

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

Fabricio Holanda do Nascimento

**ANÁLISE DO EFEITO OROGRÁFICO NA DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS: ESTUDO
DE CASO NOS MUNICÍPIOS DE FUNDÃO E SANTA TERESA (ES) NO ANO
HIDROLÓGICO (AH) 2015-2016**

**VITÓRIA
2017**

FABRICIO HOLANDA DO NASCIMENTO

**ANÁLISE DO EFEITO OROGRÁFICO NA DISTRIBUIÇÃO DE CHUVAS: ESTUDO
DE CASO NOS MUNICÍPIOS DE FUNDÃO E SANTA TERESA (ES) NO ANO
HIDROLÓGICO (AH) 2015-2016**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Dinâmica dos territórios e da natureza.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Câmara do Vale

**VITÓRIA
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas e Naturais da
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

N244a Nascimento, Fabricio Holanda do, 1984-
Análise do efeito orográfico na distribuição de chuvas : estudo
de caso nos municípios de Fundão e Santa Teresa (ES) no ano
hidrológico (AH) 2015-2016 / Fabricio Holanda do Nascimento. –
2017.
154 f. : il.

Orientador: Cláudia Câmara do Vale.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Climatologia. 2. Chuvas. 3. Espírito Santo (Estado) –
Clima. I. Vale, Cláudia Câmara do. II. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III.
Título.

CDU: 91

**“ANÁLISE DO EFEITO OROGRÁFICO NA DISTRIBUIÇÃO
DE CHUVAS: ESTUDO DE CASO NOS MUNICÍPIOS DE
FUNDÃO E SANTA TERESA (ES) NO ANO
HIDROLÓGICO (AH) 2015-2016.”**

FABRICIO HOLANDA DO NASCIMENTO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

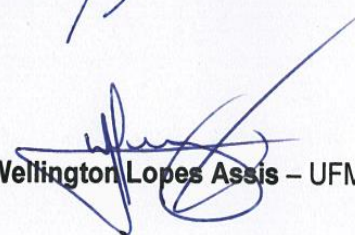
Aprovada em 05 de Maio de 2017.



Profª. Drª. **Cláudia Câmara do Vale** – Orientadora - UFES



Prof. Dr. **André Luiz Nascentes Coelho** – UFES



Prof. Dr. **Wellington Lopes Assis** – UFMG

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus único, Criador de todas as coisas, que fez os céus e a terra e tudo o que neles há; por ter me concedido força, persistência e esperança na construção deste trabalho. Toda honra, toda glória e todo louvor a Ele.

Minha gratidão a minha orientadora, professora e Dr^a Cláudia Câmara do Vale pela dedicação e vontade em me ajudar no desenvolvimento deste trabalho, além da confiança em mim depositada.

A Fernanda Barboza dos Santos, minha noiva, por tantas vezes ter me auxiliado na construção desse trabalho, sobretudo pela companhia às visitas de campo. Além disso, agradeço pela paciência devido a minha ausência em tantos momentos. Obrigado meu amor!

Aos professores e doutores Emerson Galvani (USP) e Wellington Lopes Assis (UFMG), por tantas vezes terem me auxiliado na construção do trabalho com valiosas sugestões por *e-mails* e por serem tão solícitos quanto as respostas às minhas indagações. Em especial ao professor Wellington que, mesmo através de *e-mail* se fez presente ao longo de, praticamente toda a pesquisa.

Ao professor e Dr. André Luiz Nascentes Coelho por ter aceitado o convite para a banca de qualificação e ter me dado sugestões valiosíssimas. Confesso que foram fundamentais, e sem essas sugestões não saberia o que fazer.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) pela oportunidade de fazer parte deste programa que, a cada ano, se torna mais importante e melhor.

As secretárias do PPGG, Luciana e Izadora, meus sinceros agradecimentos. Vocês são as melhores secretárias deste mundo. Obrigado!!

Meu obrigado à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pesquisa concedida. Certamente foi fundamental, pois, me possibilitou um tempo maior para a dedicação à pesquisa.

Aos amigos (a) e colegas do PPGG (Jonatha Liprandi, James Rafael, Mirian Lacerda, entre tantos outros (a)) que seria injusto não mencioná-los (a). Mas peço perdão por não lembrar de todos (a) aqui.

Sou grato a Rosilene Bermond Filleti, por ter me prestado auxílio na confecção do balanço hídrico.

A Rayani Azevedo Moraes pela preciosa amizade e pelo apoio financeiro na impressão das vias impressas desta dissertação.

Aos moradores da área em estudo, que me concederam, de modo tão solícito, um espaço em seus quintais para a instalação dos pluviômetros, em especial a Dona Catarina, Edilânia e a Dona Janete. Obrigado a todos (a)!

Certamente faltarão palavras para preencher de gratidão a todos (a) aqueles (a) que foram importantes para que esta pesquisa fosse efetivamente concluída.

“Quanto ao clima, na maioria dos estudos de caso, não há mapeamento nas mesmas escalas para as quais há da drenagem, do relevo, das rochas, do solo, da vegetação e de outros aspectos. Por isso, quase sempre é necessário começar do elementar e elaborar uma hipótese para a distribuição espacial das unidades climáticas por dedução [...]”
(Tarik Rezende de Azevedo, 2007).

RESUMO

O efeito orográfico refere-se a uma relação existente entre a atmosfera e a superfície terrestre. Assim, esta pesquisa teve como objetivo principal fazer uma análise da distribuição da pluviosidade ao longo de um transecto de 18,8 quilômetros de extensão, entre os municípios de Fundão e Santa Teresa, no estado do Espírito Santo, no ano hidrológico 2015/2016 (AH 2015/2016). Para tanto, foram realizados levantamentos bibliográficos acerca dos principais temas norteadores da pesquisa, a exemplo de conceitos de clima e tempo, tipos de chuva, escalas de análise em climatologia, circulação geral da atmosfera, efeito orográfico na distribuição de chuvas, análise geográfica do clima, entre outros. Além disso, foram confeccionados sete pluviômetros experimentais, conforme a metodologia de Assis (2009), de sessenta centímetros cada um. Para a fixação dos mesmos, foram considerados os seguintes fatores: altitude, locais que apresentassem distintos padrões de uso e cobertura da terra, com pouca ou nenhuma presença de barreiras físicas, como árvores ao redor dos pluviômetros, a fim de evitar problemas na captação de chuva. Ainda neste contexto, cada posto pluviométrico foi fixado em caibros de, pelo menos 1 metro e 30 centímetros do solo. Os resultados da pesquisa demonstraram correlação entre a rugosidade superficial do relevo local com a distribuição e intensificação das chuvas, mesmo em períodos em que a origem das mesmas associava-se aos sistemas de larga escala, a exemplo da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Também foi realizada uma interpretação dos principais elementos climatológicos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação, insolação, direção e velocidade dos ventos), por meio de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ao longo do AH 2015/2016, com o propósito de comparar dos dados institucionais com os dados de precipitação coletados em campo, e conseqüentemente do clima local, compreendendo que a climatologia geográfica entende o clima como um conjunto de elementos interconectados e não de forma isolada.

Palavras-chave: climatologia geográfica; chuva orográfica; escala de análise; Espírito Santo.

ABSTRACT

The orographic effect refers to a relationship between the atmosphere and the surface of the Earth. The main objective of this research was to analyze the distribution of rainfall along a 18.8 km transect between the municipalities of Fundão and Santa Teresa in the state of Espírito Santo, in the hydrological year of 2015/2016 (AH 2015/2016). For this, bibliographical surveys were carried out on the main themes of the research, such as weather and climate concepts, rainfall types, climatology analysis scales, general atmospheric circulation, orographic effect on rainfall distribution, geographic climate analysis, among others. In addition, seven experimental pluviometers were prepared, according to the methodology of Assis (2009), of sixty centimeters each. The following factors were considered: altitude, locations with different land use patterns and coverage, with little or no presence of physical barriers, such as trees around rain gauges, in order to avoid problems in collecting the rain. Also in this context, each pluviometric station was fixed in rafters of at least 1 meter and 30 centimeters off the ground. The results showed a correlation between the surface roughness of the local relief with the distribution and intensification of rainfall, even in periods when the origin of rainfall was associated to large scale systems, such as the South Atlantic Convergence Zone. An interpretation of the main climatological elements (air temperature, relative air humidity, radiation, sunshine, direction and velocity of the winds) was also performed, using data from the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), during the AH 2015/2016, with the purpose of comparing the institutional data with the precipitation data collected in the field, and consequently the local climate, understanding that the geographic climatology understands the climate as a set of interconnected elements and not as an isolated information.

Keywords: geographic climatology; orographic rain; scale of analysis; Espírito Santo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área em estudo	25
Figura 2 – Modelo digital de elevação da área em estudo.	26
Figura 3 – Sistemas atmosféricos da troposfera superior atuantes no Brasil.	29
Figura 4 – Sistemas atmosféricos da troposfera inferior atuantes no Brasil.	29
Figura 5 – Tipos climáticos da região Sudeste segundo o IBGE (2006).	33
Figura 6 – Caracterização climática para o Espírito Santo segundo o IBGE (2006).	36
Figura 7 – Distribuição média anual da pluviosidade no Espírito Santo.	37
Figura 8 – Domínios climáticos para Fundão e Santa Teresa, conforme o IBGE (2006).	40
Figura 9 – Unidades geomorfológicas de Fundão e Santa Teresa (ES).	44
Figura 10 – Rede de drenagem da área em estudo.	47
Figura 11 – Imagem aérea de um trecho do transecto contrastando o quadro vegetal natural com áreas agricultáveis.	48
Figura 12 – Uso e cobertura da terra em Santa Teresa e Fundão.	49
Figura 13 – Corredores ecológicos, segundo o IEMA.	53
Figura 14 – Posição da climatologia no campo do conhecimento científico	57
Figura 15 – Modelo de Circulação Geral da Atmosfera, considerando uma superfície homogênea.	65
Figura 16 – Relação entre o padrão divergente e convergente do	66
Figura 17 – Principais processos formadores de precipitação.	80
Figura 18 – Roteiro metodológico da pesquisa.	96
Figura 19 – Material utilizado para a confecção dos pluviômetros experimentais e a proveta de 500 ml para a coleta.	98
Figura 20 – Pluviômetro experimental 1 (P1), a 87 metros de altitude, na Rodovia Josil Espíndola usado para coleta de chuvas no AH 2015/2016.	100
Figura 21 – Transecto e postos pluviométricos experimentais. Fonte: Google Earth. Organizado pelo autor/2016.	102
Figura 22 – Características do local no posto 1 as margens da rodovia Josil Espíndula, 87 metros de altitude, e ao fundo o Monte Goiapaba-Açú, Fundão (ES).	103
Figura 23 – Características do local no posto 2 as margens da rodovia Josil Espíndula, 186 metros de altitude.	103
Figura 24 – Características do local no posto 3 as margens da rodovia Josil Espíndula, 201 metros de altitude. A esquerda da foto um trecho expressivo com vegetação arbórea de Mata Atlântica.	104
Figura 25 – Características do local no posto 4 as margens da rodovia Josil Espíndula, 444 metros de altitude. Ao fundo áreas com culturas agrícolas.	104
Figura 26 – Características do local no posto 5 as margens da rodovia Josil Espíndula, 588 metros de altitude.	105
Figura 27 – Características do local no posto 6 as margens da rodovia Josil Espíndula, 653 metros de altitude.	105
Figura 28 – Características do local no posto 7 as margens da rodovia Josil Espíndula, 657 metros de altitude.	106
Figura 29 – Pluviosidade dos municípios de Fundão e Santa Teresa no período chuvoso.	116
Figura 30 – Pluviosidade dos municípios de Fundão e Santa Teresa no período seco.	117
Figura 31 – Distribuição espacial da pluviosidade no transecto analisado entre novembro de 2015 a fevereiro de 2016.	120
Figura 32 – Distribuição espacial da pluviosidade no transecto analisado entre março de 2016 a junho de 2016.	121
Figura 33 – Distribuição espacial da pluviosidade no transecto analisado entre julho de 2016 a outubro de 2016.	122
Figura 34 – Distribuição espacial da pluviosidade acumulada anual no transecto analisado.	128

Figura 35 – Cartas sinóticas. Da esquerda para a direita, dias 20/11 e 20/12 de 2015....	131
Figura 36 – Cartas sinóticas. Da esquerda para a direita, dias 02/01 e 03/01 de 2016....	132
Figura 37 – Cartas sinóticas dos dias 10/07, 10/08 e 10/10.	133
Figura 38 – Imagens do satélite Goes dos dias 16/11 e 20/11 de 2016.	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Organização das escalas temporal e espacial do clima.	63
Quadro 2 – Posto meteorológico utilizado para a caracterização da climatologia da temperatura do ar e pluviosidade.	107
Quadro 3 – Postos pluviométricos utilizados para a caracterização da climatologia das chuvas na área em estudo.	107
Quadro 4 – Dados para cálculo do balanço hídrico.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos usos e cobertura da terra em Fundão	50
Tabela 2 – Variações da captação da chuva em função da altura do pluviômetro.	100
Tabela 3 – Banco de dados do transecto referente ao AH 2015/2016.	106

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Balanço hídrico para o município de Santa Teresa.....	41
Gráfico 2 – Climatologia da pluviosidade e da temperatura do ar entre 1977 - 2007, com base na estação convencional de Santa Teresa.	43
Gráfico 3 – Distribuição dos usos e cobertura da terra em Fundão e Santa Teresa (ES).	50
Gráfico 4 – Pluviosidade na área em estudo durante o AH 2015/2016.	111
Gráfico 5 – Temperatura do ar e umidade relativa do ar na área de estudo.	112
Gráfico 6 – Pressão e radiação para o município de Santa Teresa em 2016.	113
Gráfico 7 – Direção Dados para cálculo do balanço hídrico.e velocidade do vento em Santa Teresa em 2016.	115
Gráfico 8 – Distribuição de chuva no mês de novembro de 2016 na área em estudo.....	123
Gráfico 9 – Pluviosidade no período chuvoso no transecto analisado.	124
Gráfico 10 – Pluviosidade no período seco no transecto analisado.	125
Gráfico 11 – Distribuição da pluviosidade acumulada anual no transecto analisado no AH 2015/2016.	126

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AH – Ano Hidrológico
ANA – Agência Nacional de Água
AS – América do Sul
ASAS - Anticilone Subtropical do Atlântico Sul
ASPE – Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo
CGA – Circulação Geral da Atmosfera
CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
ENOS – El Niño de Oscilação Sul
FF – Frentes Frias
FPA – Frente Polar Atlântica
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Espírito Santo
IEMA – Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves
INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
JBN – Jatos de Baixos Níveis
JAN – Jato de Altos Níveis
LI - linhas de instabilidades
MDE – Modelo Digital de Elevação
MEC – Massa Equatorial Continental
MEAN – Massa Equatorial Atlântico Norte
MEAS – Massa Equatorial Atlântico Sul
MTA – Massa Tropical Atlântica
NE – Nordeste
OMM – Organização Meteorológica Mundial
RMGV - Região Metropolitana da Grande Vitória
SE – Sudeste
SF – Sistemas Frontais
SPT – Sistemas Produtores de Tempo
TSM – Temperatura de Superfície do Mar
UCT – Uso e Cobertura da Terra
UFES – Universidade Federal do Espírito Santo
VCANS – Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
VCAS – Vórtices Ciclônicos de Ar Superior
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT – Zona de Convergência Inter-Tropical
ZCOU - Zona de Convergência de Umidade

