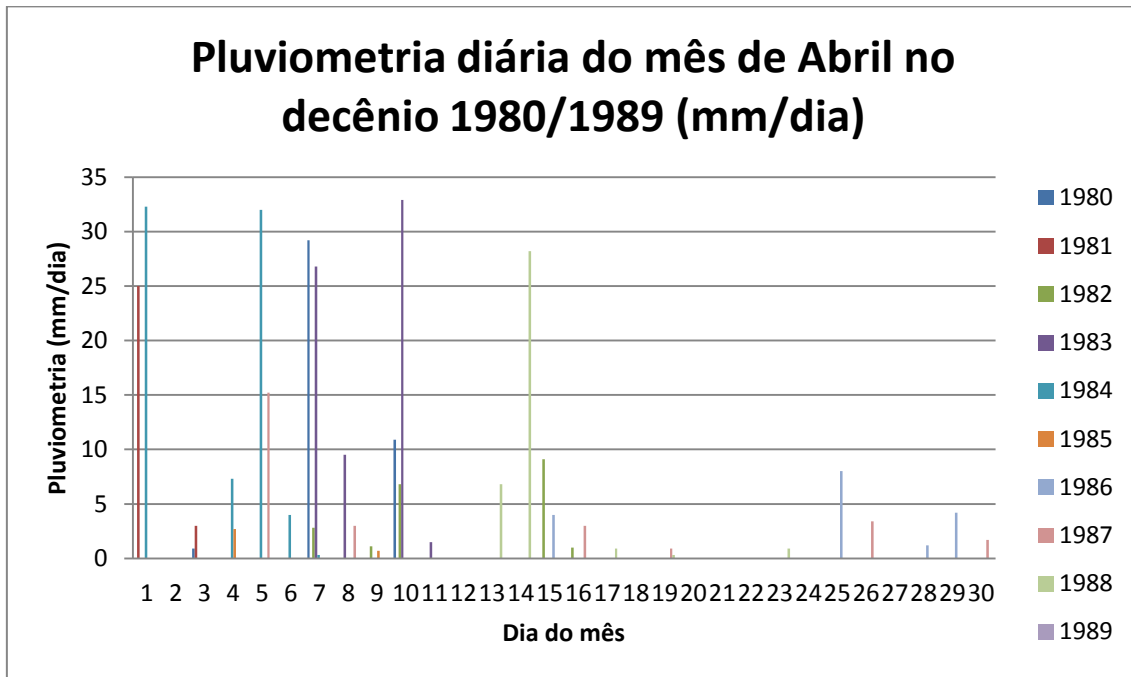
A fase de transição é assim denominada pela característica de mudança dos sistemas atuantes na região. Na primeira quinzena de abril (figuras 43,44, 45 e 46), ainda é possível observar um volume significativo de precipitação. Isto ainda é resquício da atuação das ZCAS, que apesar de estar posicionada mais ao sul do continente, sua borda de latitude mais baixa ainda influencia na nebulosidade mesmo que com menor frequência, provoca eventos isolados de chuva. A partir da segunda quinzena de setembro, é possível perceber a presença de precipitação, devido a influencia da circulação de ventos de sudeste provenientes do Oceano Atlântico. Ao chegar à região, esses ventos transportam umidade e por processos termodinâmicos originam nuvens do tipo estratiforme. Mas apesar disso, a precipitação nessa época do ano se deve basicamente a presença de nuvens desse tipo, com pouco ou nenhum desenvolvimento vertical. Essa situação é considerada de baixa previsibilidade, tendo em vista que o monitoramento por radar não consegue detectar a gotícula de chuva de raio muito pequeno dessas nuvens estratiformes. Apesar disso, é possível observá-la através de um canal infravermelho específico dos satélites geoestacionários.

Figura 43 - Pluviometria diária do mês de Abril no decênio 1970/1979 (mm/dia).



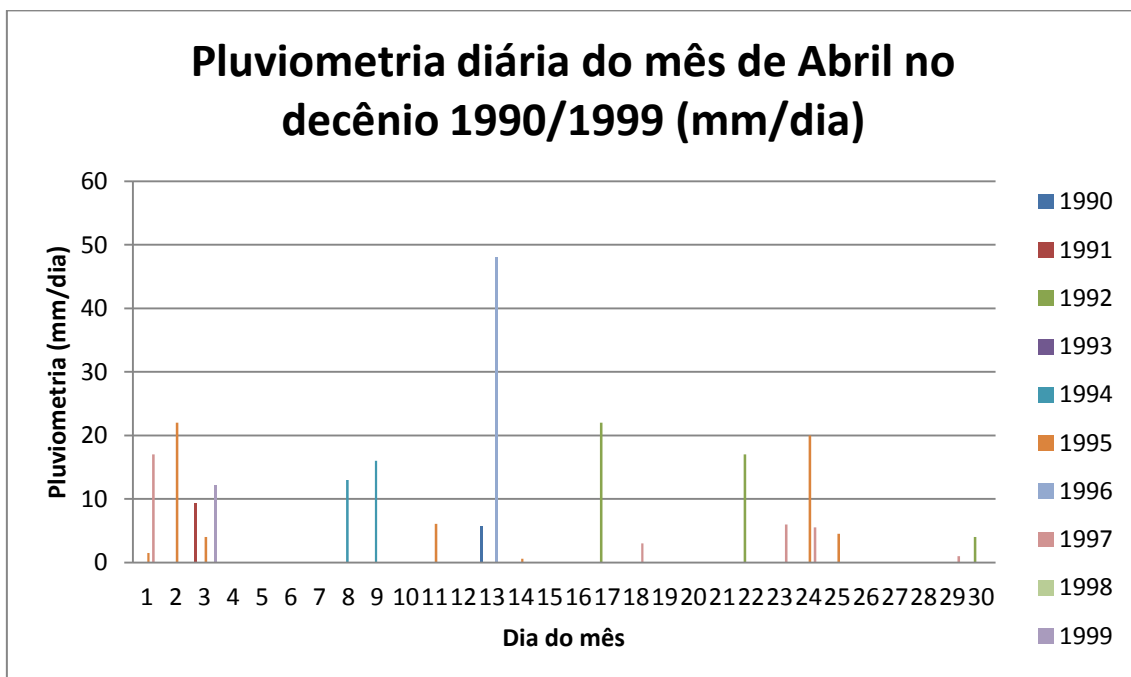
Fonte: Autor

Figura 44 - Pluviometria diária do mês de Abril no decênio 1980/1989 (mm/dia).



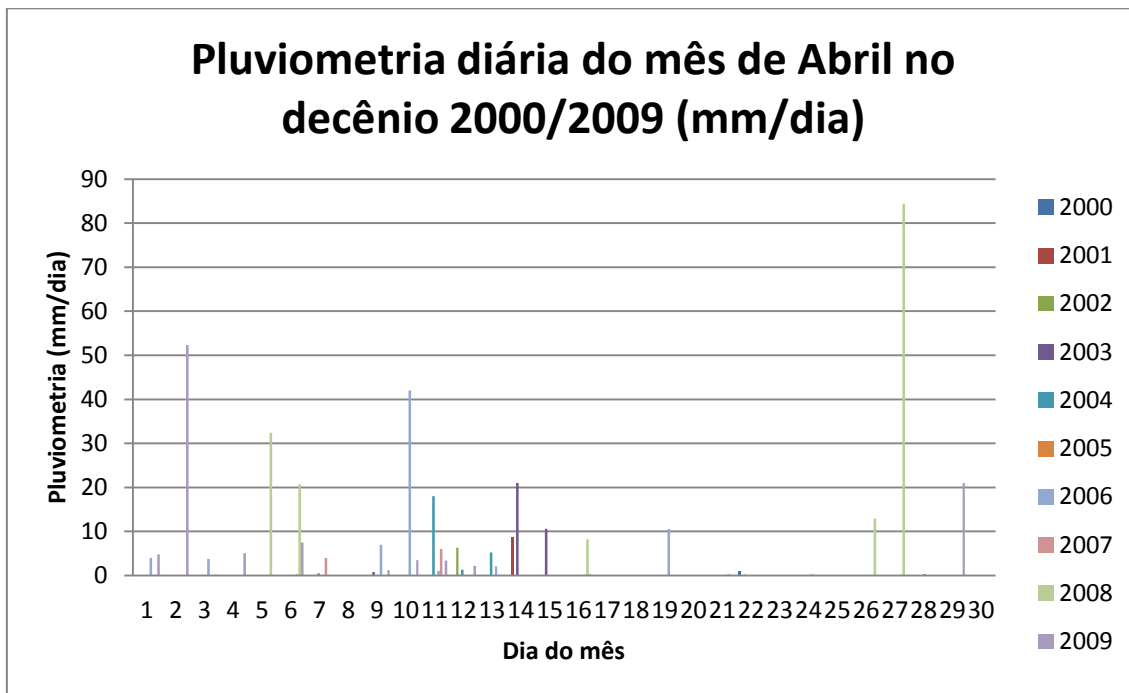
Fonte: Autor

Figura 45 - Pluviometria diária do mês de Abril no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

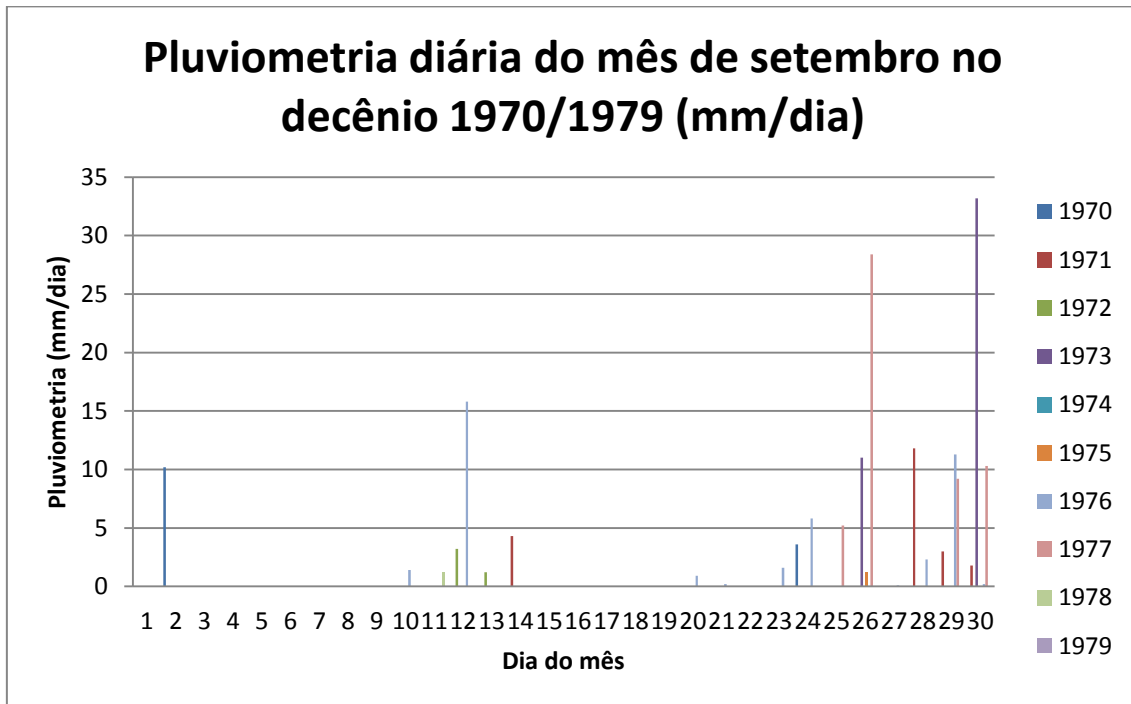
Figura 46 - Pluviometria diária do mês de Abril no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

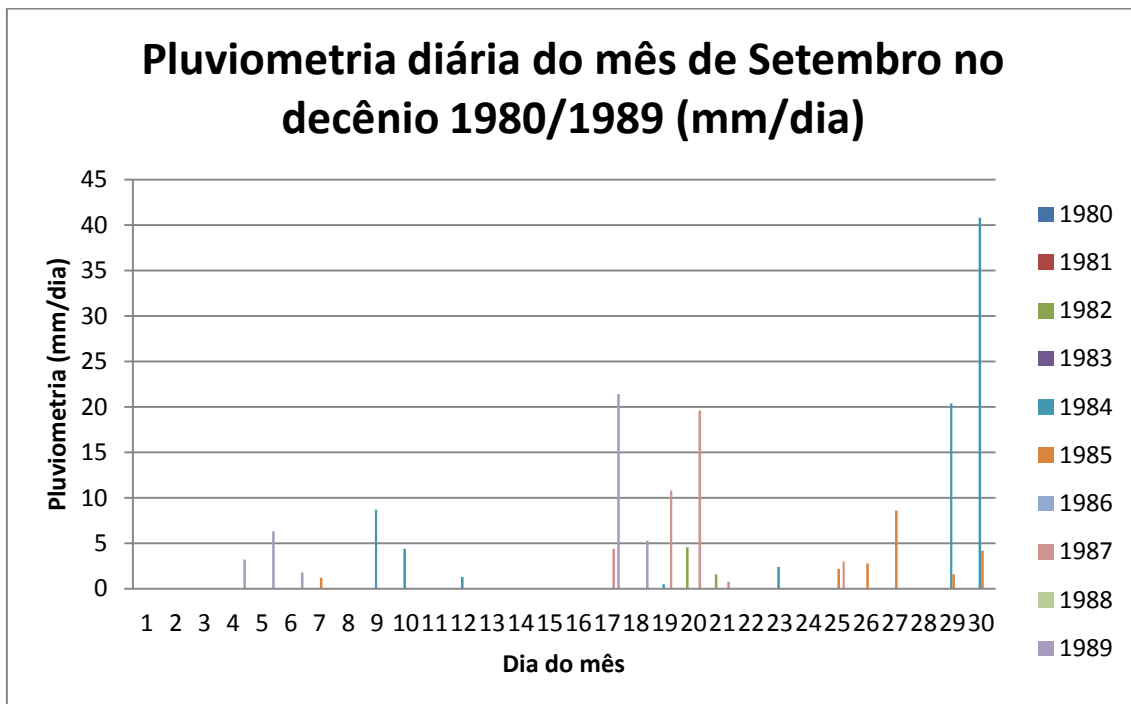
No mês de setembro, é possível perceber nos gráficos de pluviometria diária dos quatro decênios (figuras 47, 48, 49 e 50), que os registros de precipitação, tornam-se frequentes nos últimos dias do mês, provocados possivelmente pela ascensão de ar quente e úmido vinda do Oceano, e da influência de restos de frentes frias que atingem o sudeste brasileiro.

Figura 47 - Pluviometria diária do mês de Setembro no decênio 1970/1979 (mm/dia).