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – APRESENTAÇÃO	15
1.1 – INTRODUÇÃO	16
1.2 – Objetivos	19
1.2.1 – Objetivo Geral	19
1.3.2 – Objetivos Específicos	20
1.3 – Justificativas	20
CAPÍTULO 2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO 23	
Organizado pelo autor/2016	26
2.2 – Fatores dinâmicos	27
2.2.1 – O clima da área em estudo no contexto global.....	27
2.2.2 – O clima da área em estudo no contexto regional.....	30
2.2.3 – O clima da área em estudo no contexto local.....	39
2.2.4 – Balanço hídrico e dinâmica da pluviosidade	41
2.2.5 – Pluviosidade e temperatura média mensal (série histórica 1977-2007)	42
2.3 – Fatores estáticos	43
2.3.1 – Geomorfologia	43
2.3.2 – Recursos hídricos e aspectos da vegetação.....	45
2.3.3 – Uso e cobertura da terra	48
2.4 – Fatores sócio-econômicos	50
2.4.1 – População e socioeconomia	50
CAPÍTULO 3 – PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS.....	54
3.1 – Concepções Geográficas de Clima e Tempo.....	55
3.2 – Escalas de análise em climatologia	60
3.3 – Circulação Geral da Atmosférica.....	63
3.4 – Sistemas Produtores de Tempo.....	67
4.4.1 – As massas de ar.....	67
3.4.2 – Depressões frontais	70
3.4.3 – Depressões não-frontais ou ciclones.....	71
3.4.4 – Anticiclones.....	72
3.4.5 – Sistemas meteorológicos que afetam a América do Sul.....	72
3.6 – Precipitação: gênese e tipos	77
3.7 – Efeito Orográfico na Distribuição e Ocorrência da Precipitação.....	80
3.8 – Estudos de Casos.....	84
CAPÍTULO 4 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	89

4.1 – Fases de Elaboração da Pesquisa	96
4.2 – Caracterização climática	107
4.3 – Balanço hídrico	108
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	110
5.1 – Dados institucionais.....	111
5.1.1 – Pluviosidade	111
5.1.2 – Temperatura do ar e umidade relativa do ar.....	112
5.1.3 – Radiação e pressão.....	113
5.1.4 – Direção e velocidade dos ventos	114
5.2 – Dinâmica da pluviosidade.....	115
5.3 – Climatologia da precipitação no transecto pesquisado no ano hidrológico 2015/2016	116
5.3.1 – Precipitação acumulada mensal na área em estudo	118
.....	122
Organizado pelo autor/2017.....	122
5.3.2 – Pluviosidade na área em estudo nos períodos chuvoso e seco.....	123
5.3.3 – Pluviosidade anual na área em estudo	125
5.4 – Origem da pluviosidade na área em estudo no AH 2015/2016	129
CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
ANEXO I.....	152
Coletas realizadas ao longo do ano hidrológico 2015/2016	152

Capítulo 1 – Apresentação

1.1 – INTRODUÇÃO

O conhecimento das condições atmosféricas sempre foi curiosidade do ser humano, desde os tempos mais remotos. Na verdade, as civilizações mais antigas preocupavam-se com o fenômeno climático devido a sua influência no seu cotidiano, sobretudo no que concerne às atividades para a sobrevivência. Entretanto, somente a partir dos anos de 1960, pelo menos aqui no Brasil, foi que os estudos do *tempo*¹ e do clima, ganharam uma posição de destaque nos meios científicos, sobretudo após a Conferência de Estocolmo em 1972 (PASSOS, 2009; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; MONTEIRO, 2002; SANT'ANNA NETO, 2008; SANT'ANNA NETO, 2001).

Mendonça (2000, *apud* SILVA et al., 2011), aponta que a condição climática é o elemento condicionador da dinâmica ambiental, devido ao fato de esta fornecer calor, umidade, principalmente por ser responsável por uma série de fatores, tais como, a formação e desenvolvimento do solo, das estruturas do relevo, dos recursos hídricos, do crescimento, do desenvolvimento e da distribuição das plantas e dos animais, e por fim refletindo nas atividades econômicas, sobretudo na agricultura.

De acordo com Ayoade (2013), os estudos do *tempo* e do clima ocupam uma posição de destaque no amplo campo da ciência ambiental. Dessa forma, conhecer os processos atmosféricos é de fundamental importância. Além disso, os diversos dados e variáveis climáticas são base fundamental para quaisquer estudos e pesquisas geográficas (OLIVEIRA, 2009).

Nas regiões intertropicais, segundo Conti (1975), “[...] o interesse se concentra, sobretudo na observação do fenômeno pluvial em seu relacionamento com a circulação atmosférica geral, bem como as consequências resultantes, quer para a paisagem física, quer para as atividades humanas.” (p.10).

Vale ressaltar que, conhecer os conceitos de *tempo* e de clima, não é o suficiente para entender sua dinâmica local, regional ou global. Neste âmbito, faz-se necessário conhecer também seus elementos, tais como, as massas de ar, a

¹ Doravante sempre que se referir ao tempo atmosférico, este está grafado em itálico.

umidade do ar, a pressão atmosférica, dentre outros e os fatores que os influenciam, como a vegetação, a latitude, o relevo e a altitude. Segundo Nimer (1989), as massas de ar, por exemplo, compreendem um dos fatores fundamentais para o estudo da climatologia moderna².

Para Sorre (2006), um dos princípios das definições climáticas do ponto de vista da biologia humana, é considerar a interação de outros elementos da natureza com o clima. Esta interação pode ser analisada a partir das diversas escalas de análise climática, desde a *macroclimática* até a *microclimática*. Além disso, a relação entre as escalas constitui-se condição fundamental para a compreensão de qualquer estudo ligado à Geografia, ao clima e ao *tempo* (MENDONÇA; DANNI- OLIVEIRA, 2007; SORRE, 2006; MONTEIRO, 2002; AYOADE, 2013).

O Brasil, por exemplo, um país eminentemente tropical, com uma imensa extensão territorial, além de se situar em uma das áreas que mais recebe energia solar do planeta, é composto por climas diversos. Além dessas características mencionadas, segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007, p. 139), o Brasil é influenciado por um “[...] conjunto de centros de ação e de massas de ar quentes e frias, úmidas e secas [...]”, fato que corrobora para a formação de climas diversos.

A região Sudeste do Brasil (SE), por sua vez, sem dúvida alguma constitui-se numa das regiões mais diversificadas em termos climáticos do país. Neste contexto, influenciam para essa diversificação sua área espacial que é de cerca de 925.000 km², a diversidade latitudinal, entre 14^o e 25^o Sul, a proximidade com o mar (oceano Atlântico), a altimetria e a disposição do relevo. No quesito precipitação, a sua

² O termo climatologia moderna refere-se ao ramo da climatologia que estuda os fatores dinâmicos da atmosfera. Ayoade (2013) enfatiza que a Climatologia Tradicional possui algumas deficiências, tais como: ela é descritiva e não explicativa; supervaloriza as médias; tende a dar um sentido estático da atmosfera; utiliza-se de períodos longos para cálculos de valores médios (30 – 35 anos); é de pouca utilidade para o homem e suas atividades. Em contrapartida, a Climatologia Moderna procura eliminar essas deficiências, pois, ao invés da descrição apenas, dá ênfase à explicação dos fenômenos atmosféricos; procura explicar os processos que originam determinado fenômeno; faz um esforço para entender as interações que ocorrem na atmosfera – “[...] interface atmosfera e superfície da Terra” (p.7).

Para Nimer (1966), a Climatologia Moderna diferencia-se da Climatologia Tradicional pelo fato de esta preocupar-se com os estudos e a compreensão das massas de ar. Além disso, tende a estudar os elementos da atmosfera de maneira isolada, enquanto a climatologia dinâmica procura identificar as relações entre os mesmos e a superfície terrestre.

principal forma em regiões tropicais é em forma de chuva³ ou precipitação pluviométrica. E esta, encontra no relevo do Sudeste brasileiro, um de seus principais fatores de origem e distribuição (CÂNDIDO; NUNES, 2008; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; SANT'ANNA NETO, 2005; NUNES et al., 2009).

No que tange a precipitação para o SE, Alvarenga (2012), relaciona os maiores quantitativos desta com os Sistemas Frontais (SF⁴) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS⁵). Deste modo, os SF atuam de forma mais efetiva no inverno, enquanto que a ZCAS atua no verão. Nunes et al., (2009) afirmam que a topografia é um elemento importante para a compreensão da diversidade climática da região. Além disso, conforme os autores, “[...] a *dinamização orográfica se faz presente em vários setores da região, não de forma espetacular, mas contribuindo para que localmente ocorram diferenças, se não no ritmo, mas nos montantes pluviais e nas temperaturas*” (p.244).

O efeito orográfico é basicamente o resultado da interação entre a superfície e a atmosfera (MILANESI, 2007). Dessa forma, o relevo apresenta três importantes fatores na definição do clima: a posição, a orientação de suas vertentes e a declividade. Já a precipitação pode ser classificada, segundo diversos autores, como do tipo convectivo, frontal e orográfico ou de relevo. O critério deste último tipo de classificação é baseado pela maneira de elevação do ar que dá origem à precipitação (AYOADE, 2013; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; MILANESI, 2007).

O Espírito Santo, em particular, é um estado caracterizado por uma distribuição mais latitudinal do que longitudinal e é tomado basicamente por três grandes repartições

³ Para Barry; Chorley (2013: 90) precipitação se refere a todas as formas de água líquida e congelada. Dessa forma, as principais são: Chuva – gotas que caem, com um diâmetro de, pelo menos 0,5 mm, e geralmente de 2 mm; gotículas de menos de 0,5 mm são denominadas de garoa; Neve – cristais de gelo que caem em grupos ramificados, como flocos. Esta molhada tem cristais ligados por água líquida; Granizo – grãos, bolas ou massas duras e irregulares de gelo, com, pelo menos, 5 mm de diâmetro. Há outros tipos de precipitação que aqui não foram consideradas, mas, nos trópicos, a primeira forma é a mais frequente, como será analisado mais adiante.

⁴ No Glossário Técnico do CPTEC, um Sistema Frontal (SF) clássico refere-se a um “[...] *composto de frente fria, frente quente e centro de baixa pressão na superfície chamado ciclone*”. Mas também pode ser compreendido como um “*sistema de frente delineado sobre uma carta sinótica de superfície; mais particularmente, um completo sistema pertencente a uma depressão frontal especificada*”.

⁵ Segundo Carvalho e Jones (2009), a ZCAS refere-se a uma “[...] *banda de nebulosidade e chuvas com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde a América do Sul até o Sudeste do Brasil e, frequentemente, sobre o oceano Atlântico Subtropical*” (p.95).

do relevo, a saber, são: a Planície Costeira, os Tabuleiros Costeiros e a Região Serrana (Instituto Jones dos Santos Neves, 2012), com variações topográficas que podem atingir quase os 3.000 metros, como na Serra do Caparaó, no sudoeste de ES. Possivelmente, essa variação topográfica exerça alguma influência na distribuição de chuvas no estado, sobretudo no que diz respeito a precipitação provinda do Atlântico Sul. Todas estas características fizeram indagar acerca da existência de um fenômeno orográfico no trecho analisado, que corresponde ao transecto que se estende do município de Fundão, no posto 1 (P1) a 87 metros até o posto 7 (P7), a 657 metros de altitude, na área urbana do município de Santa Teresa, estado do Espírito Santo.

Como mencionado anteriormente, a área em estudo refere-se a um transecto de cerca de 18,8 km de extensão, de orientação Leste – Oeste (L-O), que se inicia no município de Fundão, no posto de número 1, e termina no município de Santa Teresa, cuja altitude máxima é de 657 metros no posto de número 7, conforme mencionado acima. Desse modo, com uma variação topográfica dessa natureza, é possível que a pluviosidade seja influenciada pelo relevo local, no que tange à formação, à distribuição e à intensificação. Vale destacar que, neste estudo, analisa-se somente a distribuição de chuva apenas na face voltada para o oceano Atlântico. Além disso, busca-se relacionar também, a distribuição da chuva com a vegetação e como este elemento da paisagem interage com a atmosfera local.

1.2 – Objetivos

1.2.1 – Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo analisar o efeito da altitude na distribuição espacial da pluviosidade em um transecto de 18,8 quilômetros de extensão, entre os municípios de Fundão e Santa Teresa, Estado do Espírito Santo (ES), por meio de sete pluviômetros experimentais.

1.3.2 – Objetivos Específicos

- Compreender e caracterizar a climatologia da área em estudo, bem como contribuir para um melhor entendimento da distribuição espacial da pluviosidade local;
- Identificar a gênese da chuva na área em estudo através da análise de imagens de satélite e cartas sinóticas do Ano Hidrológico (2015-2016);
- Produzir informações que sirvam de subsídio aos órgãos gestores, como a Defesa Civil, a Secretaria de Agricultura, as prefeituras, dentre outros, para as tomadas de decisões.

1.3 – Justificativas

Partindo do princípio de que, assim como aponta Dolfuss (1973), “[...] o geógrafo localiza e situa aquilo que constitui o objeto de sua pesquisa, descreve e define as formas, o que o leva à análise de sua disposição [...].” (p.7), este trabalho se justifica, devido a importância geográfica conferida ao lugar, haja vista que não há estudos dessa natureza na área em estudo.

No que concerne aos municípios que abrangem o transecto, os estudos voltados à climatologia geográfica são insuficientes e, geralmente não retratam a realidade do lugar, tendo em vista a pouca quantidade de dados disponíveis. Sendo assim, este trabalho visa contribuir com a elaboração de material bibliográfico sobre estes municípios, bem como no conhecimento da climatologia e da precipitação do local.

Nos dias de hoje, devido a intensa industrialização e urbanização, os estudos relativos a atmosfera ganham notoriedade ainda maior do ponto de vista social e acadêmico, tendo em vista o subsídio que estes estudos oferecem aos órgãos gestores no controle de algumas das problemáticas mais vivenciadas pela população das grandes, médias e pequenas cidades, como, a poluição do ar, o agravamento de doenças dos sistemas respiratórios e circulatórios, bem como as consequências trazidas pelas chuvas intensas (CONTI, 1975; FIALHO, 2009).