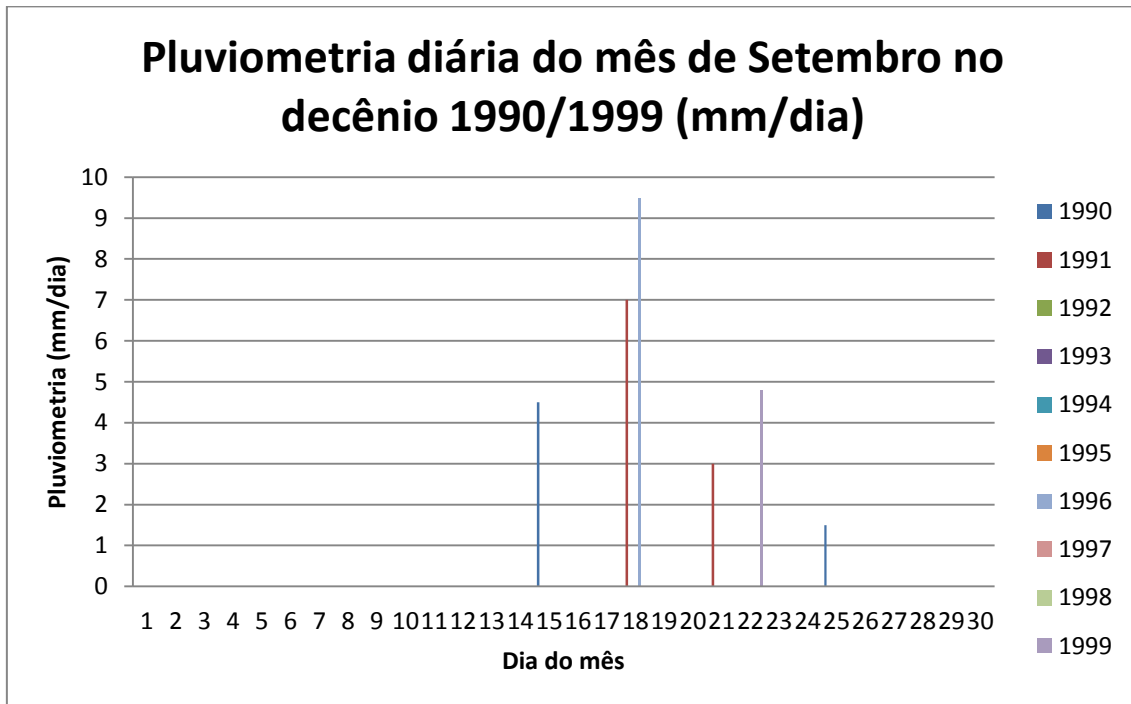
Fonte: Autor

Figura 48 - Pluviometria diária do mês de Setembro no decênio 1980/1989 (mm/dia).



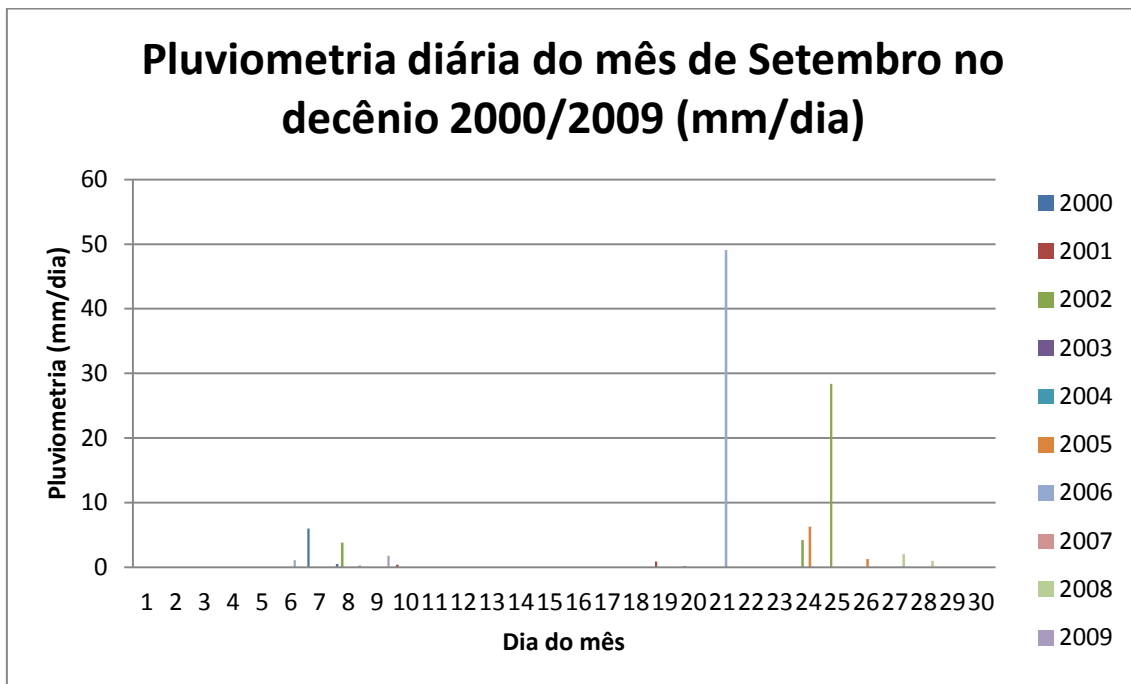
Fonte: Autor

Figura 49 - Pluviometria diária do mês de Setembro no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

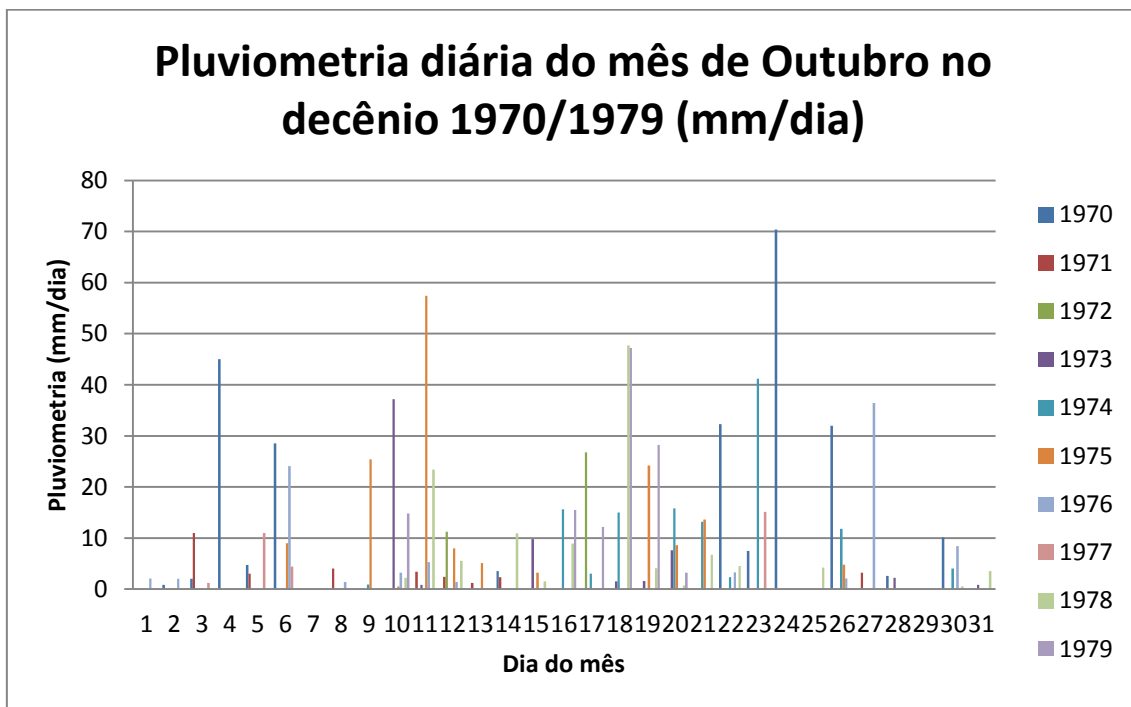
Figura 50 - Pluviometria diária do mês de Setembro no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

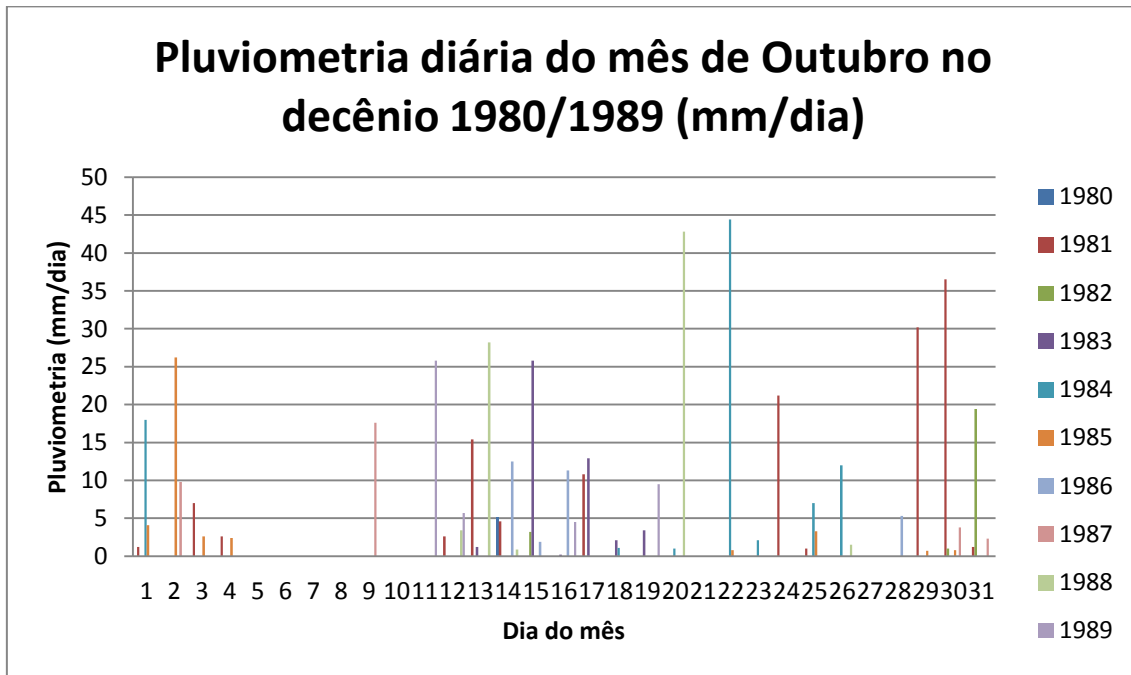
A pluviometria diária dos quatro decênios do mês de outubro na região norte de Minas Gerais (figuras 51, 52, 53 e 54) mostrou características bastante semelhantes ao período chuvoso, com atividade convectiva moderada e alguns registros de chuva intensa. Estes fenômenos de precipitação são característicos do posicionamento da ZCAS e de alguns casos de atuação de VCANS com a borda sudoeste ou oeste convectiva, provocando chuvas.

Figura 51 - Pluviometria diária do mês de Outubro no decênio 1970/1979 (mm/dia).



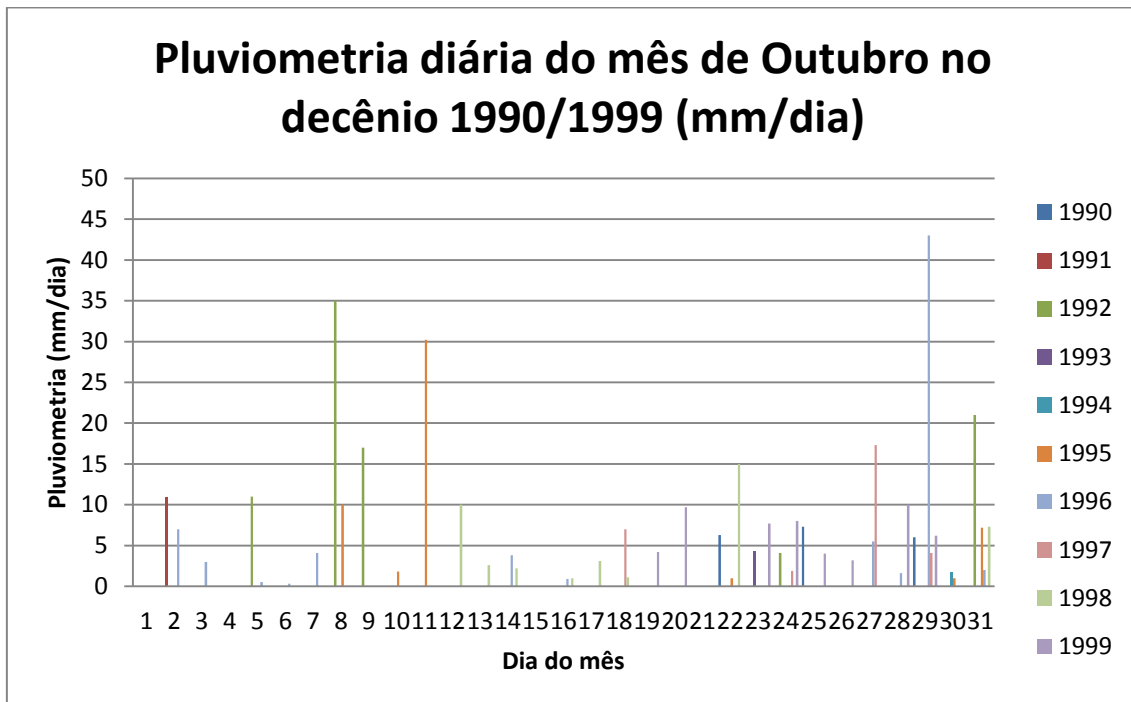
Fonte: Autor

Figura 52 - Pluviometria diária do mês de Outubro no decênio 1980/1989 (mm/dia).



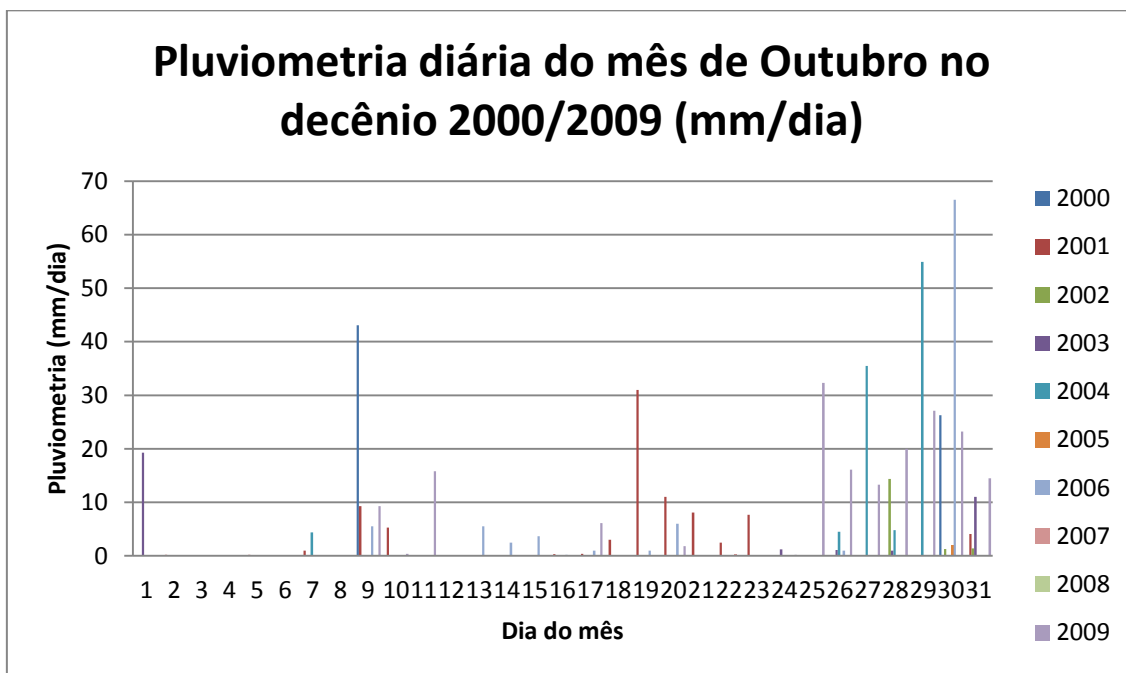
Fonte: Autor

Figura 53 - Pluviometria diária do mês de Outubro no decênio 1990/1999 (mm/dia).



Fonte: Autor

Figura 54 - Pluviometria diária do mês de Outubro no decênio 2000/2009 (mm/dia).



Fonte: Autor

4.1.4 ESTUDO DE CASO DURANTE O PERÍODO CHUVOSO

Este estudo apresenta uma análise do processo de deslocamento da frente fria pela América do Sul até o NEB, em Novembro de 2003, e comparação entre os baixos níveis da atmosfera.

Para isto, foi feita a análise sinótica comparativa entre os níveis de 1000hPa, 925hPa e 850hPa de um caso de frente fria que percorreu o Brasil desde Porto Alegre no dia 01 de novembro de 2003 e chegou ao estado de Minas gerais no dia 04 de novembro de 2003. Além disso, foram obtidos dados de reanálise com resolução de $1,5^{\circ} \times 1,5^{\circ}$ do ECMWF entre os dias 31/10/2003 e 05/11/2003 dos quais foram geradas imagens por meio de scripts utilizando o software GRADS, todos com imagens diárias e em horários sinóticos dos campos de pressão ao nível do mar, linhas de corrente e advecção de temperatura, temperatura potencial equivalente e advecção de temperatura potencial equivalente, seções verticais e perfil temporal de temperatura potencial equivalente nos níveis de 1000hPa, 925hPa, 850hPa e 200hPa, imagens no canal infravermelho do satélite GOES-12 e dados de precipitação da estação meteorológica do município de Janaúba.

4.1.4.1 ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO

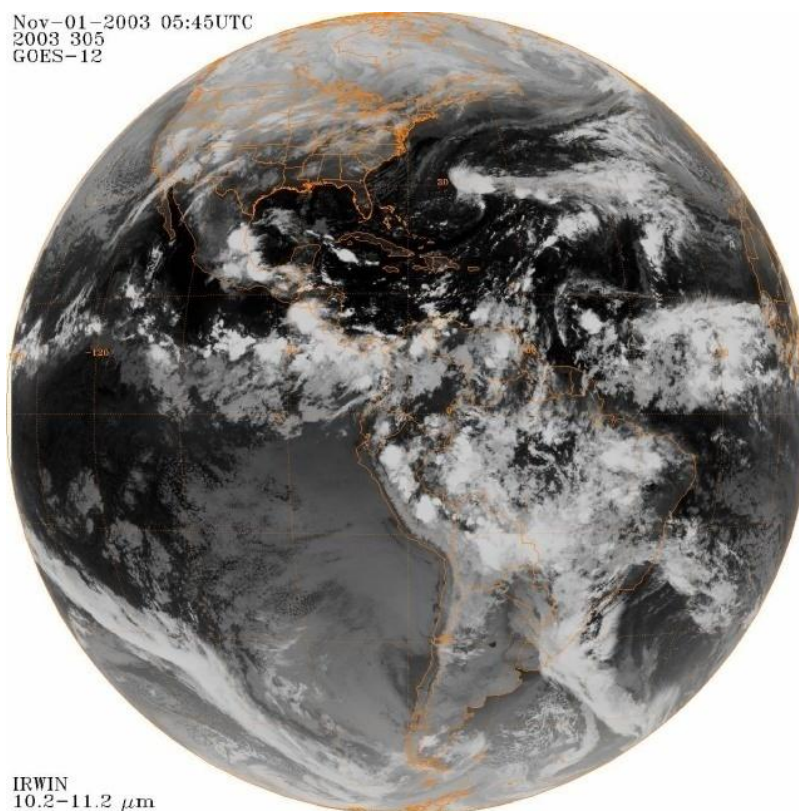
Durante o período de 01 a 06 de novembro de 2003 foi registrada a passagem de uma frente fria sobre o Brasil que atingiu o nordeste brasileiro causando chuvas com volumes significativos, principalmente sobre o as regiões do Norte de Minas Gerais, se estendendo até o estado de Alagoas.

Foram feitas análises dos níveis de 1000, 925 e 850 hPa para comparação do nível mais adequado para a análise de frente fria em baixas latitudes.

A análise começou no dia 31 de outubro de 2003, quando uma frente fria estava na divisa da Argentina com o Uruguai, seguida por um cavado.

No dia 01 de novembro, o cavado se uniu com a frente, e às 06 UTC encontrava-se sobre a cidade de Porto Alegre. É possível visualizar na figura 56, que o nível de 1000 hPa mostrou uma melhor configuração, e também foi possível observar que onde havia uma crista, havia também advecção positiva de temperatura .

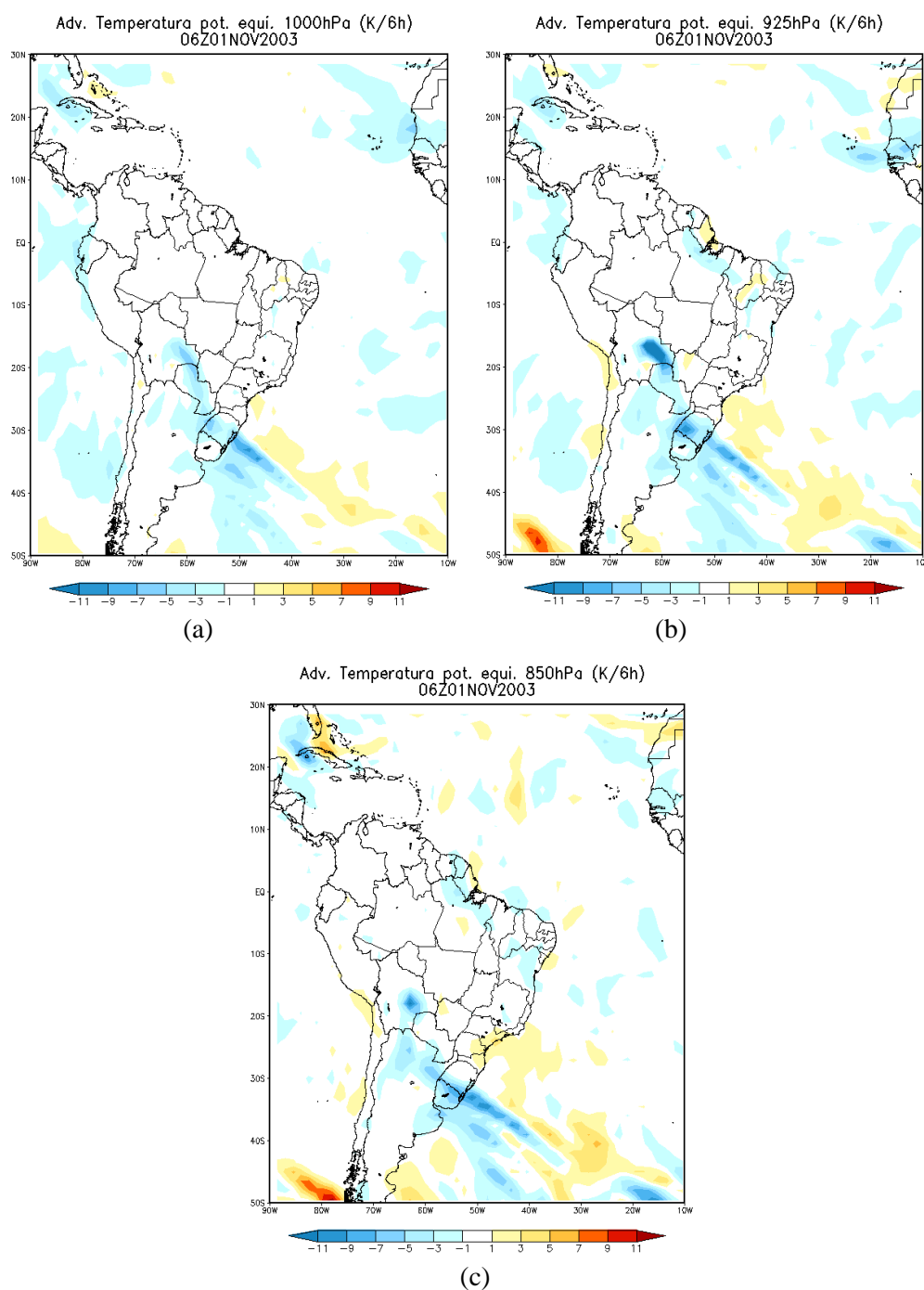
Figura 55 - Imagem do satélite GOES - 12 no canal Infravermelho do dia 01 de novembro de 2003 as 05:45 UTC.



Fonte: NASA

Pelas imagens de advecção de temperatura potencial equivalente, a imagem de 925 hPa possui a melhor configuração, tanto pela localização da frente fria quanto pela advecção positiva localizada na retaguarda da frente.

Figura 56 - Advecção de Temperatura potencial equivalente das 06 UTC do dia 01 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.

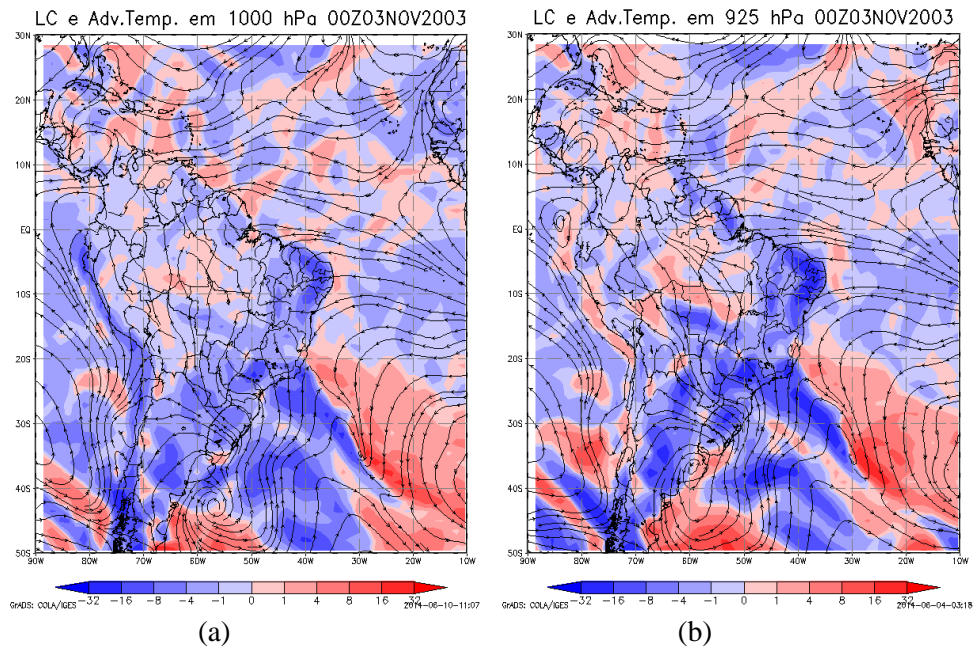


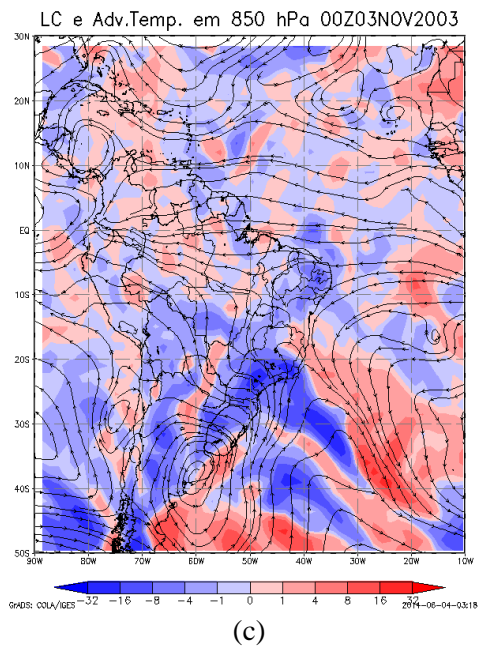
Fonte: Autor

No dia 03 às 00 UTC, a frente fria apresentou sinais de regeneração. Segundo Fedorova (2000), um dos processos de regeneração de ciclones ocorre quando há penetração de ar frio na retaguarda do ciclone velho, por isso é estabelecido gradientes de temperatura que criam um ciclone novo.

É visto, que tanto na imagem de linha de corrente e advecção de temperatura quando na imagem de advecção de temperatura potencial equivalente, o nível de 925 hPa foi o que melhor representou a frente fria, mostrando a advecção de ar frio se sobrepondo ao ar mais aquecido, favorecendo a intensificação ou regeneração do ciclone em dissipação no Oceano Atlântico.

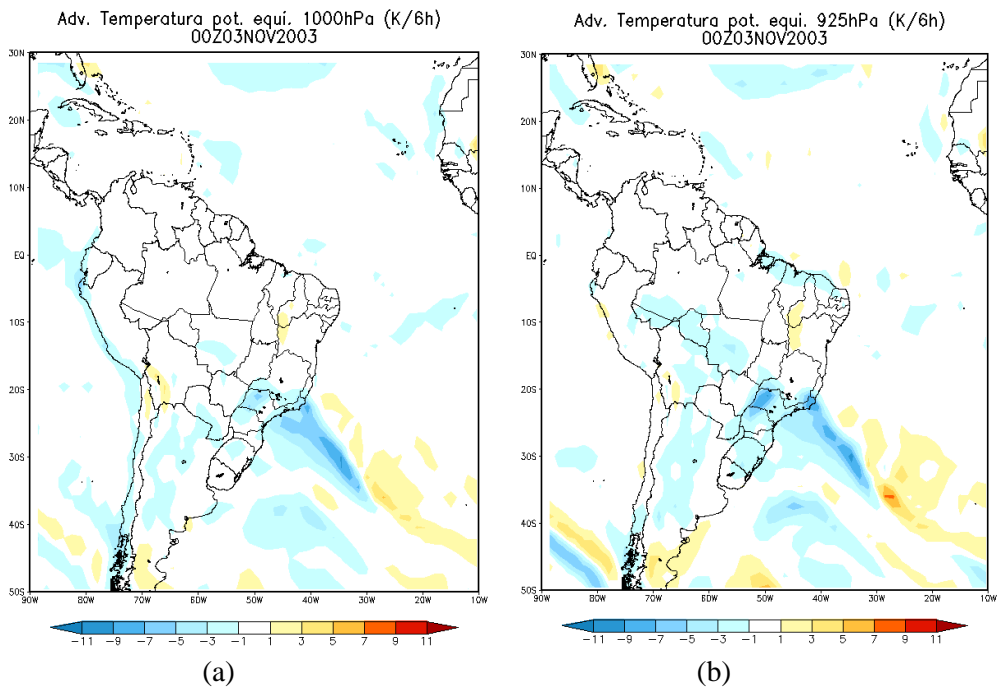
Figura 57 - Linhas de corrente e advecção de temperatura das 00 UTC do dia 03 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.

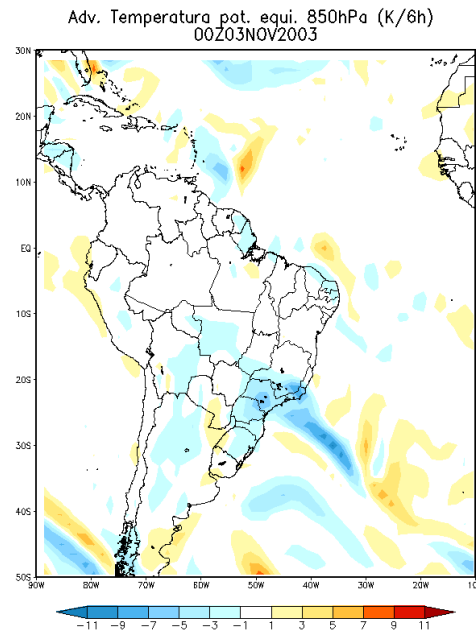




Fonte: Autor

Figura 58 - Advecção de temperatura potencial equivalente das 00 UTC do dia 03 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.





Fonte: Autor

No dia 03 de novembro, às 12 UTC, próximo ao núcleo da frente fria, ocorreu um processo de ciclogênese. Como foi observado na figura 59, a intensificação do cavado em baixos níveis na região do Atlântico Sul (30°S, 35°W) que, influenciado pela incursão de ar frio, provocou o aumento do movimento ciclônico em baixos níveis fazendo com que se caracterizasse uma segunda ciclogênese.

Na imagem de advecção de temperatura potencial equivalente, o nível de 850hPa mostrou melhor a configuração de ciclogênese.

Figura 59 - Linhas de corrente e advecção de temperatura das 12 UTC do dia 03 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.