Além disso, corroborando com a ideia de Silva (2010), a água é um elemento

fundamental e importante para a vida em todas as suas formas, como elemento bioquímico dos seres vivos e/ou como um “*elemento representativo de valores sociais e culturais, ou mesmo como fator fundamental da produção de bens de consumo*” (p.207).

O conhecimento da distribuição das chuvas é importante, pois, o início e o término da estação chuvosa de um determinado ponto da superfície, por exemplo, controlam as atividades agrícolas. Segundo Ayoade (2013), “[...] a estação chuvosa de certa forma provoca um rebaixamento das temperaturas e exerce considerável influência sobre o modo de vida das pessoas [...].” (p.167).

É importante conhecer o clima da área em estudo, particularmente o município de Santa Teresa. Segundo Melo Júnior et al., (2006), em estudo realizado na Região Hidrográfica do Atlântico, leste de Minas Gerais, a delimitação de áreas climaticamente homogêneas, por exemplo, pode fornecer informações acerca dos indicadores dos meios físico e biológico de um determinado lugar que são compatíveis com a exploração de determinadas culturas.

Além disso, o conhecimento da pluviosidade local, em certas ocasiões, pode ser um fator de importância econômica, tendo em vista que o seu aproveitamento adequado pode reduzir os gastos com consumo de água potável fornecido por órgãos gestores. May (2004), em trabalho dissertativo em uma cidade de São Paulo, analisou a viabilidade do aproveitamento de água da chuva para edificações. Neste trabalho, a autora cita três consequências devida a este tipo de aproveitamento: a redução do consumo de água potável fornecida pela companhia de saneamento; a conservação da água e a redução do risco de enchentes.

Outra razão pela qual se pretende produzir conhecimento acerca da distribuição das chuvas da área em estudo refere-se ao fato dos municípios envolvidos serem privilegiados por diversas áreas de proteção ambiental (APA - Parque Goiapaba-Açú), corredores ecológicos (Centro Serrano e Alto Misterioso), pois é de conhecimento público que a conservação da vegetação contribui para a manutenção do ciclo hidrológico, além de possuir função de interceptação de parte da água da chuva, impedindo-a que ela chegue diretamente ao solo provocando processos erosivos indesejáveis (NETTO; AVELAR, 2002).

Por último, mas não esgotando as justificativas, estudar o comportamento da pluviosidade de um determinado lugar, possibilita aos órgãos gestores, a exemplo da Defesa Civil, dados e informações úteis na definição de áreas adequadas à ocupação, além de proporcionar conhecimentos úteis ao planejamento ambiental e urbano. Segundo a Defesa Civil do Estado do Espírito Santo (2010), alguns municípios adjacentes a área em estudo, como, Santa Leopoldina e João Neiva, são acometidos por inundações e enxurradas.

Portanto, a suposição inicial do trabalho apoia-se na relação chuva/relevo, tendo em vista que a variação topográfica do local é de 87 metros (pluviômetro 1) a 657 metros (pluviômetro 7), isto é, 570 metros de variação altimétrica. Supõe-se que, com essa diferença, o relevo exerça alguma influência na distribuição da pluviosidade local. Além disso, optou-se pelo transecto devido a complexa rugosidade superficial do relevo local, fator este que, de alguma forma deve gerar algum tipo de influência sobre os elementos do clima, em especial sobre a precipitação.

Sendo assim, este trabalho tenta responder às seguintes questões: qual a participação do relevo no que tange a distribuição, a geração e a intensificação das chuvas no transecto analisado? A variação altimétrica é o fator preponderante na distribuição das chuvas no local ou a rugosidade superficial do relevo (orografia)? Qual é a influência da vegetação arbórea de Mata Atlântica sobre a pluviosidade do local?

***Capítulo 2 – Localização e Caracterização da Área
em Estudo***

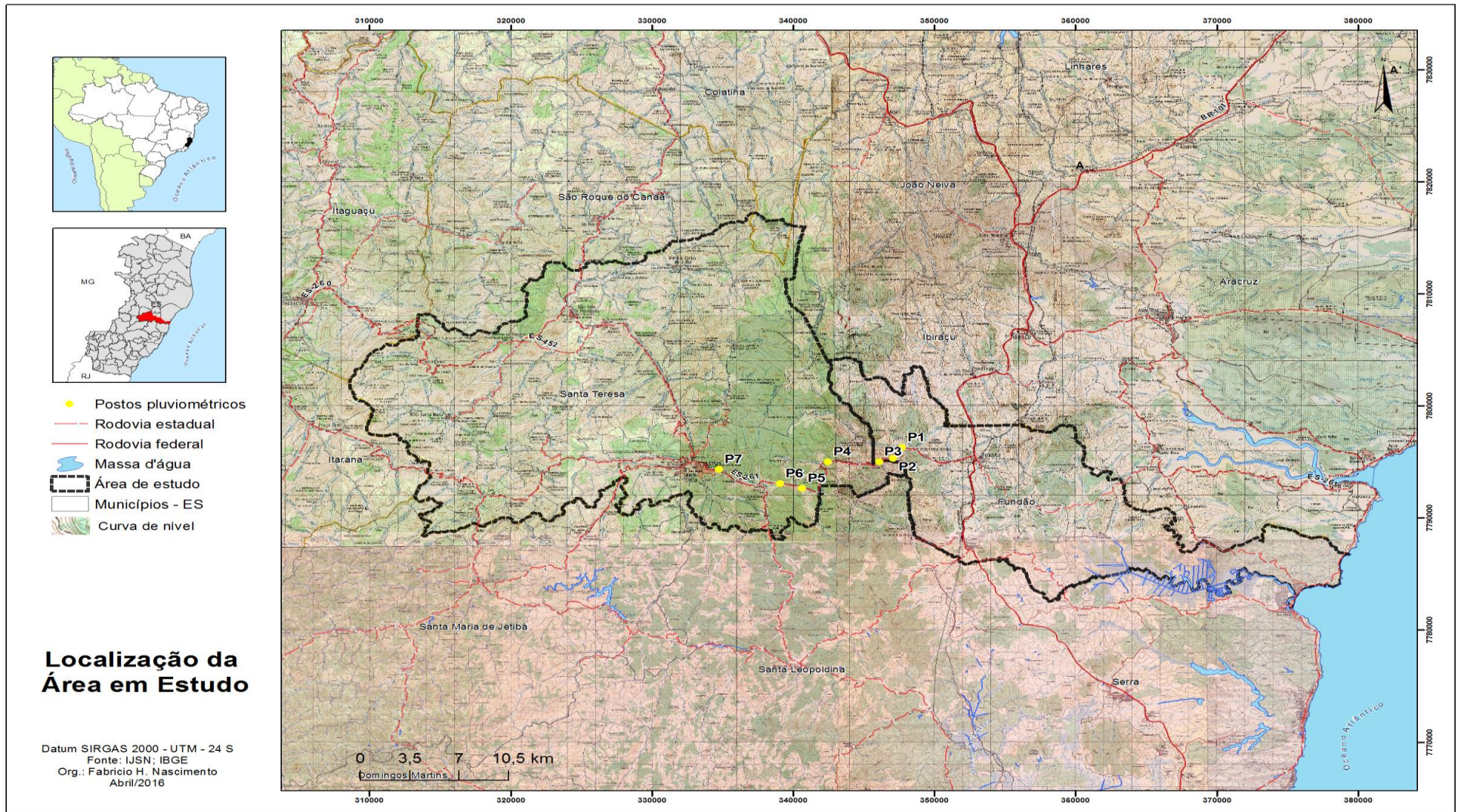
2.1 – Aspectos gerais da área em estudo

A área em estudo refere-se a um transecto de 18,8 quilômetros de extensão, compreendendo sete postos pluviométricos, localizados em dois municípios do Estado do Espírito Santo, a saber, Fundão, que faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), e Santa Teresa, região Central Serrana, nas coordenadas 19°55'26.72" de latitude Sul e 40°27'18.79" de longitude Oeste, para o pluviômetro 1 (P1) a 19°56'26.50" de latitude Sul e 40°34'44.10" de longitude Oeste, para o pluviômetro 7 (P7) (Figura 1).

A escolha deste transecto justifica-se pelo fato de sua variação da altitude ser relevante para a análise que se pretende fazer nesta pesquisa variando de 87 metros a 657 metros e pelo fato dos municípios ao longo do mesmo ter como base econômica principal, atividades agrícolas e atividades voltadas ao turismo, ou seja, são dependentes dos recursos hídricos para a produção, sobretudo o município de Santa Teresa, por isso, depende do conhecimento da regularidade das chuvas (Figura 2).

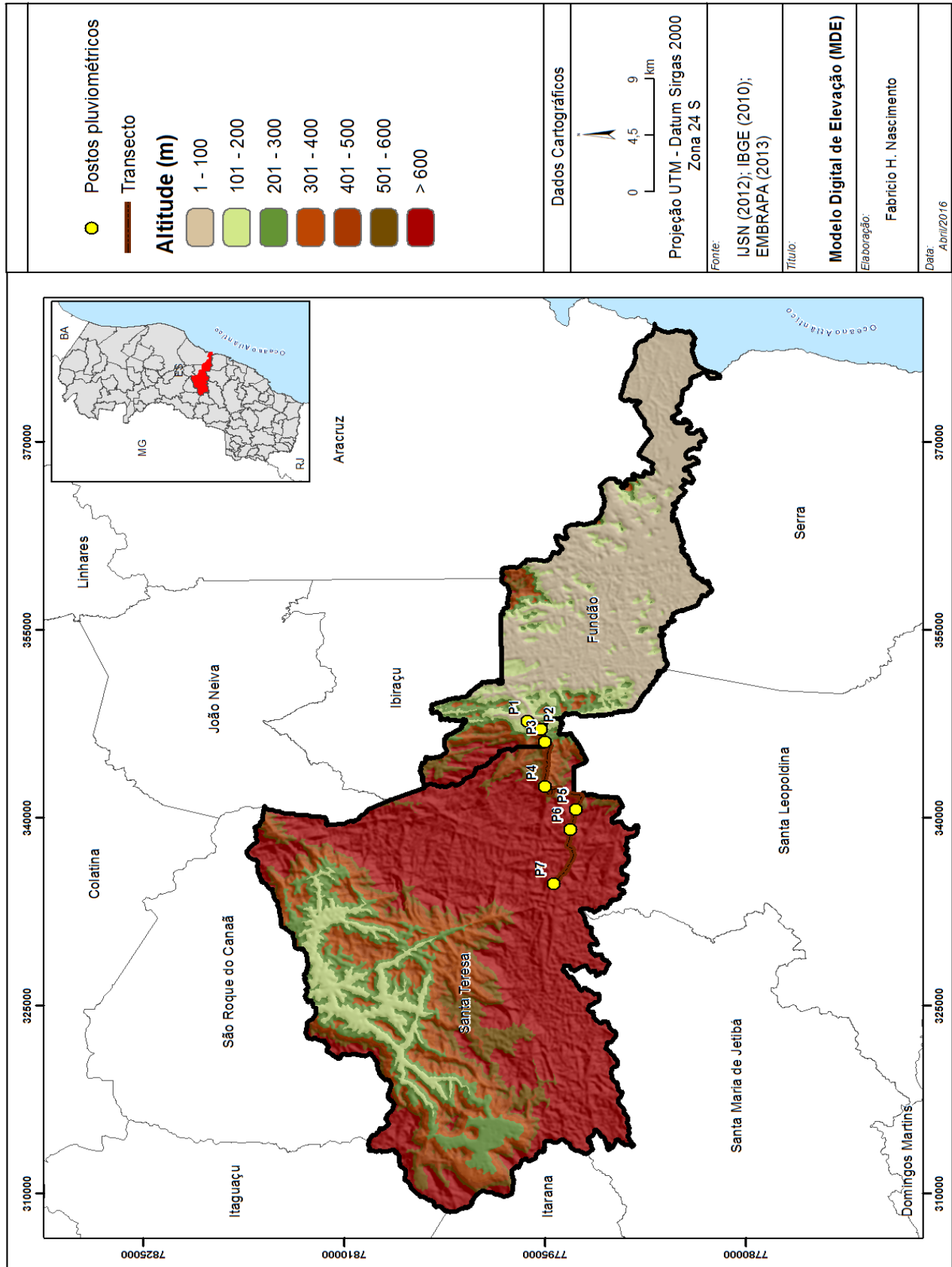
Para a caracterização da área em estudo, considera-se os aspectos geomorfológicos; os aspectos topográficos; sócio-econômicos; uso e cobertura da terra; bem como as características climatológicas do local. Para este último tópico, procurou-se fazer uma análise climatológica em escalas distintas, pois, como dito anteriormente, os estudos que envolvem o clima são abordados em diversas escalas de análises, desde o global até o local. Segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007), escala de estudo de um objeto nos leva a delimitação exata e consciente de sua dimensão espacial e temporal. Neste sentido, doravante será feita uma breve caracterização dos diferentes tipos e subtipos climáticos encontrados no Brasil; na região Sudeste; no estado do Espírito Santo; e por fim, na área em estudo.

Figura 1 – Localização da área em estudo



Organizado pelo autor/2016.

Figura 2 – Modelo digital de elevação da área em estudo.



2.2 – Fatores dinâmicos

2.2.1 – O clima da área em estudo no contexto global

No Brasil, por ser um país de dimensões continentais, dividido em cinco regiões, de características físicas diversificadas e posição geográfica latitudinal predominantemente tropical, há uma diversidade enorme de tipos climáticos, possuindo climas equatorial, tropical e clima subtropical. Dentre os principais fatores que determinam os diferentes tipos climáticos do país, podem ser destacadas a configuração geográfica, a maritimidade/continentalidade, as modestas altitudes e as formas do relevo, além da dinâmica das massas de ar e as frentes (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; SANT'ANNA NETO, 2005).

Segundo Reboita et al., (2012), dada a sua característica geográfica, o Brasil é influenciado por diversos sistemas atmosféricos, a saber são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Jatos de Baixos Níveis (JBN), Anticilone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Frente Fria (FF), Frente Quente (FQ), entre outros. Estes sistemas produtores de *tempo* serão discutidos no capítulo da fundamentação teórica.

No que se refere a distribuição e a variabilidade da pluviosidade no Brasil, estas estão associadas à atuação e à sazonalidade dos sistemas convectivos de macro e mesoescala, sobretudo da Frente Polar Atlântica (FPA). Estes fatores ajudam a explicar as razões das diferenças nos regimes pluviométricos do país que podem variar de maneira bem expressiva, a exemplo da região Norte que apresenta médias anuais acima dos 2.800 mm, enquanto que, parte da região Nordeste, o sertão nordestino, por exemplo, apresenta médias anuais entre 1.200 mm a cerca de 125 mm, pois, massas de ar úmidas importantes chegam com valores bem reduzidos de umidade, sendo insuficientes para provocar chuvas abundantes naquela região. Por outro lado, no litoral nordestino, pelo menos parte dele, a média pluviométrica anual pode chegar a 2.000 mm (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; SILVA et al., 2011).