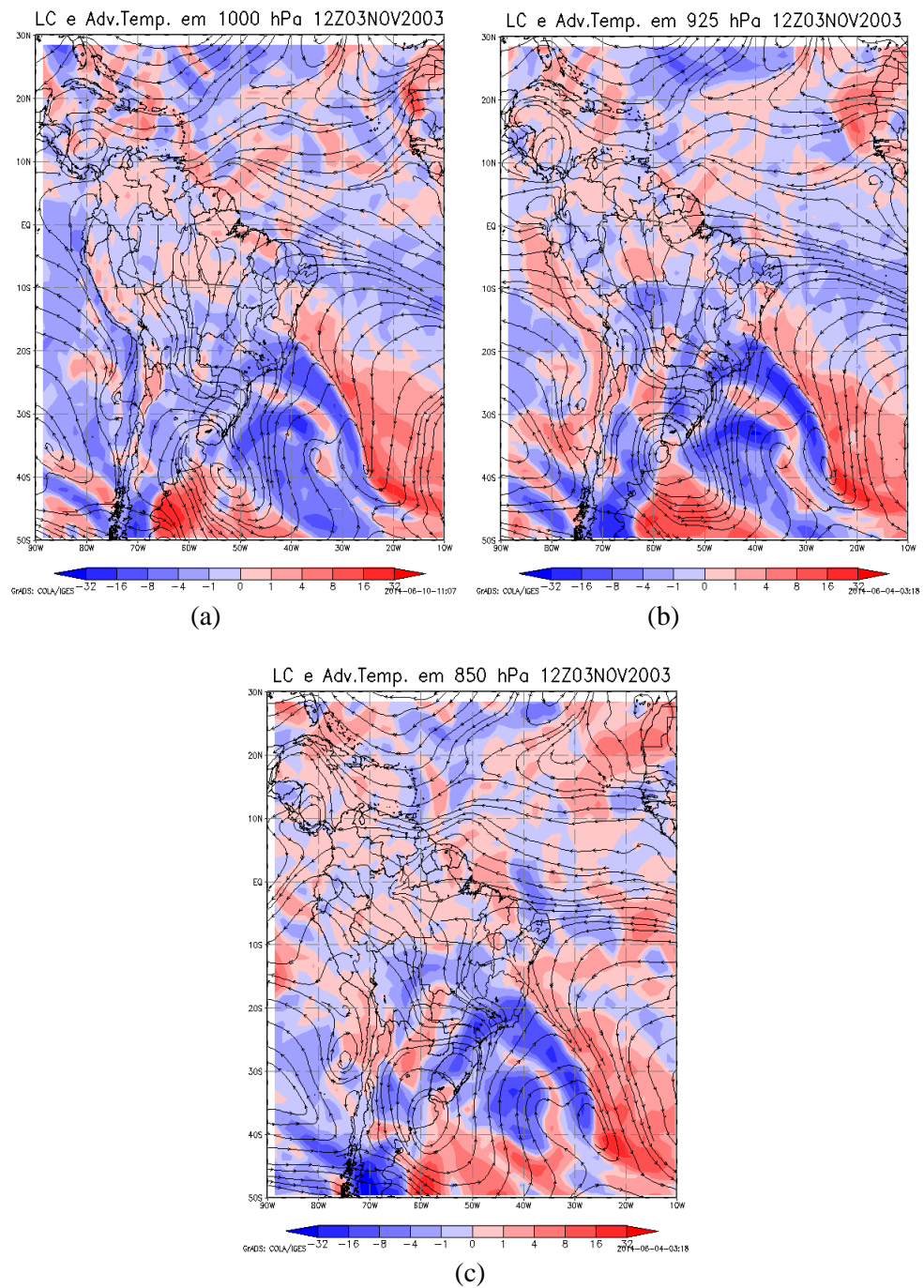
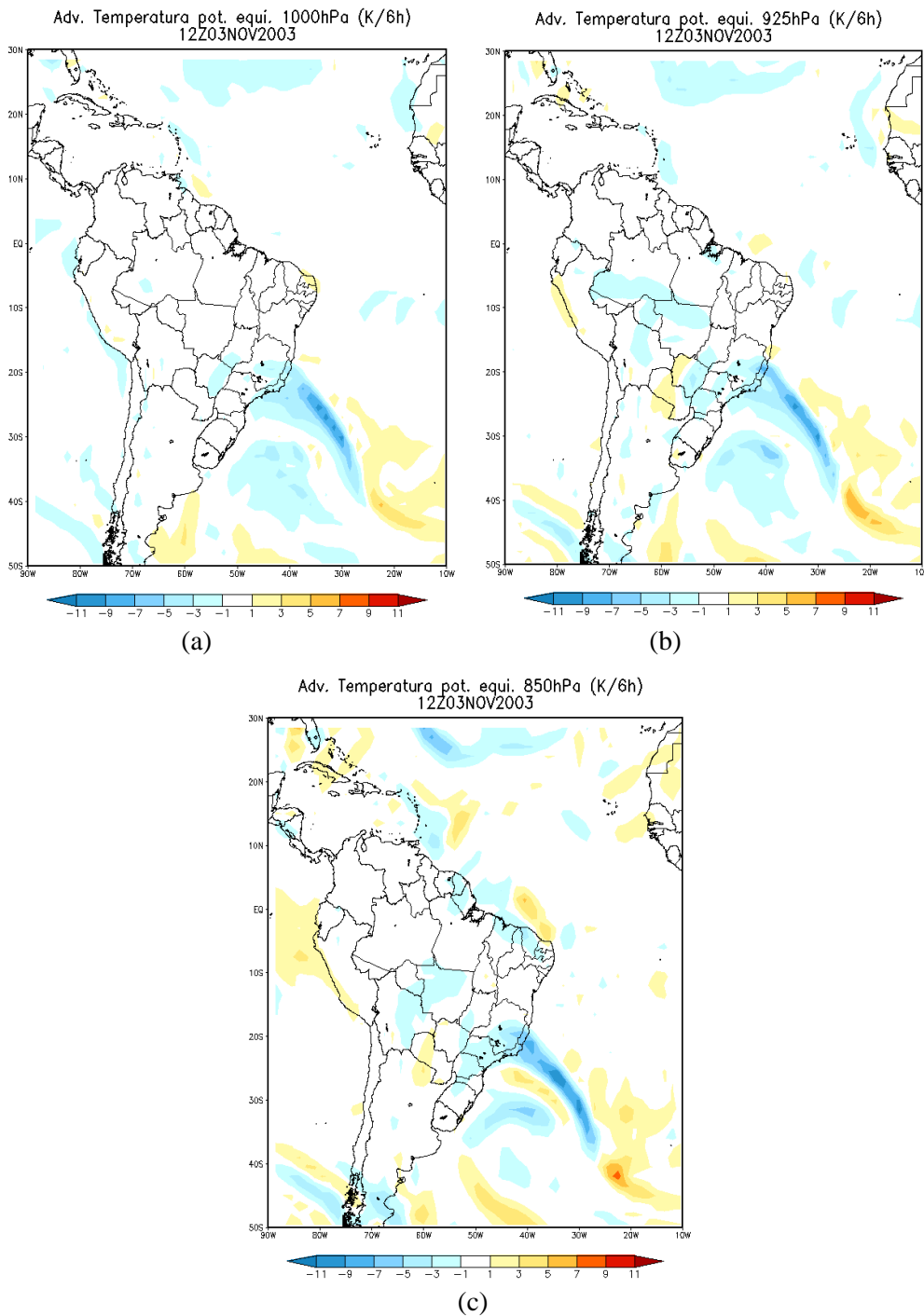


Figura 60 - Advecção de temperatura potencial equivalente das 12 UTC do dia 03 de novembro de 2003 em (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.

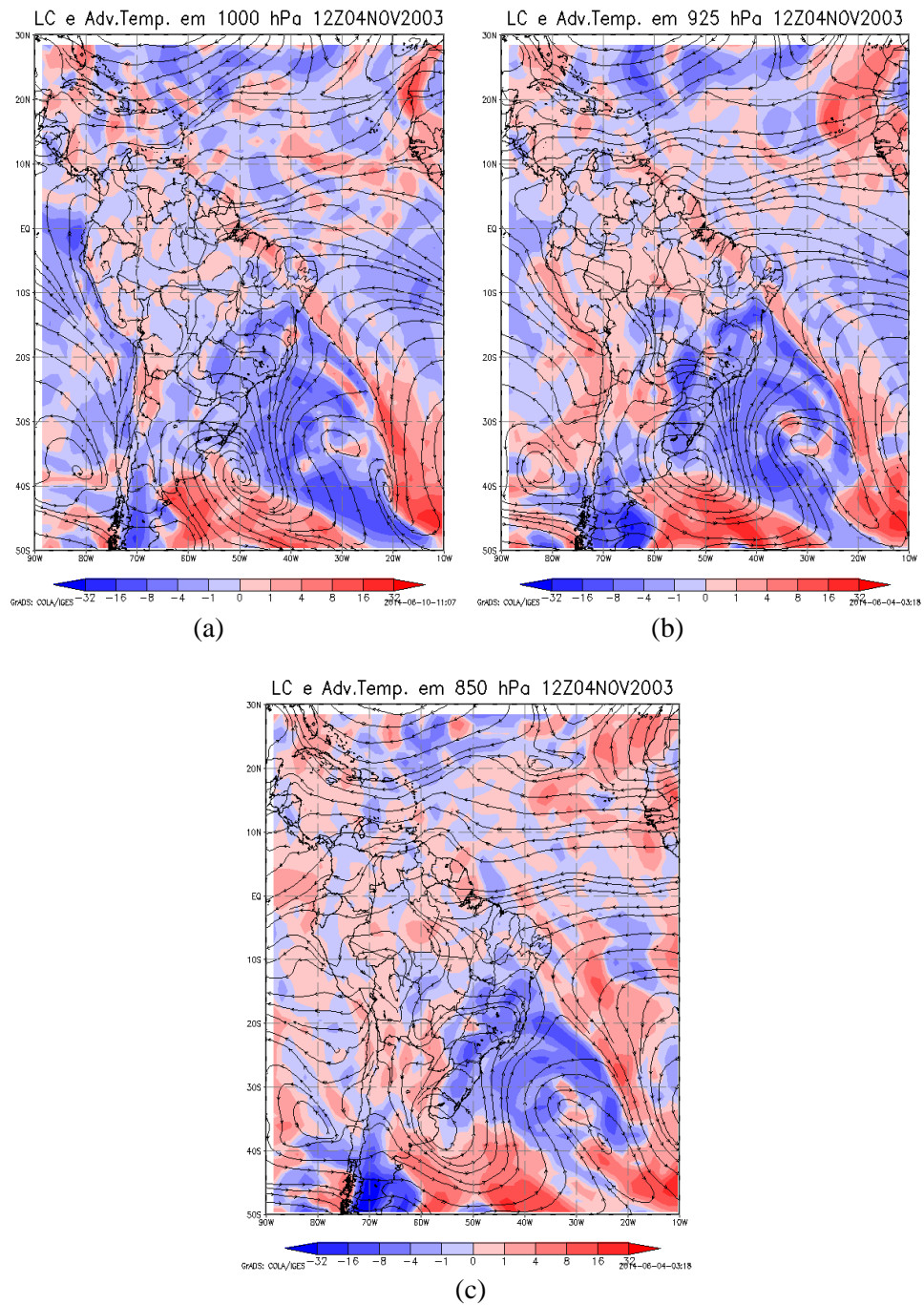


Fonte: Autor

No dia 04 de novembro, às 12 UTC a frente fria estava sobre o norte de Minas Gerais, os núcleos dos dois ciclones se aproximaram, provocando um acréscimo grande de umidade em toda região norte de Minas Gerais. A corrente de jato subtropical estava posicionada na vanguarda do ciclone secundário. Em altos níveis foi possível observar a atuação da AB sobre

o continente. Ela provocou uma acentuação da crista próxima à costa leste do NEB, essa crista também foi influenciada pelo gradiente advecção de temperatura que é bastante evidente na figura 61.

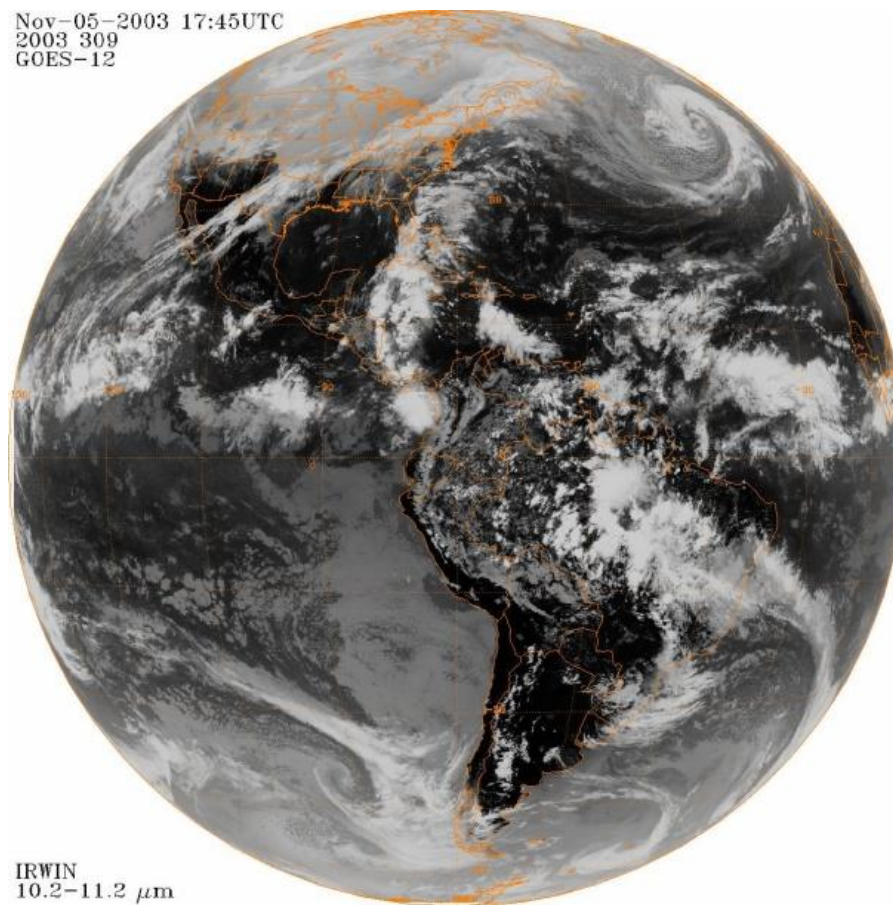
Figura 61 - Linhas de corrente e advecção de temperatura das 12 UTC do dia 04 de novembro de 2003 e (a) 1000 hPa, (b) 925 hPa e (c) 850 hPa.



Fonte: Autor

Como mostra a imagem de satélite do dia 05 de novembro de 2003 às 18 UTC (figura 62), a extremidade da frente já se encontrava sobre o estado de Alagoas, fazendo que os volumes de chuva sobre o norte do estado de Minas Gerais deixassem de ser significativos.

Figura 62 - Imagem do satélite GOES - 12 no canal Infravermelho do dia 05 de novembro de 2003 às 05:45 UTC .



Fonte: NASA

4.2 ESTUDO DA TEMPERATURA

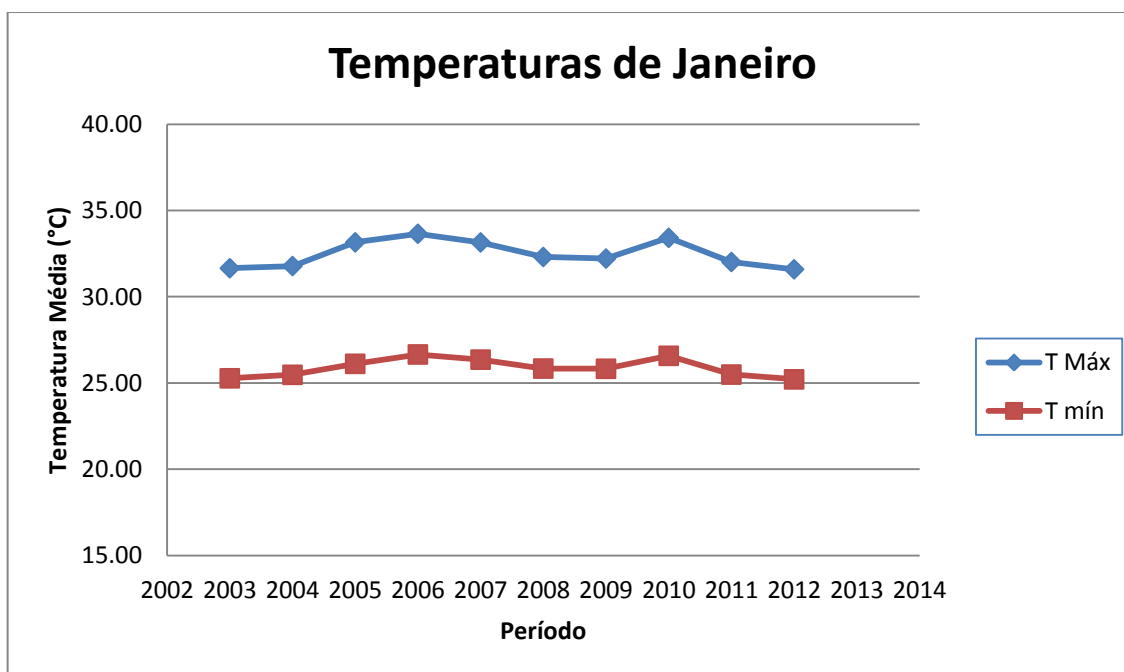
4.2.1 TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS

A temperatura média da região de Janaúba foi outra variável explorada durante este estudo. Para isto, foram utilizados os dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia do município e que contém no seu histórico os últimos 40 anos de dados. O mesmo método de preenchimento de falhas utilizado para os dados de precipitação foi utilizado para a confecção da climatologia de temperaturas máximas, mínimas e médias anuais e mensais de Janaúba.

Neste capítulo, foi calculada a temperatura média mensal de todos os meses do ano, utilizando o mesmo período de dados da precipitação.

O gráfico climatológico de temperatura média mensal do mês de janeiro, (figura 63) mostra claramente que houve pouca variabilidade nas temperaturas médias do município de Janaúba. Os valores de temperatura mínima são causados principalmente pela maior cobertura de nuvens na região, por se tratar do período chuvoso e atenuação na incidência de radiação solar provocada pela alta nebulosidade. Porém, também é possível observar uma menor variabilidade de temperatura nos meses chuvosos.

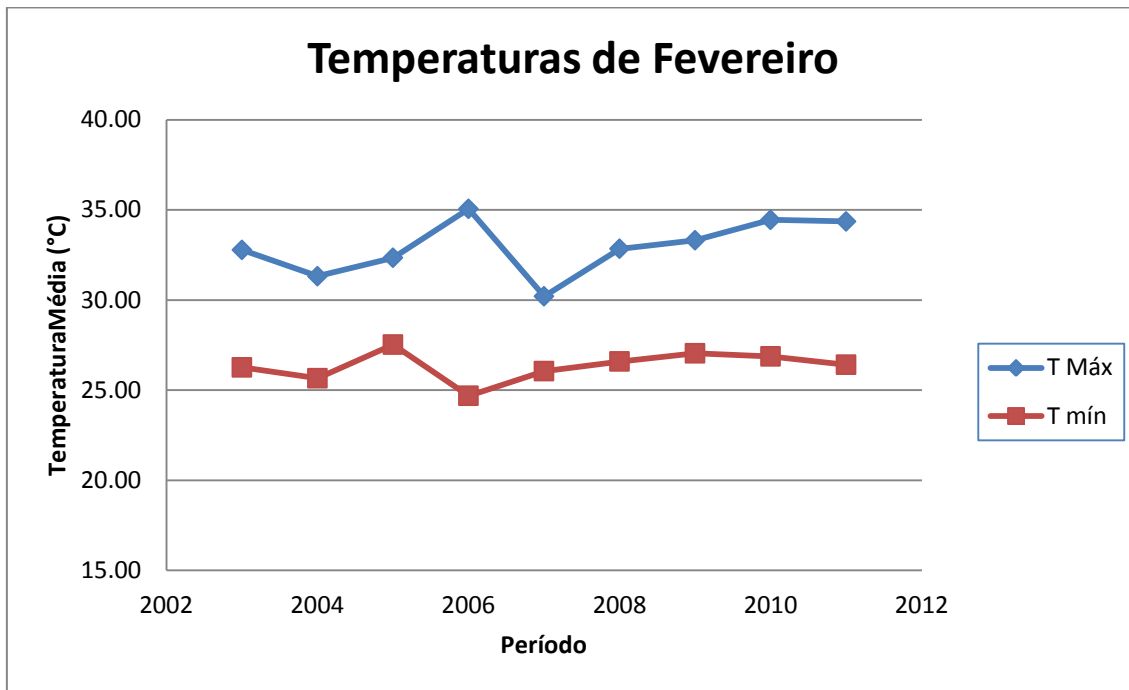
Figura 63 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Janeiro.



Fonte: Autor

No mês de fevereiro (figura 64), é importante ressaltar que o comportamento da temperatura média mensal não se modifica, apresentando valores médios entre 26 e 30 °C, também influenciada pelo período com maior nebulosidade e menor incidência de radiação solar direta.

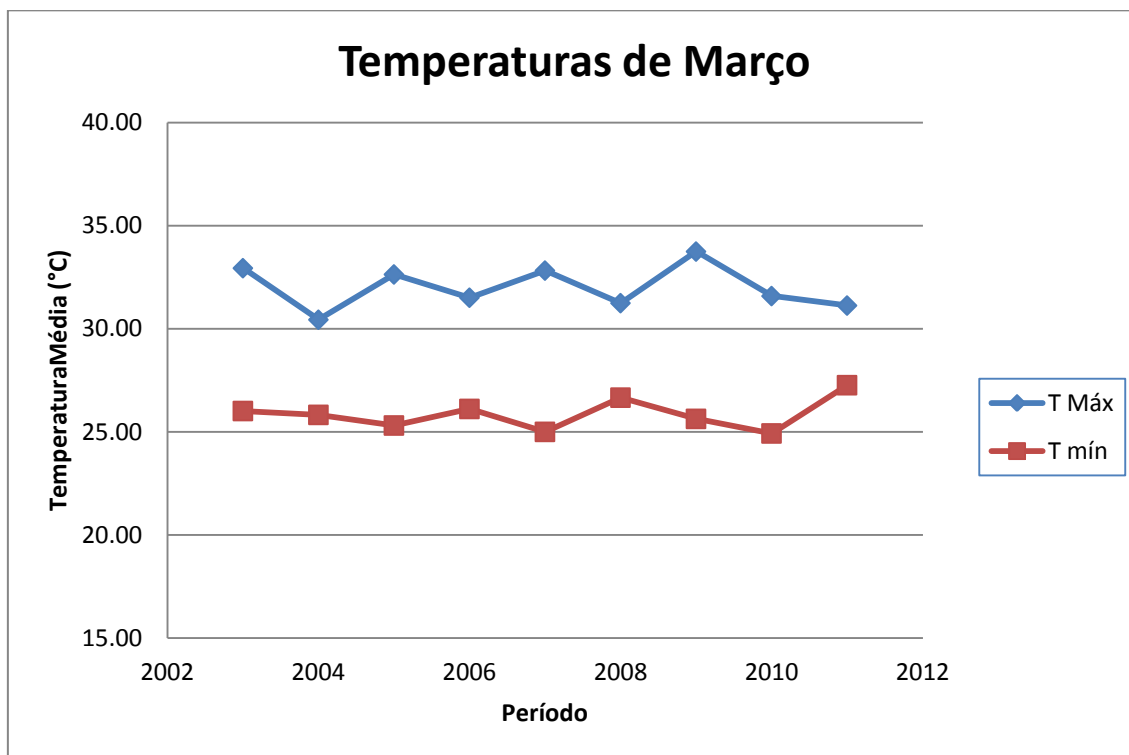
Figura 64 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Fevereiro.



Fonte: Autor

Analisando o mês de março (figura 65), percebe-se que as temperaturas médias mensais máximas apresentaram variabilidade, ao contrario das mínimas. As máximas tornam-se maiores quando não há presença de nebulosidade, ou seja, no mês de maio a ZCAS, que é o principal sistema causador de nuvens na região, apresenta também uma variação.

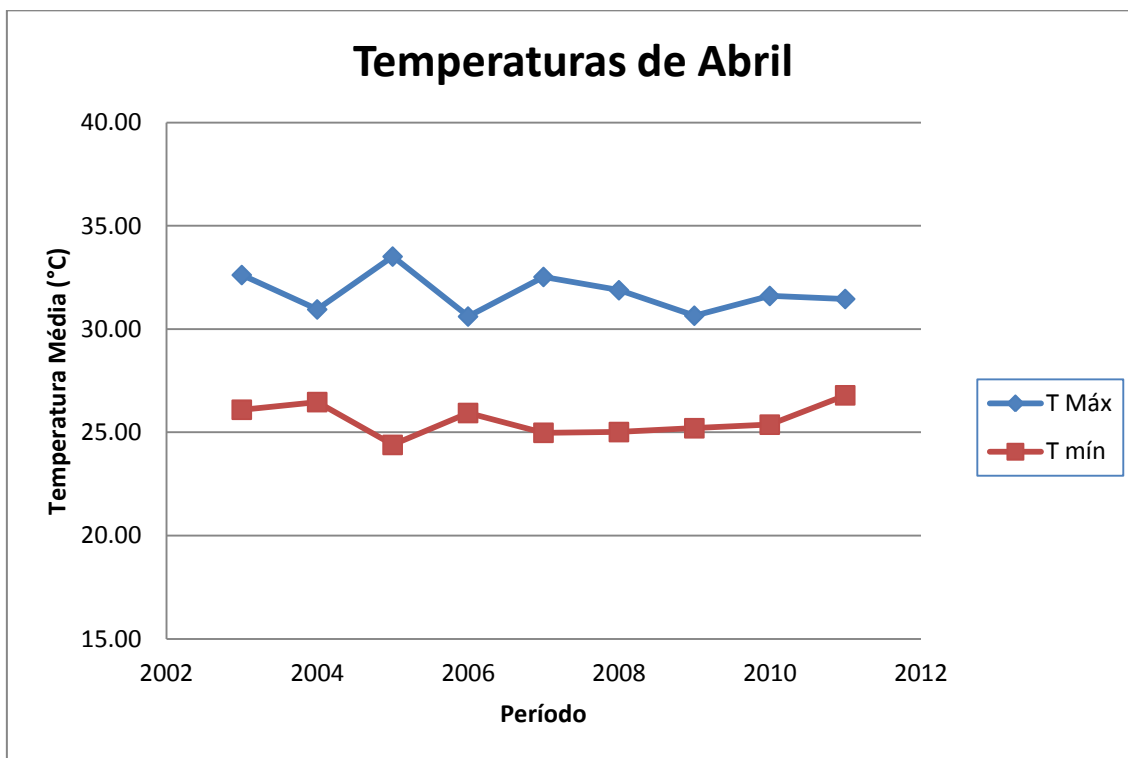
Figura 65 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Março.



Fonte: Autor

O mês de abril (figura 66) marca o final do período chuvoso na região de Janaúba, e com isso, existe uma diminuição da nebulosidade em toda região, e conseqüente aumento na incidência de radiação solar e evaporação, com picos elevados de temperatura máxima.

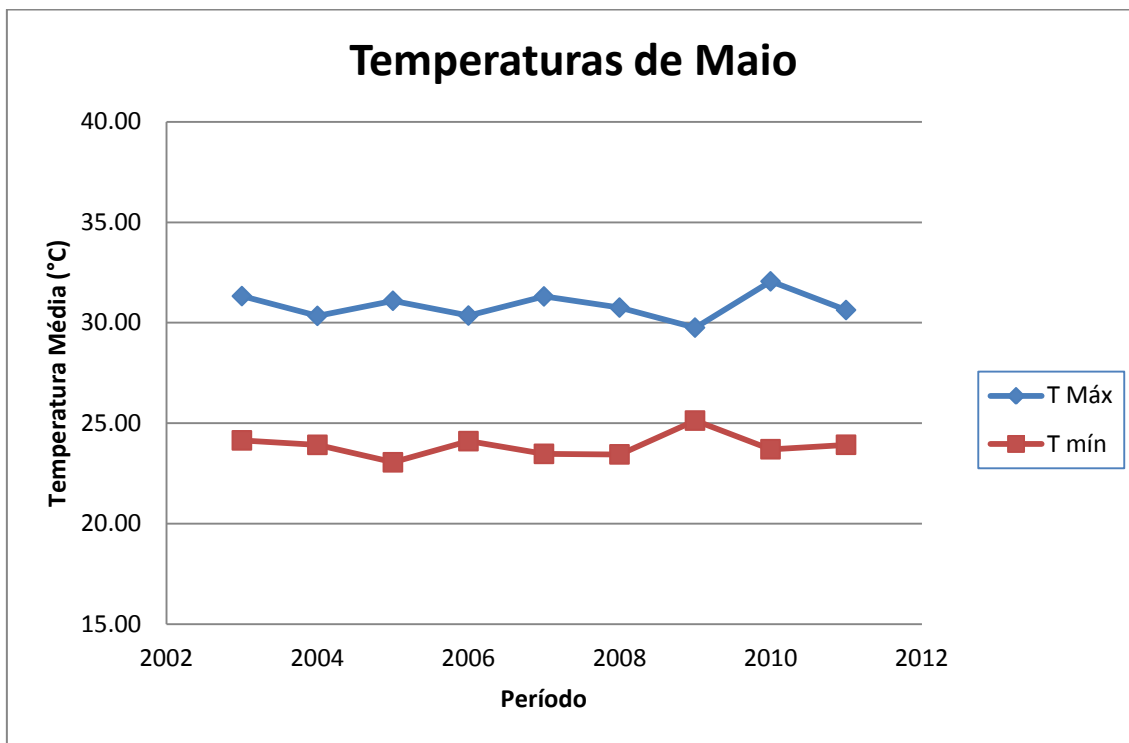
Figura 66 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Abril.



Fonte: Autor

Em maio (figura 67), o comportamento das temperaturas médias mensais máximas se mantém, com as mínimas relativamente mais baixas quando comparadas aos meses anteriores. Este fato é devido ao decréscimo das chuvas e conseqüentemente da cobertura de nuvens, reduzindo o valor das temperaturas mínimas.

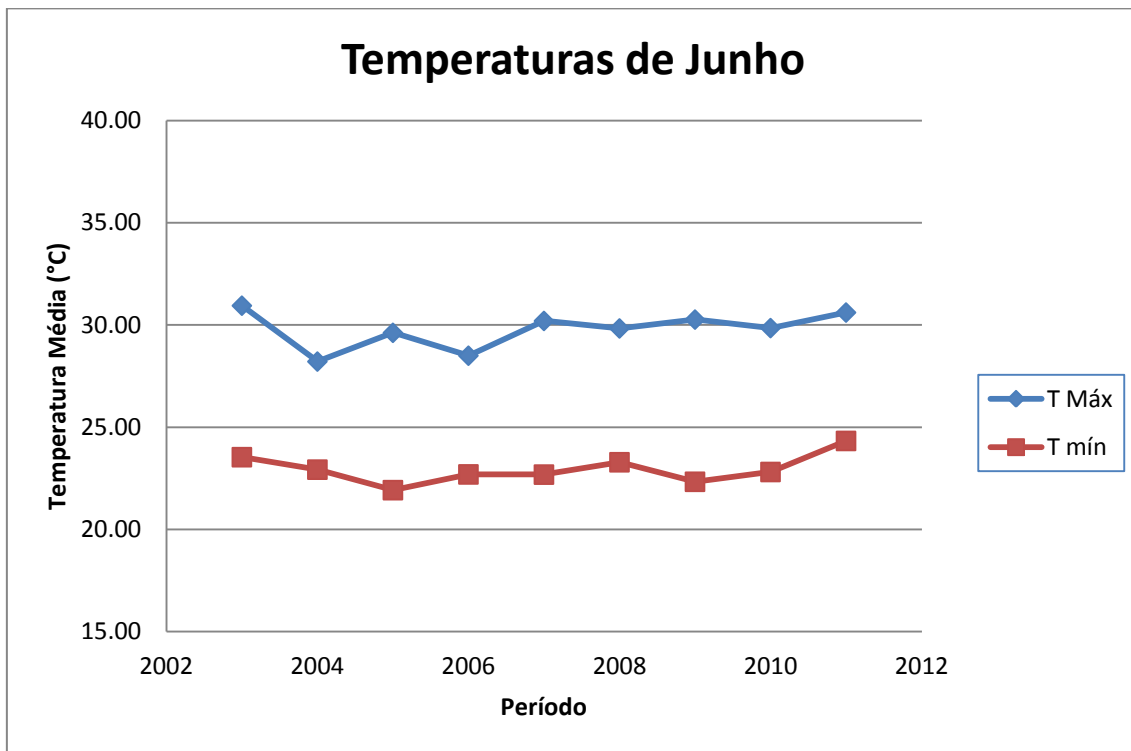
Figura 67 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Maio.