Neste contexto, Mendonça; Danni-Oliveira (2007) afirmam que:

O dinamismo da atmosfera brasileira é controlado por seis centros de ação. As características desse dinamismo e das massas de ar produzidas ao longo

do ano são descritas a seguir: [...] na porção norte do Brasil, nas proximidades da linha do equador, encontram-se o anticiclone dos açores, no hemisfério Norte, e o anticiclone do Atlântico, também chamada de Santa Helena, no hemisfério Sul, produtores de MEAN⁶ (associada aos alíseos de NE) e das MEAS⁷ (associadas aos alíseos de SE), respectivamente. Sobre o País, na altura da planície amazônica, forma-se um centro de ação produtor da MEC⁸ que, com as duas massas anteriores, propicia condições de umidade e calor à atmosfera regional. As duas primeiras atuam principalmente na porção norte e nordeste do País, enquanto a última atua de maneira mais direta no interior do continente e reforça as características do verão quente e úmido na porção centro-sul, influenciando até mesmo localidades como o Uruguai e norte da Argentina. O avanço dessas massas de ar provenientes do norte deriva chuvas na porção norte e centro-sul do País, e elas atuam pelas linhas de instabilidade e de ondas de calor de norte e noroeste (p.139).

A despeito da região Norte do país apresentar os maiores volumes de chuva, pelo menos em boa parte do ano, Milanesi (2007), registrou uma média anual de mais de 4000 mm em Ilha Bela, Ilha de São Sebastião, no estado de São Paulo, no ano hidrológico 2004/2005. Segundo o autor, o fator preponderante para esse comportamento da pluviosidade no local é o relevo.

Além dos fatores acima citados, ainda exerce importante papel na definição da dinâmica do clima brasileiro, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e esta favorecendo a ocorrência de chuvas no Norte e Nordeste do Brasil, o Anticiclone do Atlântico, a Depressão do Chaco, o Anticiclone Migratório Polar, bem como os Processos Frontogênicos (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; REBOITA, et al., 2012).

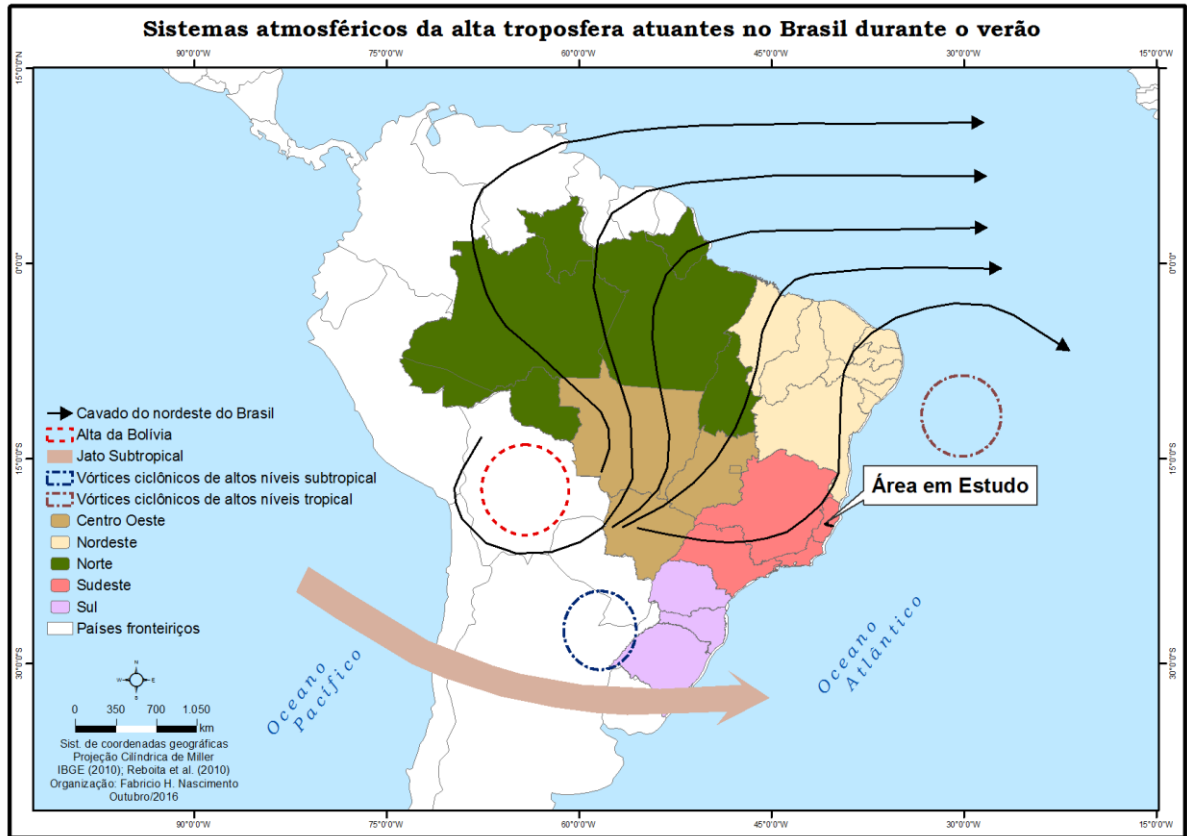
As Figuras 3 e 4 representam os principais sistemas atmosféricos que atuam sobre o território brasileiro, tanto no que se refere a alta troposfera quanto a baixa troposfera, segundo Reboita et al., (2010).

⁶ Massa Equatorial do Atlântico Norte.

⁷ Massa Equatorial do Atlântico Sul. Juntamente com a massa acima, estas atuam principalmente nas porções norte e extremo nordeste da América do Sul, cuja maior amplitude térmica se dá no verão (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

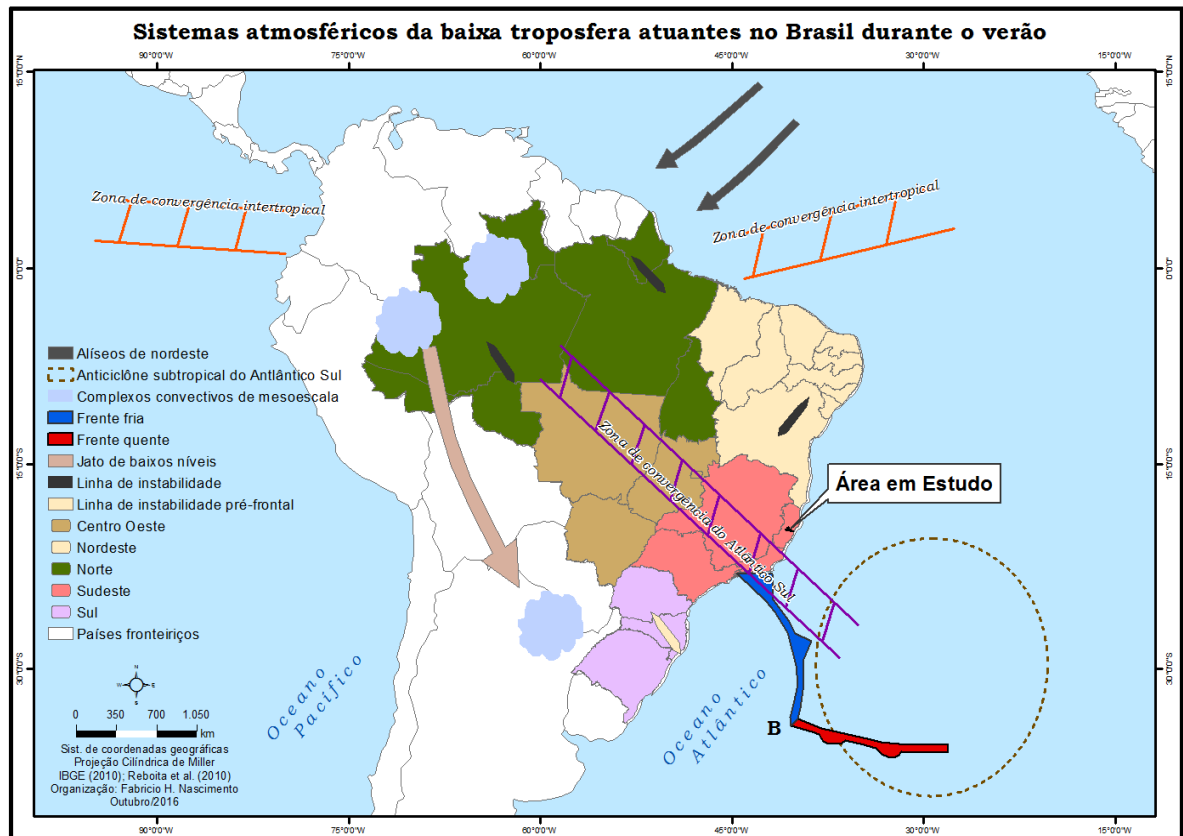
⁸ Massa Equatorial Continental.

Figura 3 – Sistemas atmosféricos da troposfera superior atuantes no Brasil.



Fonte: Reboita et al., (2010), modificado pelo autor/2016.

Figura 4 – Sistemas atmosféricos da troposfera inferior atuantes no Brasil.



Fonte: Reboita et al., (2010), modificado pelo autor/2016.

2.2.2 – O clima da área em estudo no contexto regional

Seguindo o mesmo padrão do Brasil, a região Sudeste (SE), a mais populosa e economicamente ativa do país, caracterizada por grandes atividades industrial e energética e grande dinamismo econômico, é sem dúvida, uma das mais diversificadas em relação ao clima do território nacional. Essa diversificação pode ser explicada por vários fatores, desde a posição latitudinal (14° e 25° sul), área espacial de 924.935 km², a distribuição longitudinal, a altimetria e a disposição do relevo (SANT'ANNA NETO, 2005, NUNES et al., 2009). No entanto, a despeito dessa diversidade ambiental e industrial, o Sudeste brasileiro apresenta enormes problemas que são relacionados e/ou “[...] desencadeados por condicionantes atmosféricos, especialmente precipitações concentradas.” (NUNES et al., 2009, p.254).

Em relação à pluviosidade, a região Sudeste é influenciada, sobretudo pela atuação da FPA e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) “[...] que, em suas incursões nessa época mais úmida e dinamizada, com a presença frequente de calhas induzidas, geradoras de chuvas, recebe oposição da Massa Tropical Atlântica (mTa)” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.147).

A ZCAS⁹ refere-se a uma banda de nebulosidade proeminente com chuvas de orientação Noroeste-Sudeste que ocorre sobre a América do Sul. No entanto, este sistema não recebe este nome desde sua origem. Esta zona de convergência forma-se devido à interação de vários outros sistemas, como por exemplo, o Jato de Baixos Níveis (JBN) e ventos do anticiclone subtropical do Atlântico Sul (ASAS), recebendo o nome de Zona de Convergência de Umidade (ZCOU). Dessa forma, ela atua durante três ou mais dias, recebendo o nome de ZCAS (REBOITA et al., 2012; CARVALHO; JONES, 2009).

Para Minuzzi et al., (2007), a região Sudeste do Brasil possui essa característica climática bem diversificada devido ao efeito da topografia, da sua posição geográfica, mas principalmente pelos aspectos dinâmicos da atmosfera, tais como, os sistemas

⁹ Este sistema, bem como outros que afetam as condições de tempo e clima da região Sudeste do Brasil, serão melhor discutidos no capítulo 2 de “Pressupostos teórico-metodológicos”.

meteorológicos de micro, meso e macroescala. Tais sistemas atuam direta e indiretamente na pluviosidade, a exemplo da ZCAS, especialmente no verão, as Frentes Frias (FF), além do ASAS e o Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS), que podem causar grandes períodos de estiagem, a depender de sua posição. A Figura 5 apresenta os tipos e subtipos climáticos do SE do Brasil segundo a classificação do IBGE (2006).

O primeiro grupo refere-se ao Quente, com temperatura média anual maior que 18°C, correspondendo parte do estado de Minas Gerais, Oeste e Norte Paulista, Litoral e Norte Fluminense e praticamente todo o território capixaba. O segundo grupo é o Subquente, com temperaturas médias entre 15°C e 18°C, pelo menos 1 mês do ano que corresponde ao Centro-sul Mineiro e Centro Oeste Paulista. O terceiro e último grupo é o Mesotérmico, com temperaturas mais brandas e distribuição sazonal mais homogênea das chuvas ao longo do ano (SANT'ANNA NETO, 2005; IBGE, 2006).

Para Alvarenga (2012), uma característica marcante do Sudeste brasileiro é a distribuição espacial e temporal da precipitação, aliás, fator ambiental de maior importância, sobretudo em uma região na qual problemas relacionados a escorregamentos de massa, enchentes, alagamentos e inundações são muito frequentes.

Segundo Nunes et al., (2009), o clima da região Sudeste tem como característica básica seu caráter transicional, nos níveis zonal e regional. O primeiro devido ao fato do SE ser atravessado pelo Trópico de Capricórnio, ou seja, uma área continental ampla, em segundo porque o SE é um ponto de conflito entre sistemas tropicais e extratropicais. Além disso, o traço climático mais marcante da região mencionada é, sem dúvida, a pluviosidade, sobretudo no que tange à distribuição espacial e temporal.

Em alguns casos, a exemplo de alguns locais próximos à Serra do Mar, a média anual pode ultrapassar os 4.000 mm (MILANESI, 2007). Assim, Alvarenga (2012), afirma que: “*Devido aos arranjos entre os controles de grande escala, os distúrbios de meso-*

escala e condições locais como topografia, exposição de vertentes e uso da terra, a precipitação apresenta enorme variação inter e intra-anual (p.1). Neste contexto, a pluviosidade no Sudeste apresenta dois períodos bem distintos: um período apresenta os maiores quantitativos de chuva (período chuvoso), e outro apresenta os menores quantitativos (período seco).

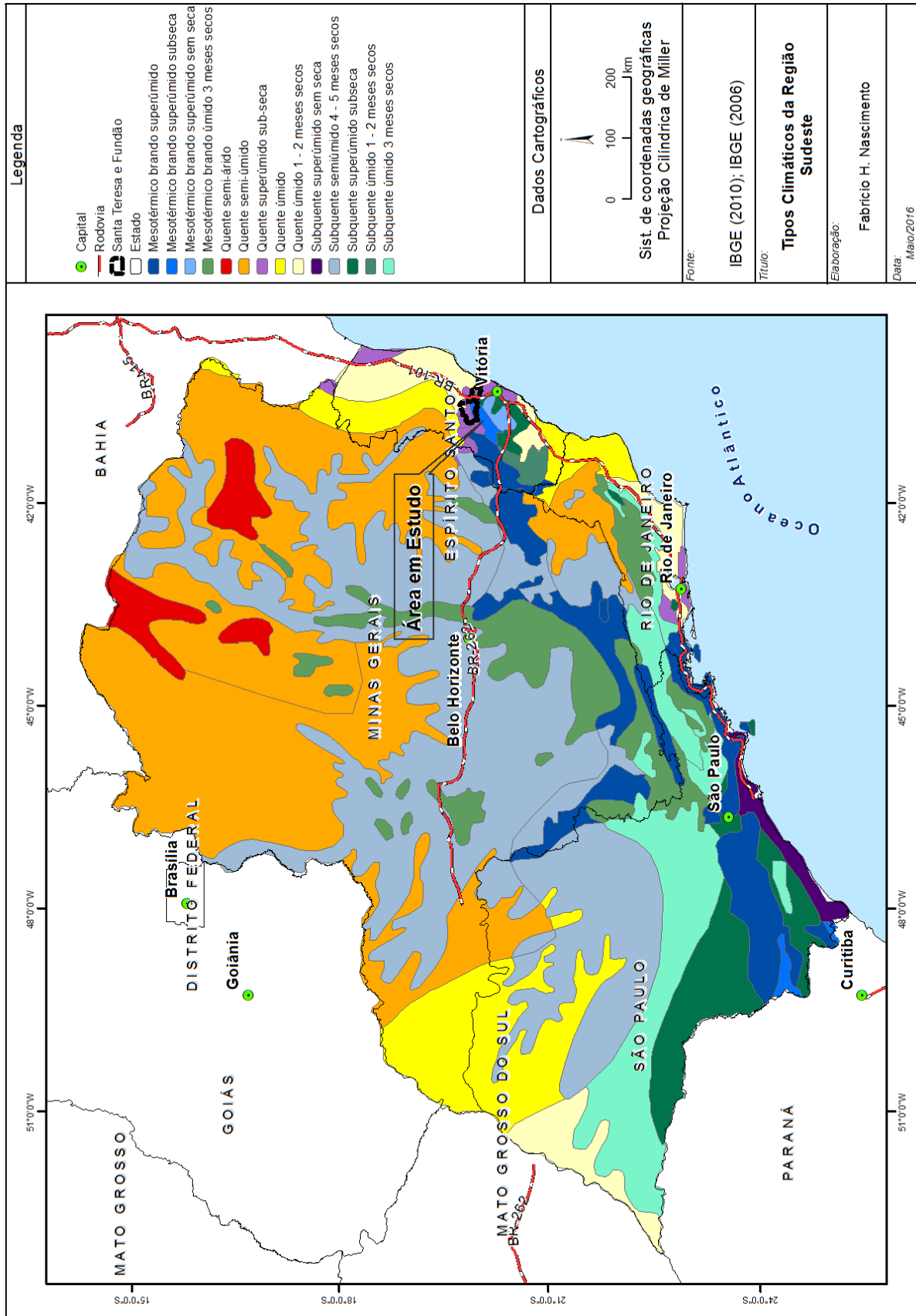
O período chuvoso na região Sudeste¹⁰ tem início, basicamente no mês de setembro e finaliza-se em março, sendo que o período seco inicia-se em abril e termina em setembro. Porém, na porção sul da região ele começa em outubro, em função da Frente Fria. Na porção norte observa-se um atraso de pelo menos três meses, coincidindo com a atuação da ZCAS em dezembro (ALVARENGA, 2012).

Lima et al., (2010) mencionam dois fatores principais que estão associados às precipitações intensas no Sudeste do Brasil, que são a elevação da Temperatura de Superfície do Mar (TSM), e a altitude. Segundo os autores, a orografia atua como barreira, força o levantamento e confina o fluxo de ar em determinada região. A região Sudeste, por ter uma topografia relativamente complexa, favorece este tipo de situação.

O Espírito Santo, localizado entre as latitudes 17°52'S e 21°19'S e as longitudes 39°38' e 41°50' Oeste de Greenwich, ou seja, numa região tropical, assim como a região Sudeste, apesar de sua pequena extensão territorial apresenta uma diversidade muito grande no que se refere ao clima. Tal diversidade pode ser evidenciada através de sua agricultura complexa que, apresenta culturas dos tipos tropical, subtropical e até mesmo temperado (FEITOZA, et al., 1999).

¹⁰ Há diversos métodos para se definir os períodos seco e chuvoso da região Sudeste do Brasil. Barbieri (2007), em sua dissertação de mestrado, aponta dois métodos para se estimar o início de uma estação. O método das anomalias da Radiação de Ondas Longas (ROL), e o método que se vale de dados diários de precipitação (na forma de pentadas) provindos de estações meteorológicas. O autor destaca que o método da ROL é um método de grande confiabilidade, pois, a ROL esta associada às atividades convectivas. Assim, para se estabelecer o início da estação chuvosa, é necessário que se utilize a série de dados, tanto de precipitação como de ROL, na forma de pentadas, ou seja, cinco dias consecutivos de maiores quantitativos de chuva. Neste contexto, o período de maior concentração de chuva no Sudeste Brasileiro é observado entre os meses de setembro a março, enquanto os meses mais secos são observados entre maio a início de setembro.

Figura 5 – Tipos climáticos da região Sudeste segundo o IBGE (2006).



Organizado pelo autor/2016.

Segundo a classificação climática do IBGE (2006), dos quatorze subtipos climáticos que caracterizam o Sudeste, dez subtipos podem ser encontrados no Espírito Santo. Neste contexto, o estado mencionado possui subtipos climáticos de quente e subquente a mesotérmico (Figura 6).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2005), essa diversificação climática do estado supracitado justifica-se, sobretudo, pela posição geográfica, já mencionada anteriormente, e devido ao relevo. Além disso, o Espírito Santo é marcado pelo encontro de massas de ar e influenciado pelo *Sistema Tropical Atlântico*, predominando grande parte do ano, bem como pelo *Sistema Equatorial Continental*, gerando linhas de instabilidade e provocando grande parte das chuvas no estado (MMA, 2005).

Em relação as precipitações, Simões (1951) afirma que as médias anuais da pluviosidade variam de acordo com a posição de cada estação meteorológica do estado. Por exemplo, no litoral, devido a forte influência do mar, os quantitativos de chuva são distintos dos mensurados em regiões serranas. Enquanto nas regiões litorâneas as chuvas, geralmente são menos abundantes, as áreas mais serranas recebem maiores quantitativos de chuva ao longo do ano, o que permite considerar que o relevo constitui-se o principal fator de distribuição e intensificação da pluviosidade no Espírito Santo.

Silva et al., (2011), afirmam que as precipitações no estado são influenciadas pela maritimidade/continentalidade, pelo relevo e pelas linhas de instabilidades (IT), sobretudo no verão, entre os meses de novembro a janeiro, os de maiores quantitativos pluviométricos do estado (coincide com o período chuvoso da região Sudeste). Na estação de inverno, há influência de sistemas produtores de tempo, como o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (SILVA et al., 2011).

Os pesquisadores supracitados, com base em 110 postos meteorológicos, 94 no Espírito Santo e 16 em estados vizinhos, observaram que os meses de novembro a fevereiro apresentam os maiores volumes de chuva no estado, de 200mm a acima de 280mm. Os autores ressaltam que as localidades que apresentam as maiores

quantidades de chuva são as áreas mais elevadas do estado, comprovando a existência de uma forte relação da altitude com a distribuição das chuvas. Essas áreas mais elevadas estão sujeitas à entrada dos ventos alíseos e de massa de ar quente de origem marítima, e que sob influência da altitude recebem chuvas nas áreas à barlavento.

A Figura 7 apresenta a distribuição média anual da pluviosidade no Espírito Santo, com base nos dados de estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), em uma série histórica de 1967 a 2012.

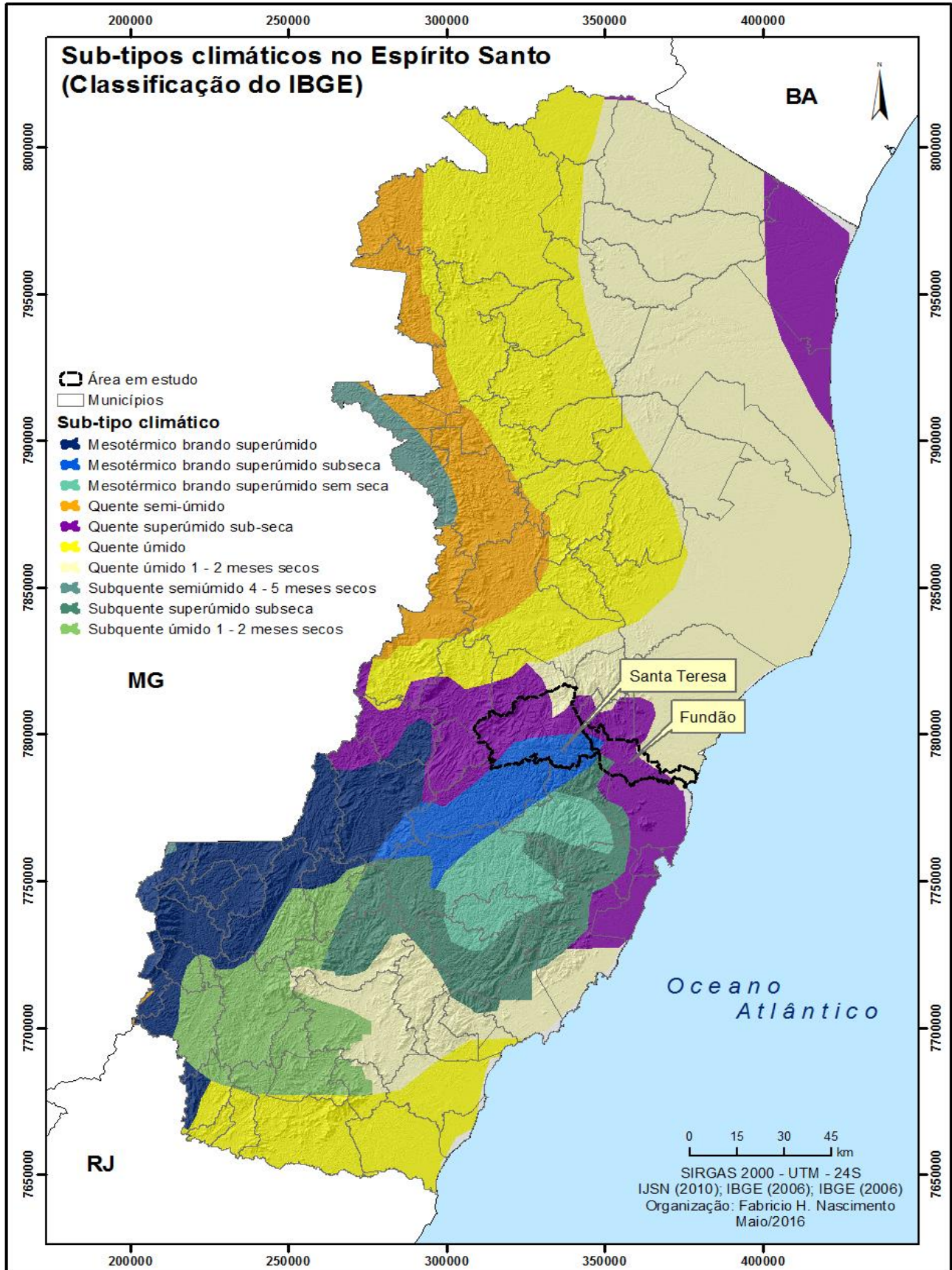
Segundo Bernardes (1951), no que tange as temperaturas, a maior parte do Espírito Santo é caracterizada por temperaturas elevadas, que alcançam médias superiores a 22°C no mês mais quente e 18°C no mês mais frio. Com excessão dos municípios da região Serrana do estado, que possuem temperaturas abaixo de 20°C em boa parte do ano.

Assim, segue a autora:

Na zona serrana, as modificações climáticas se devem, pois à variação dos dois elementos, temperatura e precipitação, agindo isolada ou conjuntamente em função de diversos fatores, especialmente, da altitude e da exposição: a primeira tornando a temperatura mais baixa e o clima mais ameno e a exposição aos ventos úmidos ocasionando uma precipitação mais abundante, mesmo nos meses de inverno (BERNARDES, 1951, p. 621).

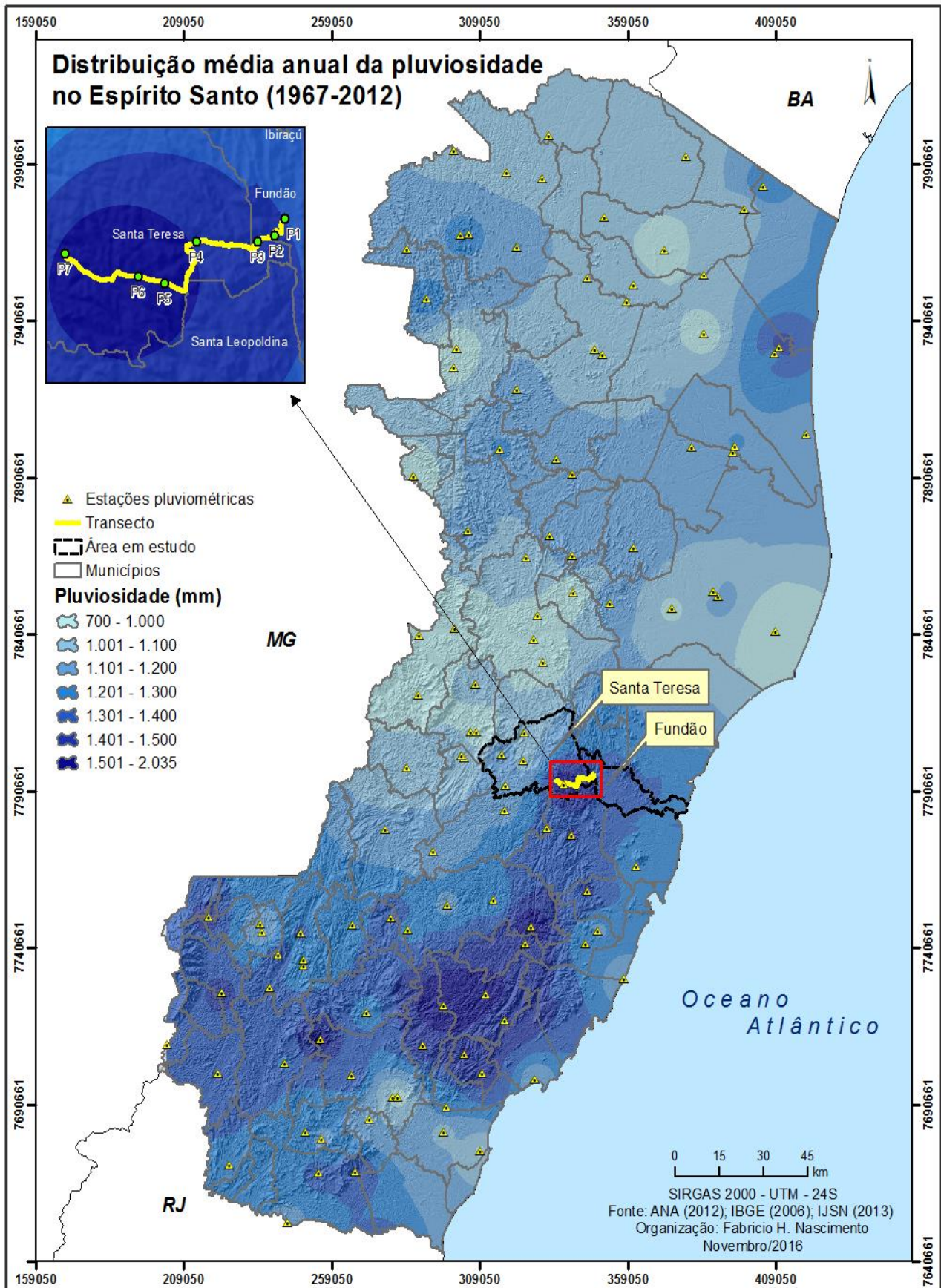
De acordo com o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER, 2013), durante o verão há mudanças bruscas nas condições de *tempo* do estado, devidas à instabilidade termodinâmica, que são as altas taxas de umidade em detrimento do aquecimento diurno, que favorece a formação de nuvens convectivas e chuvas fortes. Neste contexto, a média acumulada de precipitação nesta estação fica acima dos 500 mm nas regiões noroeste, serrana e Caparaó capixaba, entre 300 mm e 400 mm no litoral e 400 mm e 500 mm nas demais regiões.