Fonte: Autor

Em junho (figura 68), quando se inicia a estação de inverno no hemisfério sul, as temperaturas médias mensais diminuem. A cobertura de nuvens decresce, portanto a perda de radiação durante a madrugada faz com que os valores das temperaturas mínimas tenham um decréscimo e a maior incidência de massas de ar frio, mesmo com intensidade fraca, provocam um leve declínio das temperaturas.

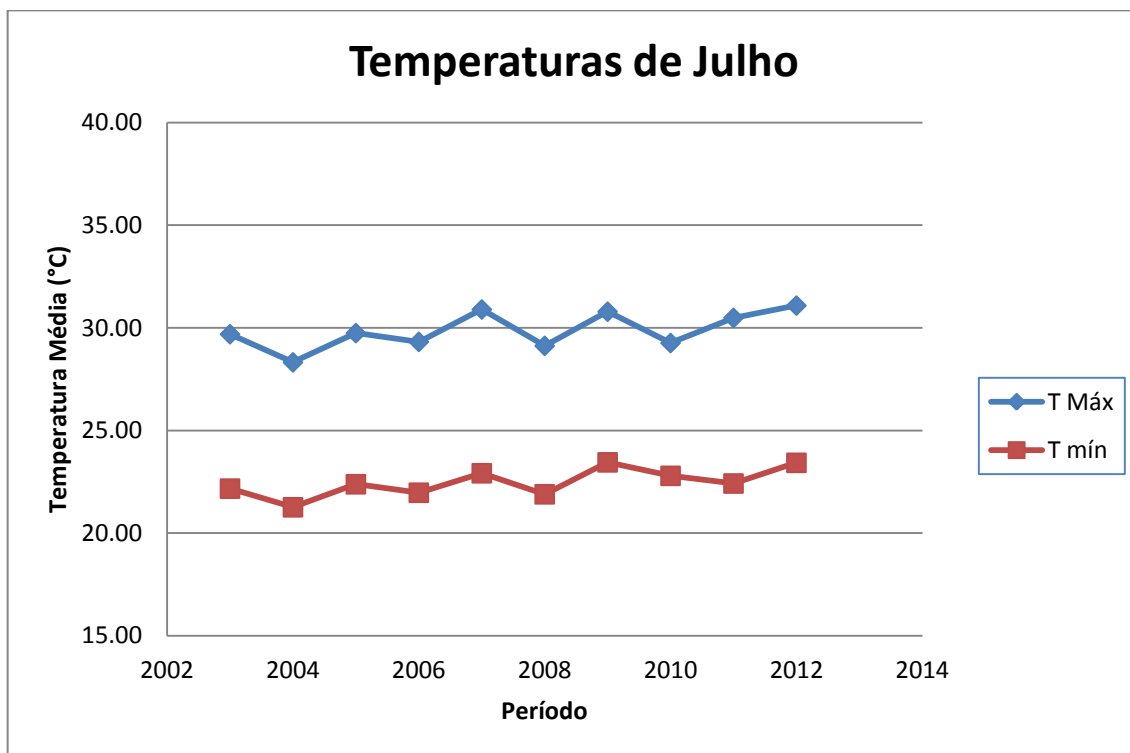
Figura 68 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Junho.



Fonte: Autor

No mês de julho (figura 69), as temperaturas médias tem praticamente o mesmo comportamento do mês anterior, com valores mais baixos, tanto de temperaturas mínimas, quanto de temperaturas máximas devido ao inverno no Hemisfério sul e pela chegada de massas de ar frio, vindas do sul do continente.

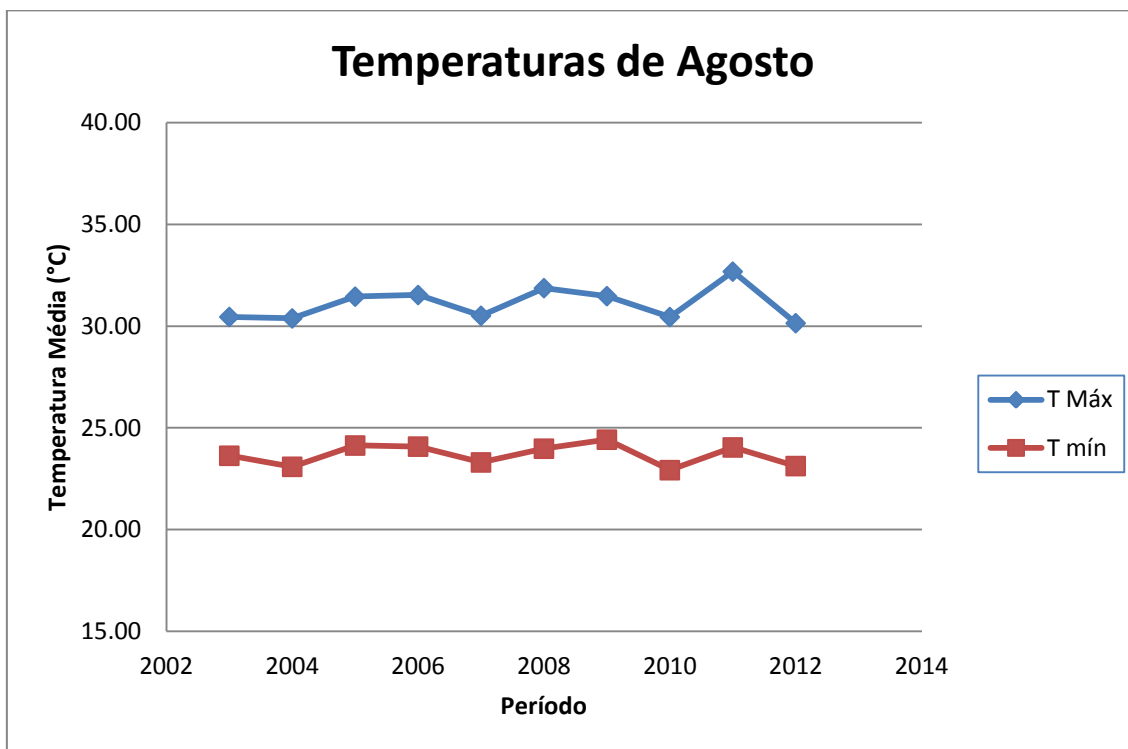
Figura 69 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Julho.



Fonte: Autor

Em agosto (figura 70), as temperaturas médias começam a aumentar lentamente, com o mesmo comportamento dos meses de inverno, onde se observa um aumento médio de cerca de 1 °C no município, decorrente principalmente do final do inverno e início da aproximação do sol no hemisfério sul do planeta Terra. As temperaturas médias do mês ficam entre 23 e 32 °C.

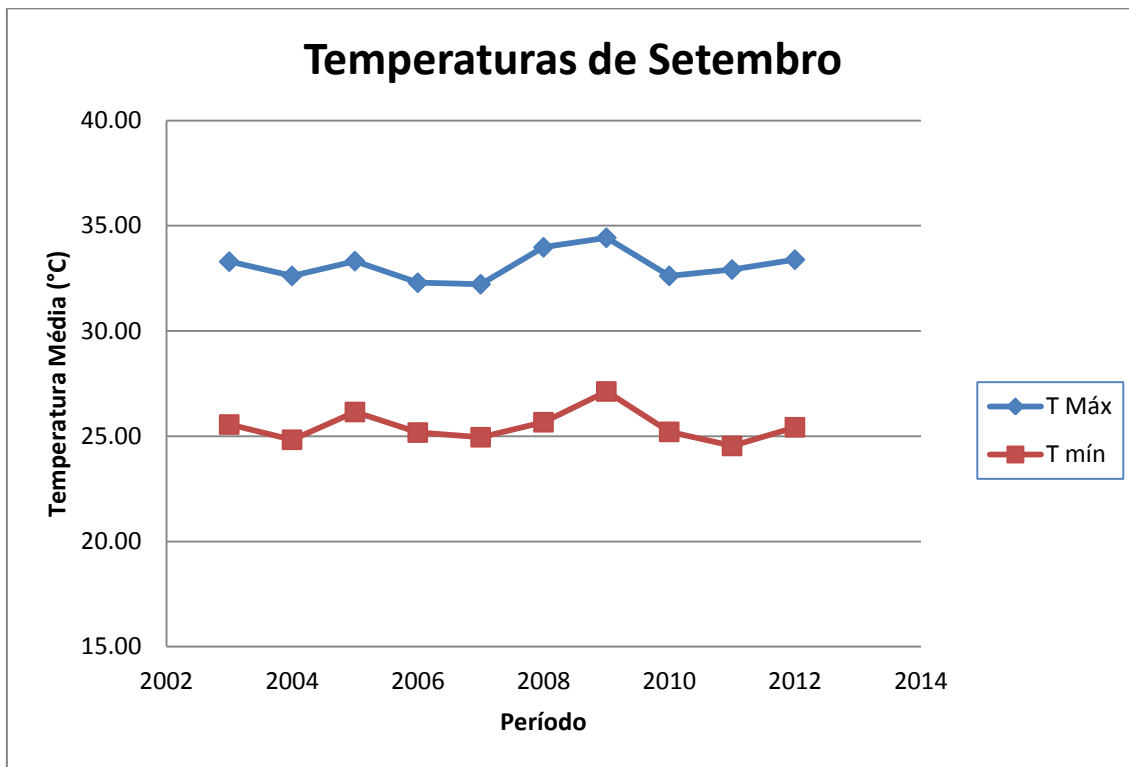
Figura 70 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Agosto.



Fonte: Autor

Setembro (figura 71) marca o início da primavera no hemisfério sul, e conseqüentemente, provoca um aumento significativo nas temperaturas médias da região. A presença de umidade proveniente do oceano através das correntes de ar oceânicas faz com que as temperaturas máximas sejam maiores nessa época do ano. A partir da segunda quinzena do mês, há um aumento na nebulosidade na região, provocando um aumento nas temperaturas mínimas, provocado pelo retrospalhamento da radiação solar de onda longa emitida pelo solo.

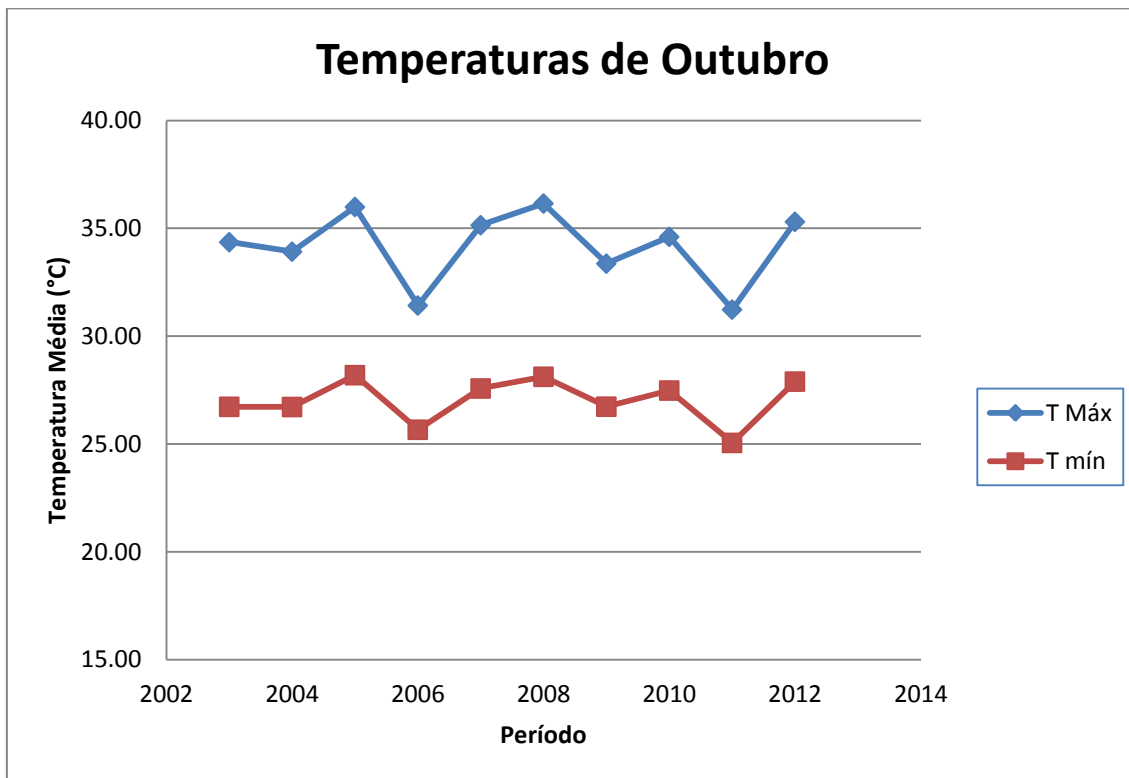
Figura 71 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Setembro.



Fonte: Autor

No mês de outubro (figura 72), tal como em setembro, a presença da umidade na região é um fator determinante do aumento das temperaturas máximas, aumentando a nebulosidade, assim como os volumes de precipitação.

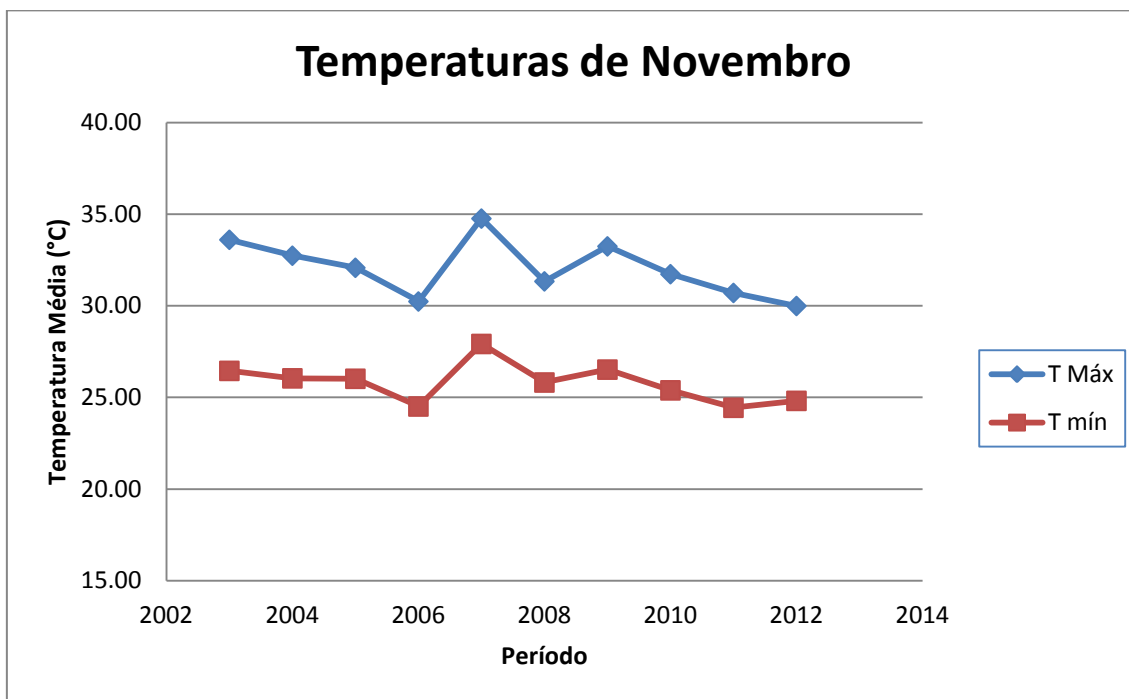
Figura 72 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Outubro.



Fonte: Autor

Em novembro se inicia o período chuvoso do município de Janaúba, tendo um aumento significativo na cobertura de nuvens e atenuação da radiação solar em toda região. Com isto, os valores médios de temperatura máxima diminuem e os valores de temperatura mínima se acentuam devido ao efeito estufa provocado pela cobertura de nuvens. (figura 73).

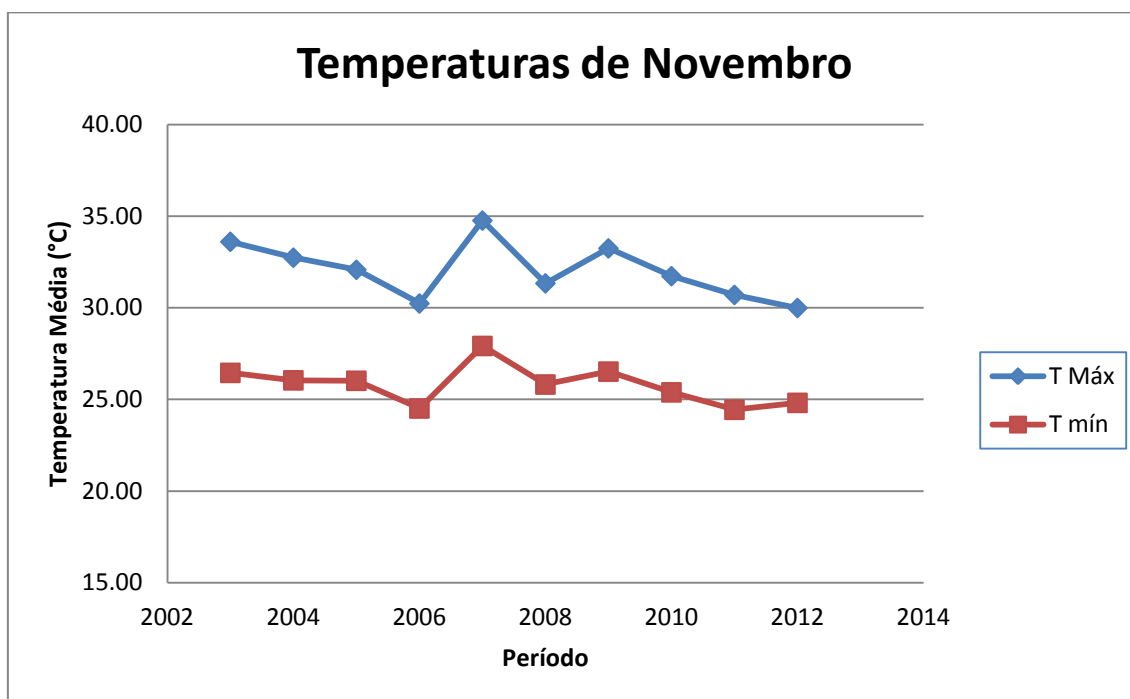
Figura 73 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Novembro.



Fonte: Autor

Dezembro marca o início do verão no hemisfério sul, porém percebe-se uma diminuição das temperaturas máximas decorrente do período chuvoso. Os valores médios em toda região, ficam em torno de 27°C (figura 74).

Figura 74 - Temperaturas médias máximas e mínimas do mês de Dezembro.



Fonte: Autor

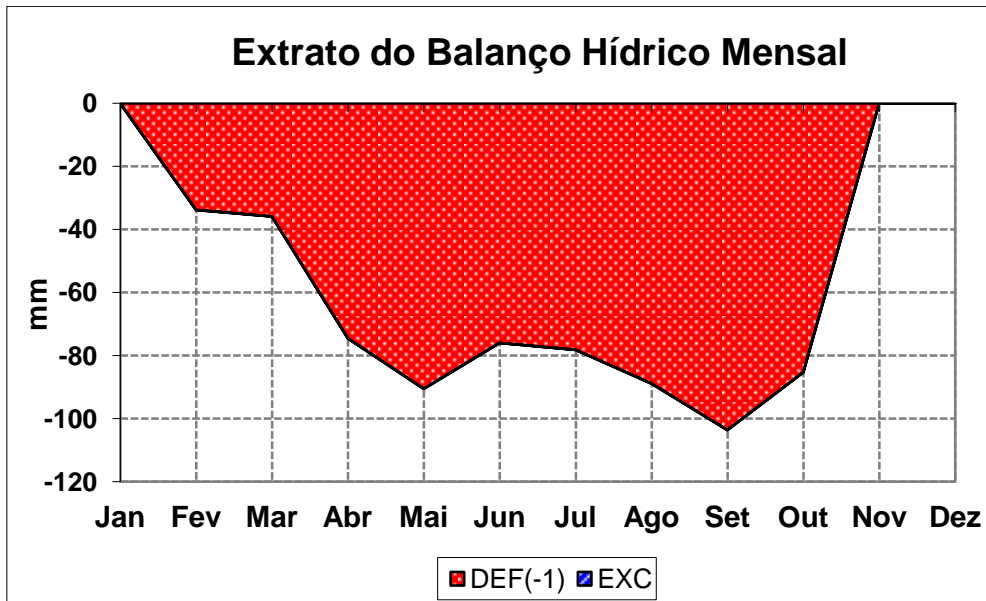
4.3 BALANÇO HÍDRICO

Na Tabela 9, são apresentados os resultados do balanço hídrico climatológico na estação meteorológica de Janaúba utilizada no estudo.

Tabela 9 - Balanço hídrico climatológico na estação meteorológica de Janaúba utilizada no estudo.

RESULTADOS														
Decêndios	Num de dias	NDA	T oC	P mm	N horas	I	ETP Thornthwaite 1948	P-ETP mm	NEG-AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	31	1	26,2	151,6	12,9	12,2	144,71	6,9	-14,3	47,25	6,90	144,7	0,0	0,0
Fev	28	32	26,4	79,1	12,7	12,4	132,45	-53,3	-67,7	19,42	-27,83	106,9	25,5	0,0
Mar	31	60	26,4	96,3	12,3	12,4	142,39	-46,1	-113,8	9,00	-10,42	106,7	35,7	0,0
Abr	30	91	25,8	37,5	11,8	12,0	122,00	-84,5	-188,3	2,20	-6,80	44,3	77,7	0,0
Mai	31	121	24,5	7,8	11,4	11,1	102,97	-95,1	-293,5	0,45	-1,75	9,6	93,4	0,0
Jun	30	152	23,1	2,2	11,1	10,1	79,74	-77,5	-371,0	0,12	-0,33	2,5	77,2	0,0
Jul	31	182	22,9	0,8	11,1	10,0	79,69	-78,9	-449,9	0,03	-0,09	0,9	78,8	0,0
Ago	31	213	23,8	2,6	11,3	10,6	91,82	-89,2	-539,1	0,01	-0,03	2,6	89,2	0,0
Set	30	244	25,4	11,4	11,7	11,7	115,17	-103,8	-642,9	0,00	-0,01	11,4	103,8	0,0
Out	31	274	26,7	59,7	12,2	12,6	145,08	-85,4	-728,3	0,00	0,00	59,7	85,4	0,0
Nov	30	305	26,1	153,2	12,6	12,2	135,65	17,6	-73,7	17,58	17,58	135,7	0,0	0,0
Dez	31	335	26,0	164,3	12,9	12,1	141,52	22,8	-23,8	40,36	22,78	141,5	0,0	0,0
TOTAIS			303,1	766,5	144,0	139,5	1433,21	-666,7		136	0,00	766,5	666,7	0,0
MÉDIAS			25,3	63,9	12,0	11,6	119,43	-55,6		11,4		63,9	55,6	0,0

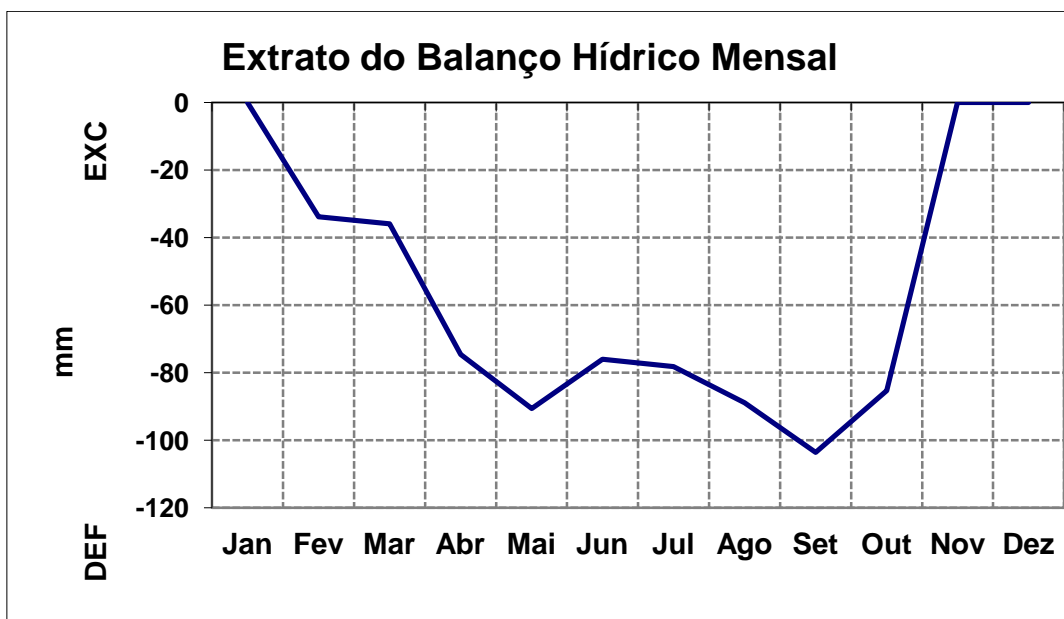
Figura 75 - Extrato do Balanço Hídrico Mensal.



Fonte: Autor

Já na figura 75, também temos o extrato do balanço hídrico, porém visualizando a quantidade de chuva necessária para manter o equilíbrio da quantidade de água disponível no solo. Os meses mais críticos são os meses de maio e setembro, onde existe um déficit de precipitação de aproximadamente 100 mm/mês.

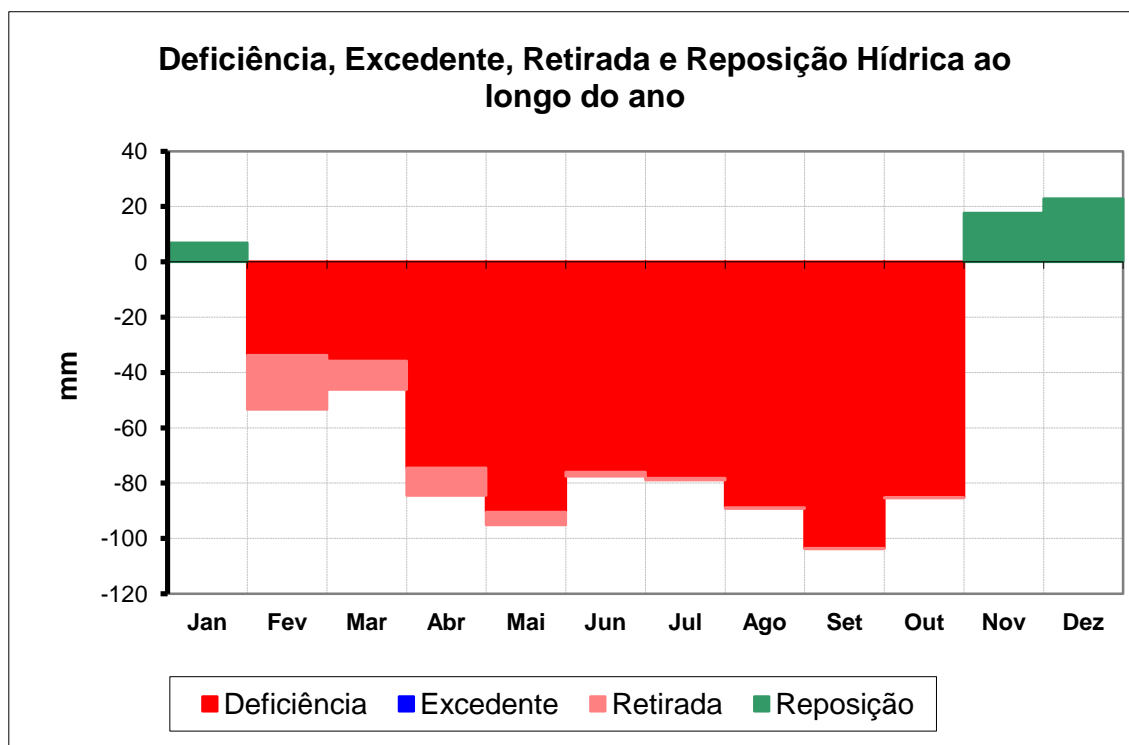
Figura 76 - Extrato do Balanço Hídrico Mensal.



Fonte: Autor

Outro fator importante no balanço hídrico climatológico está ilustrado na figura 77, onde mostra a deficiência, o excedente, retirada e reposição de água no solo durante o ano. Percebe-se que mesmo com os acumulados significativos de precipitação durante o período chuvoso, a reposição é insuficiente, com deficiência em 9 dos 12 meses do ano.

Figura 77 - Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano.



Fonte: Autor

4.4 BACIA HIDROGRÁFICA DE DENAGEM

O rio Gorotuba foi represado para construção da Barragem Bico da Pedra. O reservatório do Bico da Pedra está localizado no vale do rio Gorotuba, nos municípios de Janaúria e Porteirinha, já a Barragem, está localizada a cerca de 8 km do centro de Janaúba. A hidrografia do reservatório decorre do represamento do rio Gorotuba, o qual nasce no município de Francisco Sá e percorre o município de Janaúba, banhando a cidade no sentido sul-norte e fazendo divisa com os municípios de Riacho dos Machados, Porteirinha e Nova Porteirinha à leste. Além disso, é o principal rio do município, a partir de onde gira em torno toda a vida histórica, econômica e social do município e das áreas próximas.

Tabela 10 - Reservatório Bico de Pedra. Dados Gerais.

Região	Norte de Minas
Nome do Vale	Gorotuba
Município	Janaúba/ Porteirinha
Localização	8 km de Janaúba
Distância de Montes Claros	136 km
Distância de Belo Horizonte	537 km
Latitude	15°49´S
Longitude	43° 14´W Gr
Foz	Médio São Francisco
Fechamento da Barragem	01/12/1979

Fonte: CODEVASF

A represa Bico da Pedra armazena um volume de 750.000.000 m³ de água (Tabela 10). O lago possui 10.000 hectares de área inundada. As vazões são sempre iguais ou superiores a 6,5 m³.s⁻¹ o que pressupõe, em princípio, um elevado tempo de retenção da água, algo como 850 dias (considerando o quociente entre o volume útil e a descarga mínima garantida (Tabela 11).

Tabela 11 - Hidrologia do reservatório do Bico da Pedra, Janaúba, MG.

Bacia hidrográfica	120 km ²
Área inundada	10.000 hectares
Volume máximo	750 x 10 ⁶ m ³
Volume útil	481 x 10 ⁶ m ³
Cota normal de operação	553 m
Cota mínima	543 m
Descarga mínima garantida	6,5 m ³ .s ⁻¹
Vazão média regularizada	8,0 m ³ .s ⁻¹

Fonte: CODEVASF

O reservatório do Bico da Pedra é composto por um eixo central e dois braços importantes um ao sul, onde desemboca o rio Gorotuba à montante e outro à leste. Ele tem um aspecto morfométrico típico com um afunilamento do eixo central logo antes da barragem devido a formações montanhosas muito acentuadas.