Figura 6 – Caracterização climática para o Espírito Santo segundo o IBGE (2006).



Fonte: IBGE. Organizado pelo autor/2016.

Figura 7 – Distribuição média anual da pluviosidade no Espírito Santo.



Fonte ANA (2012). Organizado pelo autor/2016.

De acordo com a Figura 7, é possível perceber que as áreas que mais recebem chuva, acima de 1.300 mm, estão localizadas, em boa parte, nas maiores altitudes, na porção Centro-Sul, Sudoeste, próximo ao Caparaó capixaba e na região Serrana. O município de Santa Teresa é um dos que recebe maior acumulado de precipitação, acima de 1.300mm. Esse fato corrobora com a suposição inicial do trabalho de que, o relevo, impõem uma distribuição heterogênea da pluviosidade sobre o território capixaba.

Por outro lado, é observado que as menores concentrações de precipitação ocorrem na faixa litorânea, sobretudo nos municípios de Vitória, Serra e Linhares, ou seja, em locais com altitudes mais baixas, sobretudo no período de inverno que, há a influência de frentes frias provindas do sul do Oceano Atlântico. Além disso uma parte do Norte e Noroeste do estado recebem menores quantidades de chuva, abaixo de 1.100 mm. Estas, devido as condições topográficas, recebem o fenômeno “sombra de chuva”, conquanto que no Norte, há uma forte intrusão do ASAS, fato que corrobora na diminuição dos totais pluviométricos nestas áreas (SILVA et al., 2011).

Fato digno de nota são as porções Central Norte e Oeste do estado, na altura dos municípios de Colatina, São Roque do Canaã e Baixo Guandu que, também recebem poucas chuvas ao longo do ano. Isso pode ser explicado devido ao fator orográfico, pois, essas áreas recebem o que se denomina sombra de chuva, pois, localizam-se à sotavento das áreas mais elevadas. Assim, as nuvens carregadas de chuva provindas do oceano Atlântico encontram altas altitudes nas regiões Serrana e Central Serrana e dissipam a barlavento (encosta ativa ao processo), conquanto que os municípios citados recebem volumes bem menores de precipitação, abaixo dos 1000 mm.

No inverno, o Espírito Santo é caracterizado pelo período mais seco do ano, sendo que o principal sistema meteorológico que atua sobre o estado são as Frentes Frias e a Massa de ar Polar Atlântica (mPa), que, além de diminuir as precipitações, que ficam em média abaixo dos 100 mm na porção oeste, e 200 mm e 300 mm na porção sudeste e em torno dos 100 mm e 200 mm nas demais regiões. Além disso, a ação desses sistemas meteorológicos diminui também as temperaturas (INCAPER, 2013).

No que se refere à circulação atmosférica, segundo a Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE, 2016), a distribuição geral dos ventos sobre o Brasil afeta o Espírito Santo, e são controlados, basicamente, por fatores sinóticos e a circulação geral da atmosfera (CGA). Neste contexto, o estado capixaba está localizado numa zona de predomínio da influência do centro de alta pressão do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), favorecendo a ocorrência de ventos dos quadrantes Leste (E) e Nordeste (NE).

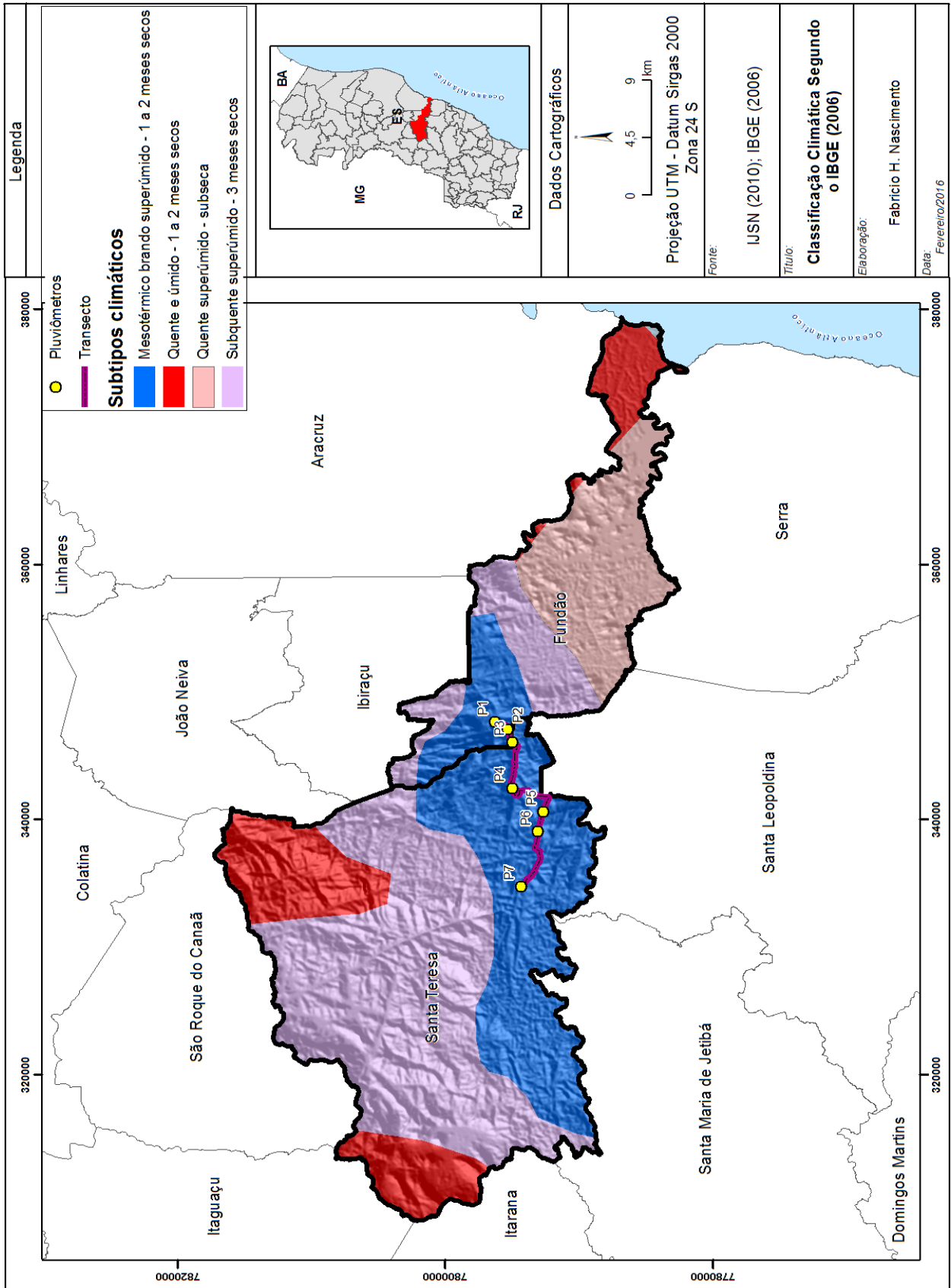
2.2.3 – O clima da área em estudo no contexto local

Para entender o tempo e o clima de um determinado lugar da superfície da Terra, é muito importante que se compreenda os fatores que os influenciam, tais como, a insolação recebida, a natureza da superfície, à distância em relação aos corpos hídricos, a latitude e o relevo, bem como da velocidade e direção dos ventos. Sendo assim, para melhor entender a climatologia da área em estudo é importante que se analise os fatores estáticos e os fatores dinâmicos do local¹¹ (AYOADE, 2013).

Segundo INCAPER (2013), o município de Fundão está inserido na classificação de Köppen, no clima Aw, ou clima tropical, com verão úmido e quente e inverno frio e seco. Na classificação do IBGE (2006), o objeto de estudo é influenciado por, pelo menos, quatro domínios climáticos: o mesotérmico brando superúmido, com 1 a 2 meses secos; quente e úmido, de 1 a 2 meses secos; quente superúmido e subseco; e o superquente superúmido, com 3 meses secos. Já em Santa Teresa é do tipo Cwa (subtropical de inverno seco), com temperatura média em torno dos 18°C, sendo que o mês mais frio a temperatura do ar varia entre 15 a 18°C (FERREIRA, et al., 2013) (Figura 8).

¹¹ Segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007), os fatores estáticos referem-se às características espaciais de um determinado local, como, a altitude, a latitude, a vegetação, a continentalidade, a maritimidade e as atividades humanas. Já os fatores dinâmicos da atmosfera, referem-se as correntes oceânicas, as massas de ar e as frentes.

Figura 8 – Domínios climáticos para Fundão e Santa Teresa, conforme o IBGE (2006).

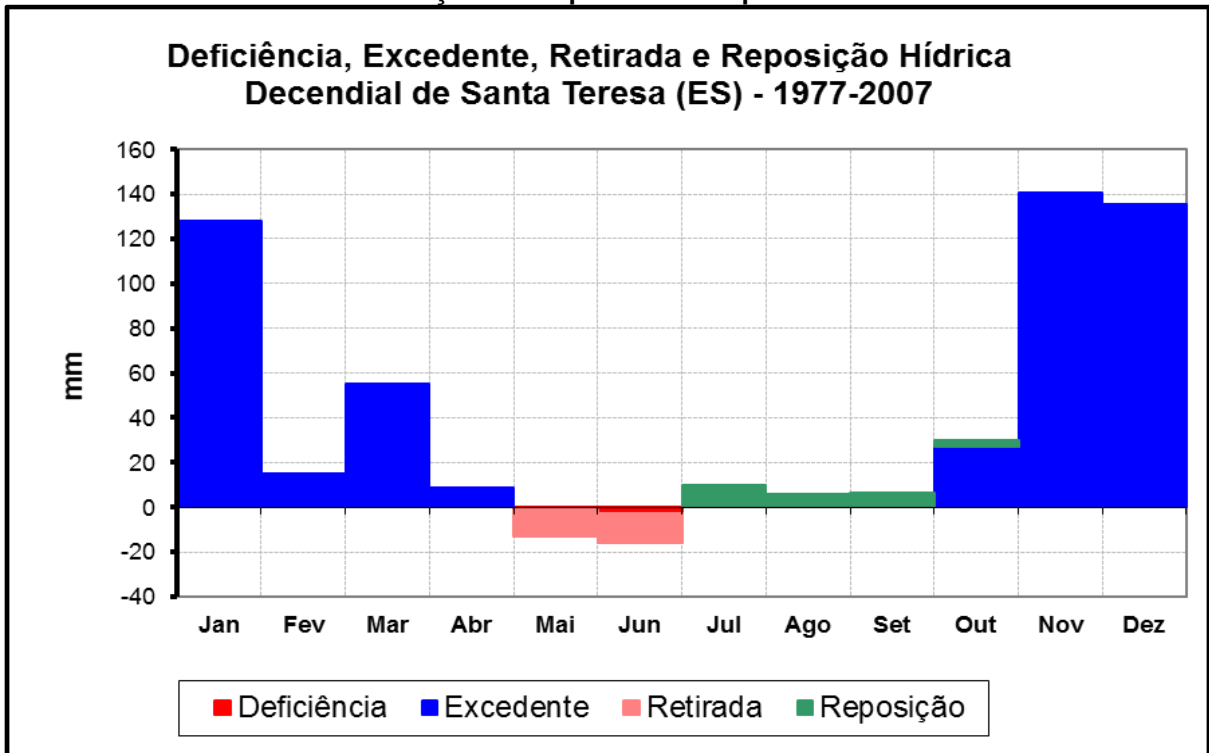


Organizado pelo autor/2016.

2.2.4 – Balanço hídrico e dinâmica da pluviosidade

Pela análise do Gráfico 1, que apresenta o balanço hídrico do município de Santa Teresa, percebe-se que os meses de maior deficiência (água que deixa de ser evapotranspirada pela vegetação) e retirada de água do sistema são os meses de maio a junho, coincidindo com o período seco da região Sudeste do Brasil, e consequentemente, com a área em estudo. Sendo assim, estes meses necessitam de uma maior atenção por parte dos tomadores de decisão no que se refere ao uso e gestão dos recursos hídricos. Os meses de reposição de água no sistema referem-se aos meses de julho a setembro. Em contrapartida, os meses de maior excedente hídrico (água sujeita a infiltração, processo de percolação e/ou escoamento superficial) referem-se aos meses de novembro a janeiro (concentrando mais de 70% das chuvas no local), período chuvoso no Sudeste brasileiro, acarretando em excesso de água no solo (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Balanço hídrico para o município de Santa Teresa.



Fonte: INMET. Organizado pelo autor/2016.

Segundo Nobrega et al., (2008), Santa Teresa, por exemplo, devido a disponibilidade hídrica no período chuvoso, apresenta aptidão agrícola ao cultivo da videira. No entanto, é preciso o correto manejo da mesma, pois, “[...] o excesso de chuvas pode ocasionar doenças na cultura” (p.4).

Corroborando com a ideia acima, Candido; Nunes (2008), dizem que a agricultura pode ser consideravelmente afetada pelos montantes de precipitação, pois, cada tipo de cultura necessita de uma demanda específica de água, “cuja falta ou excesso pode ser prejudicial à planta” (p.10).

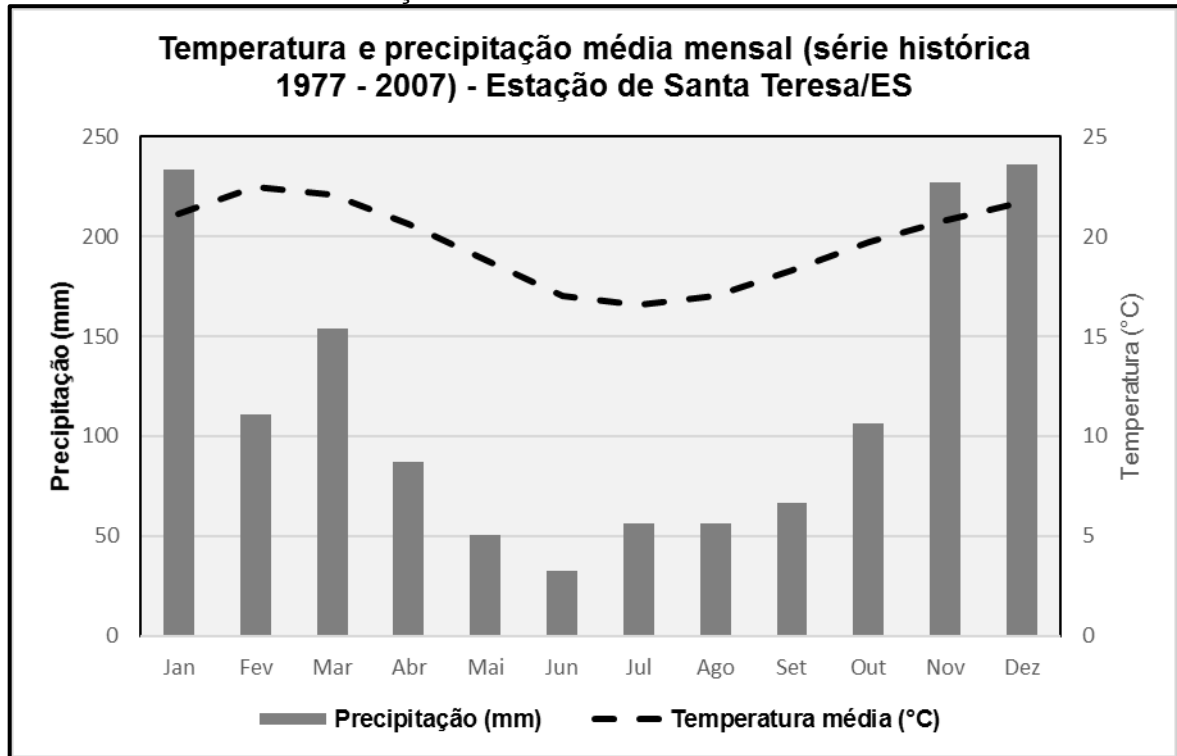
2.2.5 – Pluviosidade e temperatura média mensal (série histórica 1977-2007)

Para a caracterização da pluviosidade e da temperatura do ar, foram utilizados os dados de precipitação média mensal e temperatura média mensal, fornecidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), série histórica de 1977 – 2007. Os dados são representados em forma de gráfico de barra, por meio do *software* Excel, conforme Gráfico 2.

Pela análise do gráfico, nota-se que os meses de maior concentração de chuva referem-se a outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (período chuvoso), correspondendo a mais de 60% das chuvas, com destaque para os meses de novembro, dezembro e janeiro, que apresentaram valores acima de 230mm. Em contrapartida, os meses de maio a setembro (período seco) apresentaram os menores valores de precipitação, abaixo dos 67mm, com destaque para o mês de junho, com apenas 32,3mm, coincidindo com o período do ano de deficiência hídrica, conforme o gráfico 1.

No que se refere à temperatura média mensal, as maiores temperaturas coincidem com os meses de maior pluviosidade, nos meses de outubro a janeiro, conquanto que as menores temperaturas coincidem com os meses de menor pluviosidade. Certamente, a área em estudo é bastante influenciada pelos fatores do clima que influenciam a região Sudeste do Brasil, pois, os períodos seco e chuvoso da localidade coincidem com os do Sudeste brasileiro.

Gráfico 2 – Climatologia da pluviosidade e da temperatura do ar entre 1977 - 2007, com base na estação convencional de Santa Teresa.



Fonte: INCAPER (2016). Organizado pelo autor/2016.

2.3 – Fatores estáticos

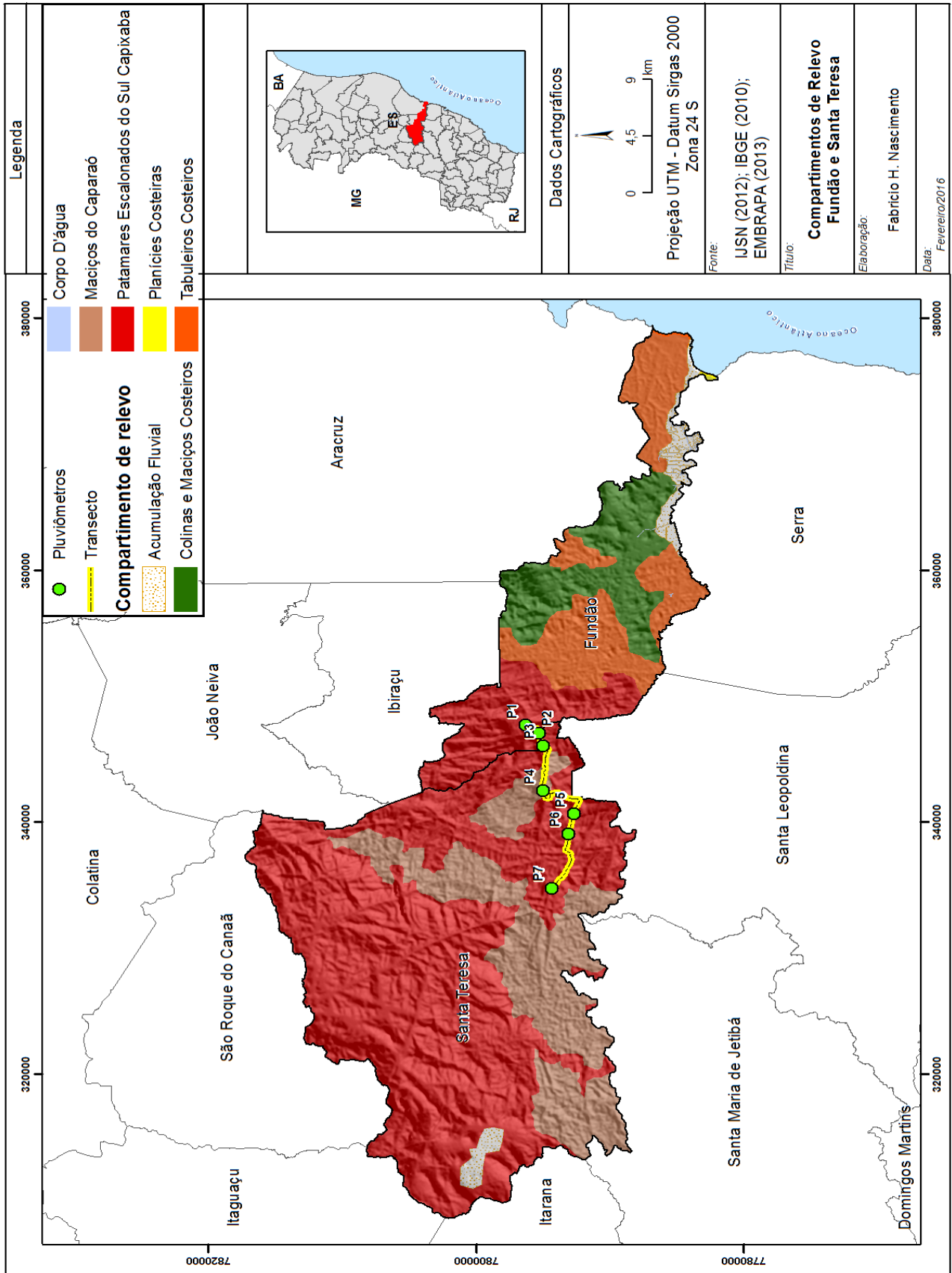
2.3.1 – Geomorfologia

É fato conhecido de muitos que o entendimento das características do relevo é fundamental para a compreensão dos fatores ambientais de um lugar, dos fatores meteorológicos, e em especial da precipitação, sobretudo a do tipo orográfico. Além disso, vários problemas podem acometer a sociedade devidos as formas do relevo e a intensificação das chuvas (BLANCO, 2000; BLANCO; MASSAMBANI, 2001)¹². Por isso, doravante serão tratados os aspectos do relevo dos municípios abarcados pelo transecto, haja vista que, há uma intrínseca relação com estes com os fatores do clima.

Do ponto de vista geomorfológico, o transecto estudado é caracterizado por duas principais unidades geomorfológicas: Maciços do Caparaó e dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba. A primeira unidade é caracterizada pelo seu modelado intensamente dissecado, altitudes em torno dos 600 metros (Figura 9).

¹² BLANCO, C. M. R.; MASSAMBANI, O. Intensificação orográfica e sua relação com escorregamentos de encostas: o caso de janeiro de 1998. 2001.

Figura 9 – Unidades geomorfológicas de Fundão e Santa Teresa (ES).



Fonte: IJSN (2012). Organizado pelo autor/2016.

A segunda unidade é caracterizada pelos níveis de dissecação escalonados formando patamares, delimitada por frentes escarpadas e falhas voltadas para noroeste e queda topográfica para sudeste, dando a ideia de blocos basculados devido a impulsos epirogenéticos relacionados a ciclos geotectônicos (IJSN, 2012). No entanto, o município de Fundão é coberto por quatro unidades geomorfológicas, que são: Acumulação Fluvial (nesta em períodos de intensa pluviosidade ocorre processos de inundação), Tabuleiros Costeiros, Colinas e Maciços Costeiros e a unidade dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba.

No que tange a altitude, o relevo dos municípios varia de plano a fortemente ondulado, com variação altimétrica entre 0 a 880 metros, no limite com Santa Teresa, próximo ao pico Guaiapaba-Açu. Em relação a clinografia, o município possui cerca de 60% de seu território (aproximadamente 285 km²) com declividades inferiores a 30% (INCAPER, 2013), e boa parte dessas áreas ainda encontra-se conservadas com remanescentes de vegetação arbórea de Mata Atlântica. É importante mencionar que, são nestas áreas que ocorrem os maiores volumes de pluviosidade na área em estudo.

Santa Teresa, região Central Serrana do Espírito Santo, é composta por Maciços do Caparaó, os Patamares Escalonados do Sul Capixaba e uma pequena área de Acumulação Fluvial (IJSN, 2012). O relevo varia de plano a escarpado e declividades que variam de 8 a acima de 75%. De áreas com serras elevadas e onduladas, o município possui 335,97 km² a 201,57 km², respectivamente, dos seus 687,10 km², escarpado e plano juntos somam cerca de 135 km² (INCAPER, 2013).

2.3.2 – Recursos hídricos e aspectos da vegetação

A área em estudo apresenta uma hidrografia bastante complexa. Servida de uma ampla rede de drenagem, o objeto em estudo é influenciado pelas Bacias Hidrográficas do rio Doce, do rio Reis Magos e um pequeno trecho influenciado pela bacia do rio Riacho (AGERH, 2016).

Segundo o INCAPER (2013), o município Santa Teresa possui nascentes de vários rios importantes para o estado, como a do córrego Triunfo e córrego Piabas. Os

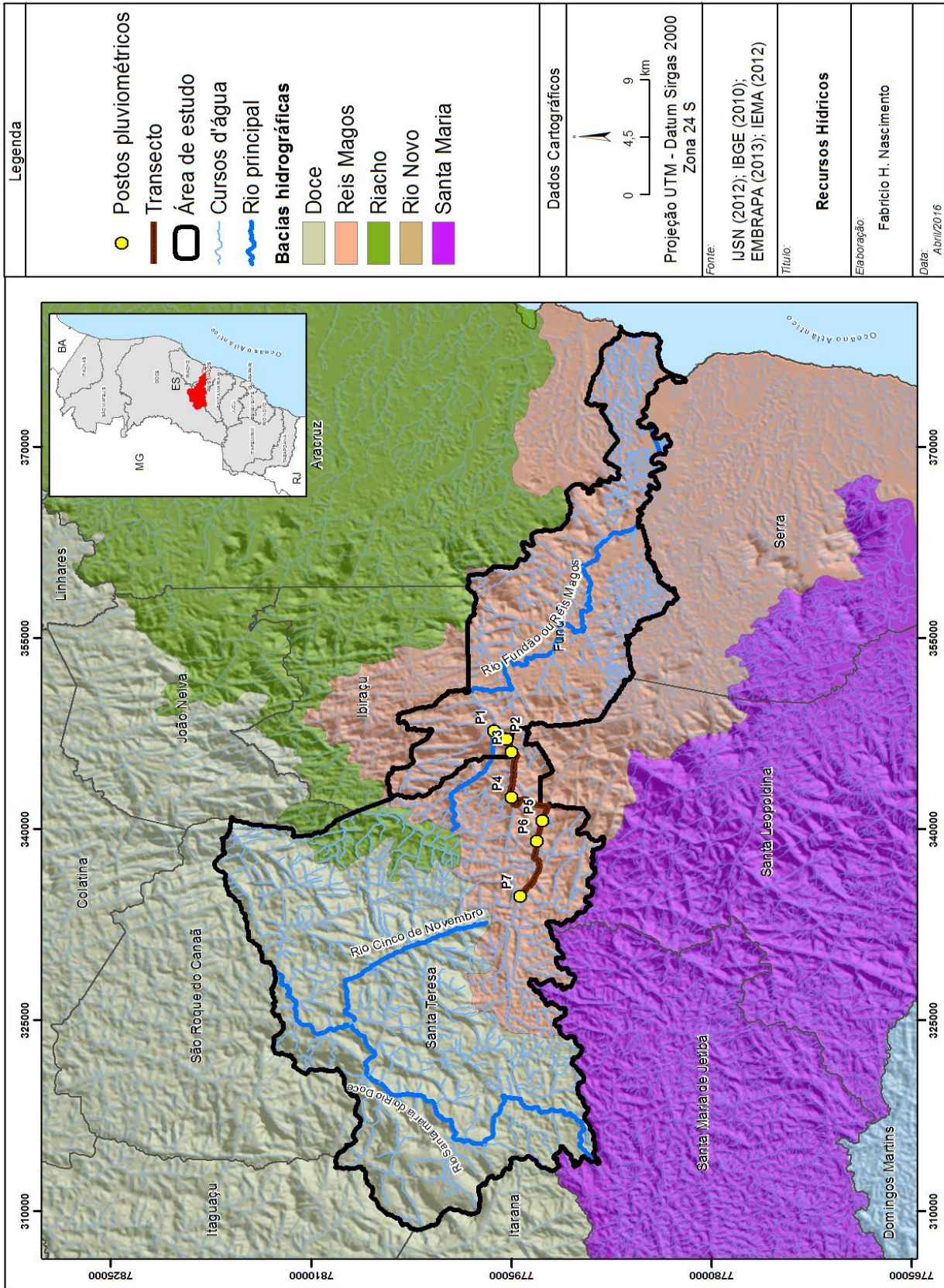
principais cursos d'água do município nascem nas áreas mais altas do local, que podem ultrapassar os 1.000 metros de altitude, e nas áreas que recebem os maiores volumes de precipitação, indo em direção as regiões mais baixas, reduzindo assim, o problema com abastecimento de água. Abaixo é apresentado um mapa da rede de drenagem da área em estudos e as bacias hidrográficas que influenciam os municípios mencionados (Figura 10).