4.5 MEMORIAL DE CÁLCULO

O dimensionamento da barragem foi feito com base nas fórmulas do Engenheiro Francisco de Aguiar e apresentadas na publicação ROTEIRO PARA PROJETO DE PEQUENOS AÇUDES, editadas pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas –

DNOCS, de autoria dos Engenheiros Vicente de Paulo Pereira Barbosa Vieira e Antônio Gouveia Neto, Edição 1983, com os quais foi possível a obtenção dos parâmetros básicos:

Precipitação média anual:

$$H = 766\text{mm}$$

$$H = 0,76\text{m}$$

Rendimento pluvial da bacia:

$$R_{mm} = 28,53H - 112,95H^2 + 351,91H^3 - 118,74H^4$$

$$R_{mm} = 28,53 \times (0,76) - 112,95 \times (0,76)^2 + 351,91 \times (0,76)^3 - 118,74 \times (0,76)^4$$

$$R_{mm} = 71,31$$

$$R\% = \frac{R_{mm}}{10H}$$

$$R\% = \frac{71,31}{10 \times 0,7}$$

$$R\% = 10,18$$

Volume anual afluyente:

$$Va = R_{mm} \times A \times U \times 1000, \text{ onde:}$$

Va = volume anual afluyente

R_{mm} = rendimento pluvial da bacia = 71,31mm

A = área da bacia hidrográfica = 120 km²

U = coeficiente de correlação = 2 (para bacia tipo 3 média)

$$Va = 71,31 \times 120 \times 2 \times 1000$$

$$Va = 17.114.400 \text{ m}^3$$

4.5.1 CONTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO DA BARRAGEM:

A uma chuva precipitada na Superfície S da Bacia Hidrográfica de Drenagem durante um período qualquer (por exemplo, uma hora, um dia, um ano, etc.), corresponde um volume precipitado V_{prec} , calculado pela formula:

$$V_{prec} (m^3) = 2S (km^2) \times P (mm) \times 1000 \times R$$

Com estas informações, é possível estimar a quantidade de precipitação (em mm) e a sua contribuição para a barragem.

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times \text{VALOR ESTIMADO DE PRECIPITAÇÃO} \times 1000 \times 0,1018$$

Atribuindo valores de precipitação, é possível estimar o volume de contribuição dentro da barragem:

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 5 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 122.160 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 10 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 244.320 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 15 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 366.480 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 20 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 488.640 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 25 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 610.800 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 30 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 732.960 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 35 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 855.120 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 40 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 977.280 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 45 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 1.099.440 m^3$$

$$V_{prec} (m^3) = 2 \times 120 \times 50 (mm) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{prec} (m^3) = 1.221.600 m^3$$

$$V_{\text{prec}} (\text{m}^3) = 2 \times 120 \times 75 (\text{mm}) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{\text{prec}} (\text{m}^3) = 1.832.400 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{prec}} (\text{m}^3) = 2 \times 120 \times 100 (\text{mm}) \times 1000 \times 0,1018$$

$$V_{\text{prec}} (\text{m}^3) = 2.443.200 \text{ m}^3$$

Sendo assim, fazemos a estimativa de contribuição no volume útil da bacia, utilizando o valor do volume útil da bacia e o volume precipitado:

$$V_{\text{útil}} = 481.000.000 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{prec}} (\text{m}^3) = 2.443.200 \text{ m}^3 \rightarrow 100 \text{ mm}$$

$$\text{Contribuição} = 0,51\%$$

Ou seja,

Uma chuva de 100 mm, dentro de uma área de 120 km², contribui com 0,51% no aumento do volume da barragem, e se for levado em consideração que sua cota normal de operação é de 553 m, terá um acréscimo de 2,81 m na altura do espelho d'água.

Sendo o volume anual afluente $V_a = 17.114.200 \text{ m}^3$, a contribuição de uma chuva de 100 mm é de 14,27% do volume anual afluente na barragem.

Se levarmos em consideração o volume total de chuva durante o período chuvoso, a contribuição do volume médio de precipitação durante este período de 700 mm e o $V_a = 16.980.240 \text{ m}^3$, fica em torno de 99,21%, suprimindo a demanda de água para a população de Janaúba.

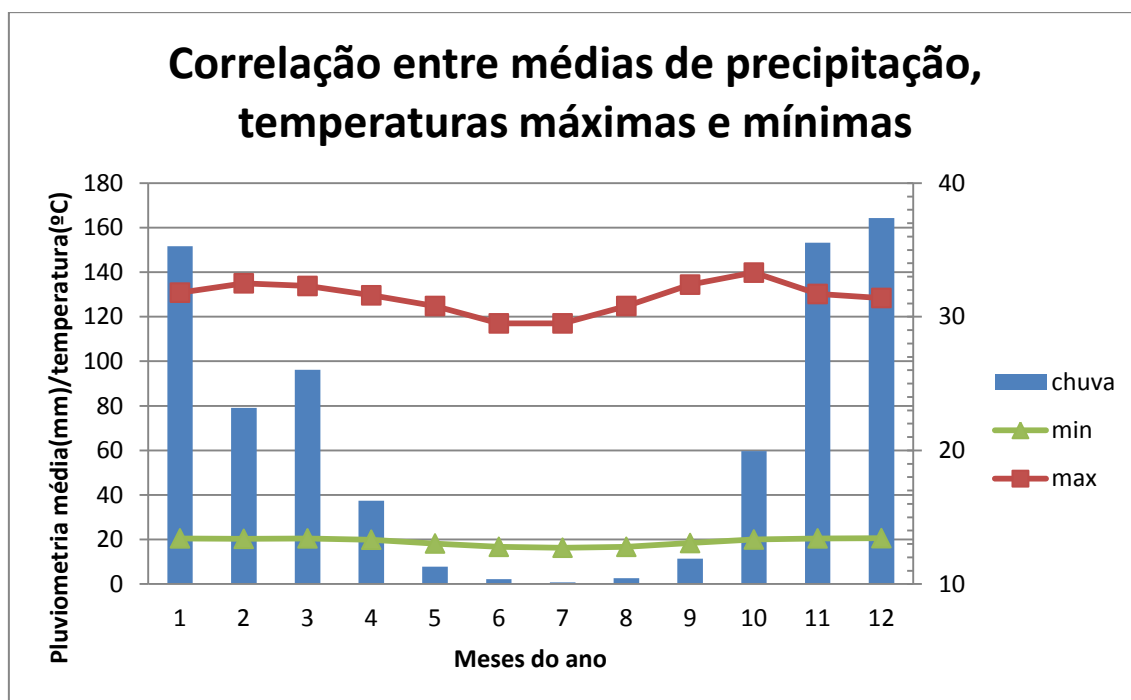
5 CONCLUSÕES

Na análise das precipitações diárias e mensais ao longo dos anos do estudo, foi observado que os maiores volumes de precipitação ocorrem durante a fase quente do ano (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março). Esse fato se deve a atuação de um sistema meteorológico denominado ZCAS, que é favorável a formação de nuvens convectivas na região de Janaúba. Já o período seco, é caracterizado pela presença de um sistema de alta pressão semi permanente, que inibe ascensão de ar de baixos níveis aos altos níveis, dificultando a formação de nebulosidade causadora de chuvas.

Outro fator que pode influenciar na precipitação é a circulação dos ventos. Através de processos termodinâmicos, os ventos úmidos vindos do oceano ocasionam chuvas na região em determinadas épocas do ano, principalmente durante a fase de transição do período seco para o chuvoso.

Em relação à temperatura, foi possível perceber que o gradiente de temperatura entre máxima e mínima é amplo ao longo do ano devido ao efeito da continentalidade (figura 78). Apesar disso, o gradiente de temperatura ao longo do ano não sofre grandes variações, o que leva a crer que este não é um fator determinante do tempo na região.

Figura 78 - Correlação entre médias de precipitação e temperaturas máximas e mínimas



Fonte: Autor

Além disso, através do balanço hídrico pode se concluir que existe um grande déficit hídrico na região de Janaúba, característico de clima semiárido. Mesmo durante o período chuvoso a reposição de água no solo é insuficiente, necessitando de algum agente externo para contribuir no aumento das reservas de água superficial, que possa contribuir para o abastecimento humano e agrícola.

E ainda, por meio dos cálculos relacionados à bacia hidrográfica de drenagem, foi concluído que uma chuva de 100 mm, dentro de uma área de 120 km², contribui com 0,51% no aumento do volume da barragem, e levando em consideração que sua cota normal de operação é de 553 m, tem-se, portanto um acréscimo de 2,81m na altura do espelho d'água. Logo, sendo o volume anual afluyente $V_a = 17.114.400 \text{ m}^3$, a contribuição média da chuva durante o período chuvoso em anos que a precipitação tenha um comportamento dentro da média de 695 mm neste período é de 99,21% do volume anual afluyente na barragem. Como foi impossível localizar dados do volume atual da barragem, é possível estimar a precipitação necessária, atribuindo valores de P (mm) na equação de V_{prec} .

Outro fator importante, que influencia diretamente no regime de chuvas da região de Janaúba, são as frentes frias e a regeneração das mesmas, que são capazes de provocar chuvas com volumes bastante elevados.

6 REFERÊNCIAS

- SILVA, M., M.; MONTEIRO, M., A.; CALEARO, D., S.; MORAES, M., R.; MISZINSKI, J. Estudo do Comportamento da precipitação no município de São José, Grande Florianópolis – SC. Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2003. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2003. P:643-650.
- SANTOS, D. M.; ROLIM, P. A. M.; Rocha, E.J.P., 2006. Análise da Variabilidade da Precipitação em Capanema - Pará; Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET): A Meteorologia a Serviço da Sociedade, ISBN: Português. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-628e45d92a05ba8d15c0ee8ec62652f6.pdf>> Acesso: 23.04.2010;
- STERN, R. D.; COE, R. The use of rainfall models in agricultural planning. *Agricultural Meteorology*, Amsterdam, v.26, p. 35-50, 1982
- BACK, A., J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.717-726, 2001.
- VAREJÃO, SILVA M., A. Instituto Tecnológico de Pernambuco / Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Disponíveis em: <http://www.itep.br/meteorologia/lamepe/zoneamento/docs/doc_aptidao.html>. Acesso: 07.07.2007.
- PONTES DA SILVA, B. F., Sistemas sinóticos associados às precipitações Intensas no estado de **Alagoas**, TCC apresentado na Universidade federal de Alagoas. Orientadora: prof^a. Dr^a. Natalia Fedorova, 2008.
- UVO, C. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Precipitação da região Norte do Nordeste do Brasil. 1989. 99 p. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1989.
- KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 107, n. 9 p. 1140-1153, 1979.
- KOUSKY, V. E.; GAN, M. L. Upper tropospheric cyclonic vortices in the subtropical South Atlantic. *Tellus*, v. 33, p. 538-551, Nov. 1981.
- PALMER, C. E. On High-level Cyclones Originating in the Tropics. *American Geophysical Union*, v. 32, n. 5, p. 683-695, Oct. 1951.
- COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS M. A. F.; NOBRE C. Environmental conditions associated with amazonian squall lines: A case study. *Monthly Weather Review*, v. 123, n. 11, p. 3163-3174, 1995.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A.. (2007). "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification". *'Hydrol. Earth Syst. Sci.'* 11: 1633–1644. ISSN 1027-5606.

- ABREU, M. L. Climatologia da Estação Chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1997) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. Revista Geonomos, Ed. 2. V. 6. Departamento de Geografia. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte, MG. 1998. 17-22 p.
- NIMER, E., 1989. Climatologia do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. RJ; 421 p.
- FISH, G.; MARENGO, J., A., NOBRE, C., A., 1996; Clima da Amazônia. Climanálise Especial. Edição comemorativa de 10 anos, 24 – 41.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)
- CAMARGO, A.P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. 3.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1971. 28p. (Boletim 116)
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- ORTOLANI, A.A. et al. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Café, 1970. 27p.
- CATALUNHA, M. J. et al. Aplicação De Cinco Funções Densidade De Probabilidade. Séries De Precipitação Pluvial No Estado De Minas Gerais. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 10, n.1, p.153-162, 2002.
- McKNIGHT, T., L; HESS, D., 2000; 'Physical Geography: A Landscape Appreciation'. Upper Saddle River, NJ: pp. 200-1. ISBN 0-13-020263-0
- OLIVEIRA, A. S., 1986: Interações entre Sistemas na América do Sul e Convecção na Amazônia. Tese de Mestrado em Meteorologia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP; (INPE - 4008 - TDL / 239).
- ROCHA, A. M. G. C. & GANDU, A. W., 1996: A Zona de Convergência do Atlântico Sul. Climanálise Especial: edição comemorativa de 10 anos, 140-142.
- CAMARGO, M.B.P.; CAMARGO, A.P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. Bragantia, Campinas, v.52, p.169-172, 1993.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa, UFV, 1991, 449p.
- PEDRO JÚNIOR, M.J.; MELLO, M.H.A.; PEZZOPANE, J.E.M. Caracterização agroclimática da microbacia: Alto Curso do Ribeirão São Domingos (Pindorama). Campinas, Instituto Agrônomo, 1994. 27p. (Boletim Técnico, 150)
- CAMARGO, A.P.; PINTO, H.S.; PEDRO JR., M.J.; et al. Aptidão climática de culturas agrícolas. In: São Paulo, Secretaria da Agricultura. Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, v.1, p.109-149, 1974.
- CAMARGO, A.P; PEREIRA, A.R. Prescrição de rega por modelo climatológico. Campinas: Fundação Cargill, 1990. 27p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33. Tradução Gheyi, H.R. e outros, UFPB, Campina Grande. FAO. 306p. 1994.

JENSEN, N.E. Water consumption by agriculture plants. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed) Water deficits and plant growth. New York, Academic Press, 1968. V.2, p.1-22.

SELUCHI, M. E., SAULO, A. C., NICOLINI, M., SATYAMURTY, P. The Northwestern Argentinean Low: A Study of Two Typical Events. Monthly Weather Review, v. 131, p. 2361-2378, 2003.

SIGNORINI, E. Processos Sinóticos Associados com a Intensificação da Extremidade da Frente Fria no Sul do Brasil. Dissertação De Mestrado, UFPel, 2001.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. The climatology of droughts and drought prediction. In: PARRY, M. L.; CARTER, T.R.; KONIJN, N. T. (Eds.). The impact of climate variations on agriculture. v. 2: Assessments in Semi-Arid Regions. Dordrecht, The Netherlands Kluwer Academic Publishers, 1988. P. 305 – 323.

FRANK, N. L. On the energetics of cold lows. Proceedings of the Symposium on Tropical Meteorology. American Meteorological Society, EIV 1 – EIV 6, June 1970.

SIMPSON, R. H. Evolution of the Kona Storm, a subtropical cyclone. Journal of Meteorology. v. 9, p. 24-35, Fev. 1952.

PAIXÃO, E. B.; GANDU, A. W. Caracterização do vórtice ciclônico de ar superior sobre o Nordeste do Brasil (Parte I). In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11., 2000, Rio de Janeiro. Anais. 2000. p. 3422-3428. 1 CD- ROM.

RAMAGE, C. S. The tropical cyclone. Journal of Geophysical Research, v. 4, p. 1401-1411, Apr. 1962.

FRANK, N. L. The weather distribution with upper tropospheric cold lows in the tropics. U. S. Weather Bureau, Southern Region. Technical memorandum. n. 28, Oct. 1966.

FERREIRA, N.J.; CHAN, C.S.; SATYAMURTY, P. Análise dos distúrbios ondulatórios de leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11., 2000, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. 2000. p. 462-466. 1 CD-ROM.

NÓBILE TOMAZIELLO, A. C. Influências da temperatura da superfície do mar e da umidade do solo na precipitação associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul. 2010. 166 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)– Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PALLOTTA, M; NAKAZATO, R., Y. Caracterização de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) em janeiro e fevereiro de 2010. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SACRAMENTO NETO, O. B.; ESCOBAR, G. C. J.; SILVA, P. E. D. Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estados Climáticos - CPTEC. XVI Congresso de Meteorologia, 2010.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, 2006