No que se refere ao quadro vegetal, o Estado do Espírito Santo certamente se destaca devido ao quadro fitogeográfico. Segundo Vale (2004), no estado é possível encontrar diversos tipos de sistemas naturais existentes no Brasil, isso em função das condições naturais do Espírito Santo, em especial do quadro climático. Em Fundão e Santa Teresa, por exemplo, é possível se observar esta diversidade fitogeográfica, bem como dos tipos climáticos.

Os municípios abarcados pelo transecto apresentam, basicamente, vegetação da Mata Atlântica preservada. Aliás, um dos poucos municípios do país que possuem reservas de Mata Atlântica bem preservadas. Esta preservação talvez se deva ao fato de o relevo local possuir altitudes bem elevadas e dissecadas, o que, de certa forma, inviabiliza a ocupação humana destas áreas. No entanto, em meio à vegetação natural, em alguns trechos há a presença de áreas agrícolas que se confundem com o quadro natural do lugar, bem como a cultura do eucalipto (Figura 11).

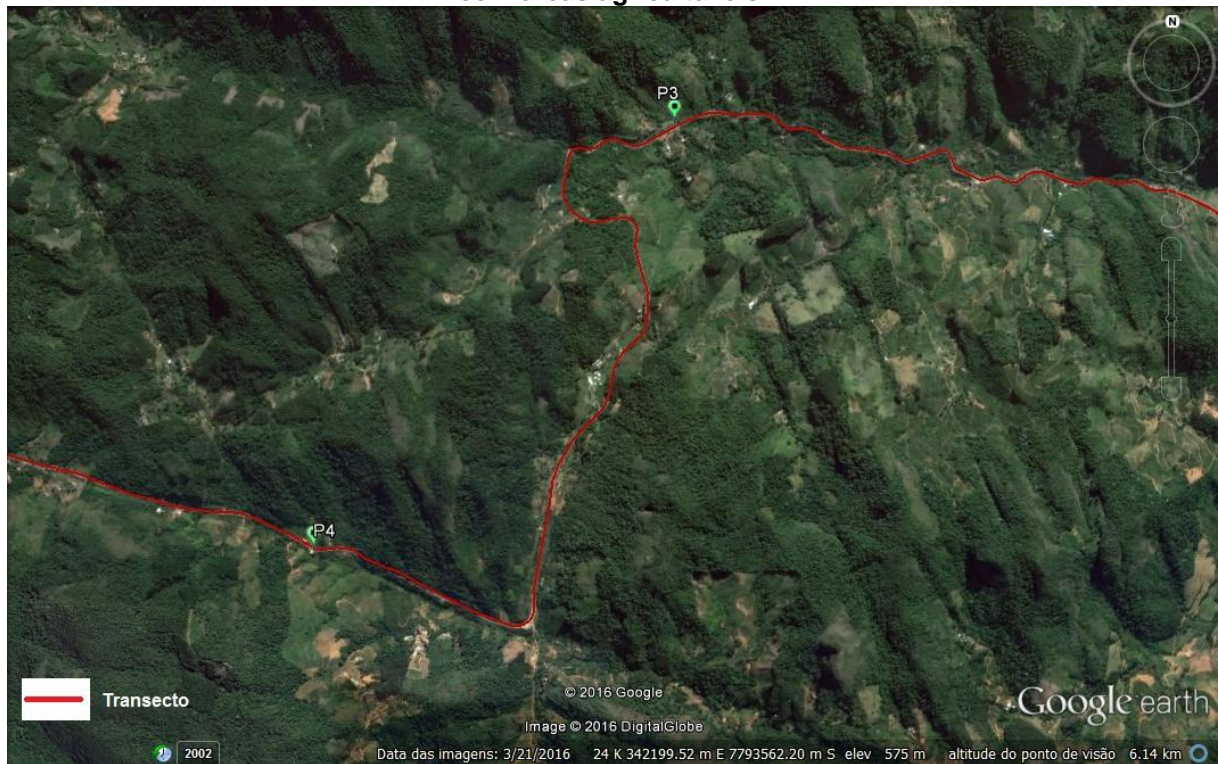
No entanto, apesar de Santa Teresa possuir cerca de 40% de seu território coberto por vegetação de mata nativa, este município vem sofrendo com os impactos em função da ocupação humana desordenada, a exemplo da exploração dos recursos naturais para atividades econômicas, áreas para cultivo e criação de animais, entre outras, o que têm trazido diversos problemas ambientais, como, a degradação do solo, o assoreamento de rios que, em consequência disso, em períodos de chuvas intensas podem acarretar inundações no município, erosão, baixa capacidade de retenção de água no solo, etc. (INCAPER, 2013).

Figura 10 – Rede de drenagem da área em estudo.



Fonte: IEMA (2012). Organizado pelo autor/2016.

Figura 11 – Imagem aérea de um trecho do transecto contrastando o quadro vegetal natural com áreas agricultáveis.

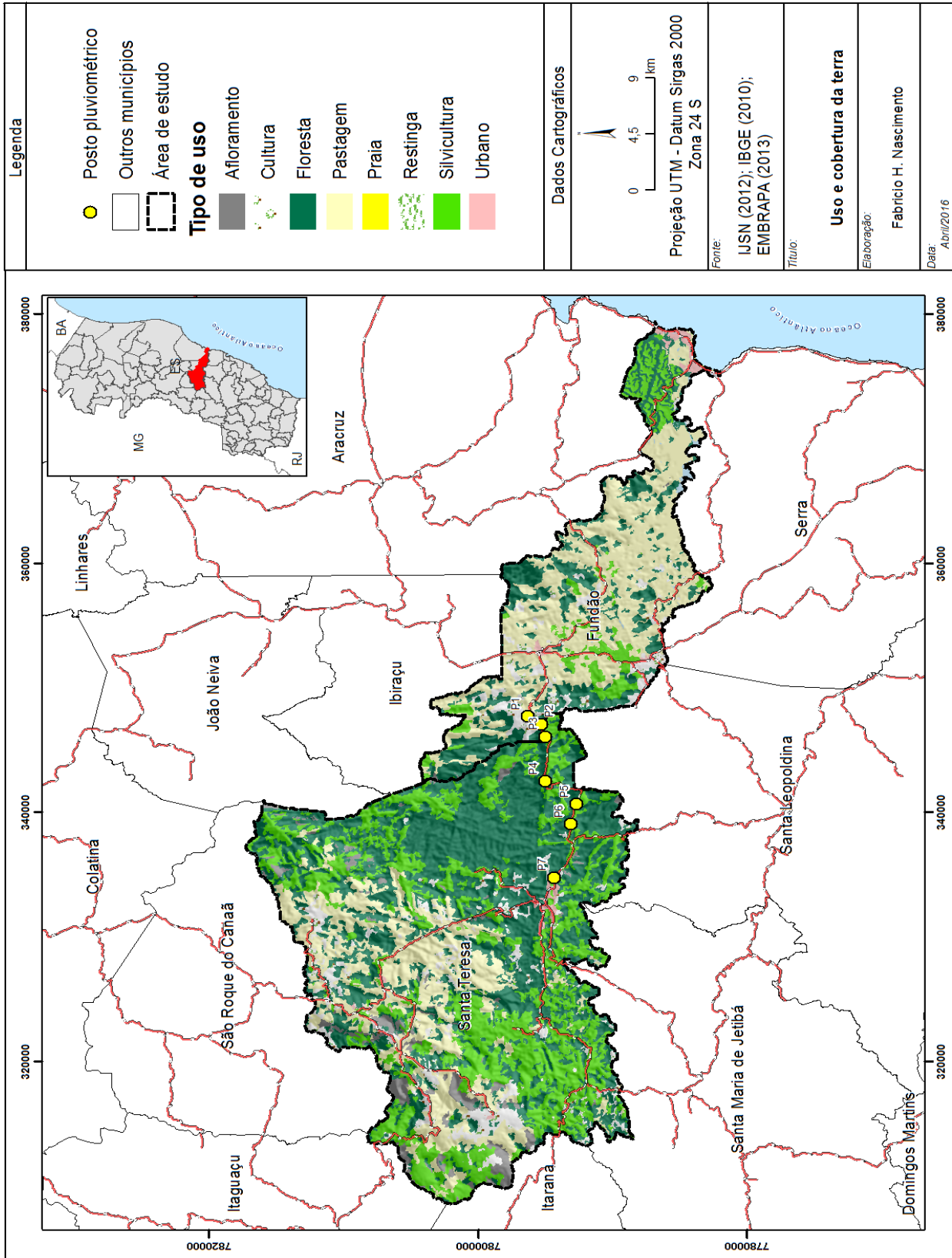


Fonte: Google Earth (2016). Organizado pelo autor/2016.

2.3.3 – Uso e cobertura da terra

De acordo com o instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2010), a área em estudo é caracterizada por usos diversos, como, silvicultura, urbano, pastagem, áreas de afloramentos rochosos, dentre outros (Figura 12). A Tabela 1 e o Gráfico 3 mostram a relação das áreas dos diferentes usos e cobertura da terra e seus respectivos percentuais, considerando que os municípios percorridos pelo transecto, que possuem juntos 970 km² de área.

Figura 12 – Uso e cobertura da terra em Santa Teresa e Fundão.



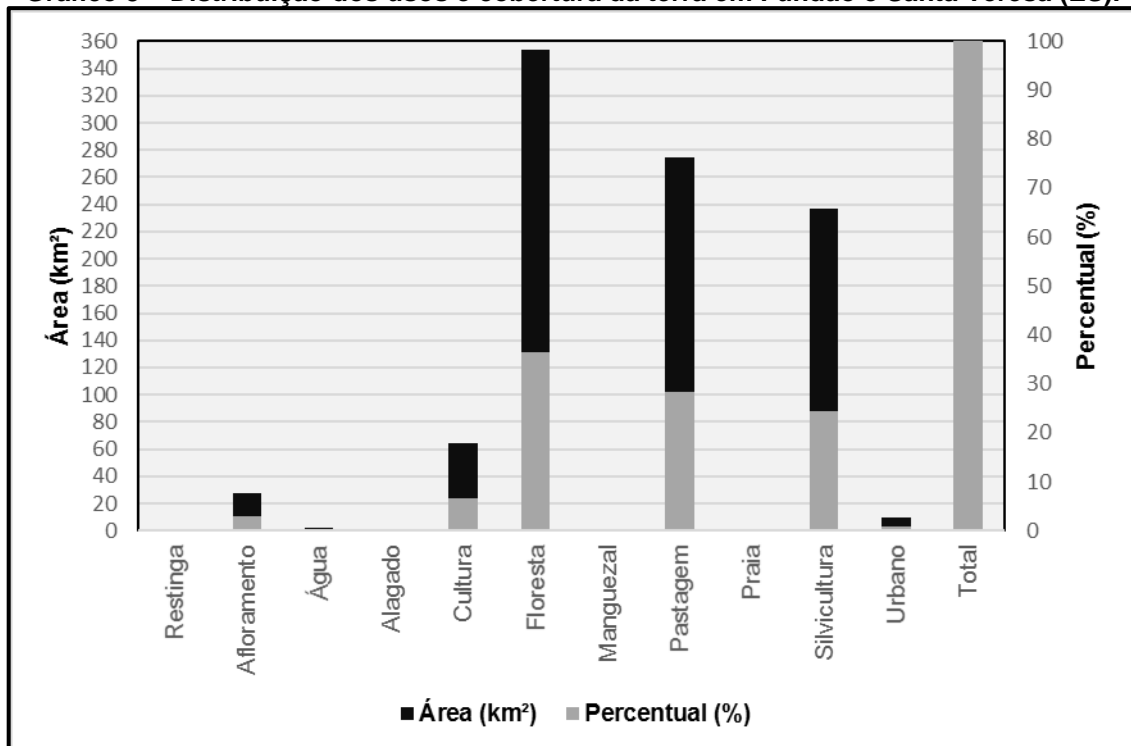
Fonte: (IJSN, 2010). Organizado pelo autor/2016.

Tabela 1 – Distribuição dos usos e cobertura da terra em Fundão e Santa Teresa (ES).

Usos	Área (km ²)	Percentual (%)
Restinga	0,08	0,01
Afloramento	27,38	2,82
Água	1,81	0,19
Alagado	1,43	0,15
Cultura	64,19	6,62
Floresta	353,41	36,43
Manguezal	0,14	0,01
Pastagem	274,88	28,34
Praia	0,17	0,02
Silvicultura	236,99	24,43
Urbano	9,40	0,97
Total	970	100

Organizado pelo autor/2016.

Gráfico 3 – Distribuição dos usos e cobertura da terra em Fundão e Santa Teresa (ES).



Organizado pelo autor/2016.

2.4 – Fatores sócio-econômicos

2.4.1 – População e socioeconomia

O município de Fundão localiza-se a norte do estado do Espírito Santo e faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV). Limita-se ao sul com o

município de Serra, ao norte, com Ibirajú e Aracruz, a sudoeste com Santa Leopoldina e a Noroeste com Santa Teresa. Segundo dados do IBGE (2016), a população estimada para 2015 é de 19.985 habitantes distribuídos em uma área territorial de 288,72 km², com uma densidade demográfica de 58,97 habitantes/km². A economia do município é baseada nos setores industrial (128.205 reais, 51%), serviços (103.888 reais, 41,4%), e agropecuária (19.013 reais, 7,6%). Neste setor dar-se destaque ao cultivo do café que, possui uma área plantada de 2.788 ha (INCAPER, 2013).

Além disso, Fundão possui uma gama de opções para turismo. Neste contexto, no ponto mais alto do município, 880 metros de altitude, localiza-se uma parte da área de proteção ambiental (APA), o Parque Natural Goiapaba-Açu. No interior deste parque, funciona um prédio administrativo, um restaurante e um centro de recepção de visitas. Não obstante, o município também tem opção de praias, a praia Formosa, das Garças e Praia Grande (INCAPER, 2013). É válido lembrar que, a APA citada localiza-se entre os dois municípios estudados neste trabalho, ou seja, Fundão e Santa Teresa. Sendo assim, levando em consideração todo o parque sua área possui aproximadamente 36 km².

Santa Teresa faz parte da Região Central Serrana do Espírito Santo. Limita-se ao norte com o município de São Roque do Canaã, ao sul com o município de Santa Maria de Jetibá, a noroeste com Itaguaçu e a leste com o município de Fundão. De acordo com o IBGE (2015), possui uma população estimada de 23.735 habitantes, distribuídos em uma área de aproximadamente 683. 157 km², e uma densidade demográfica de 31,42 habitantes/km².

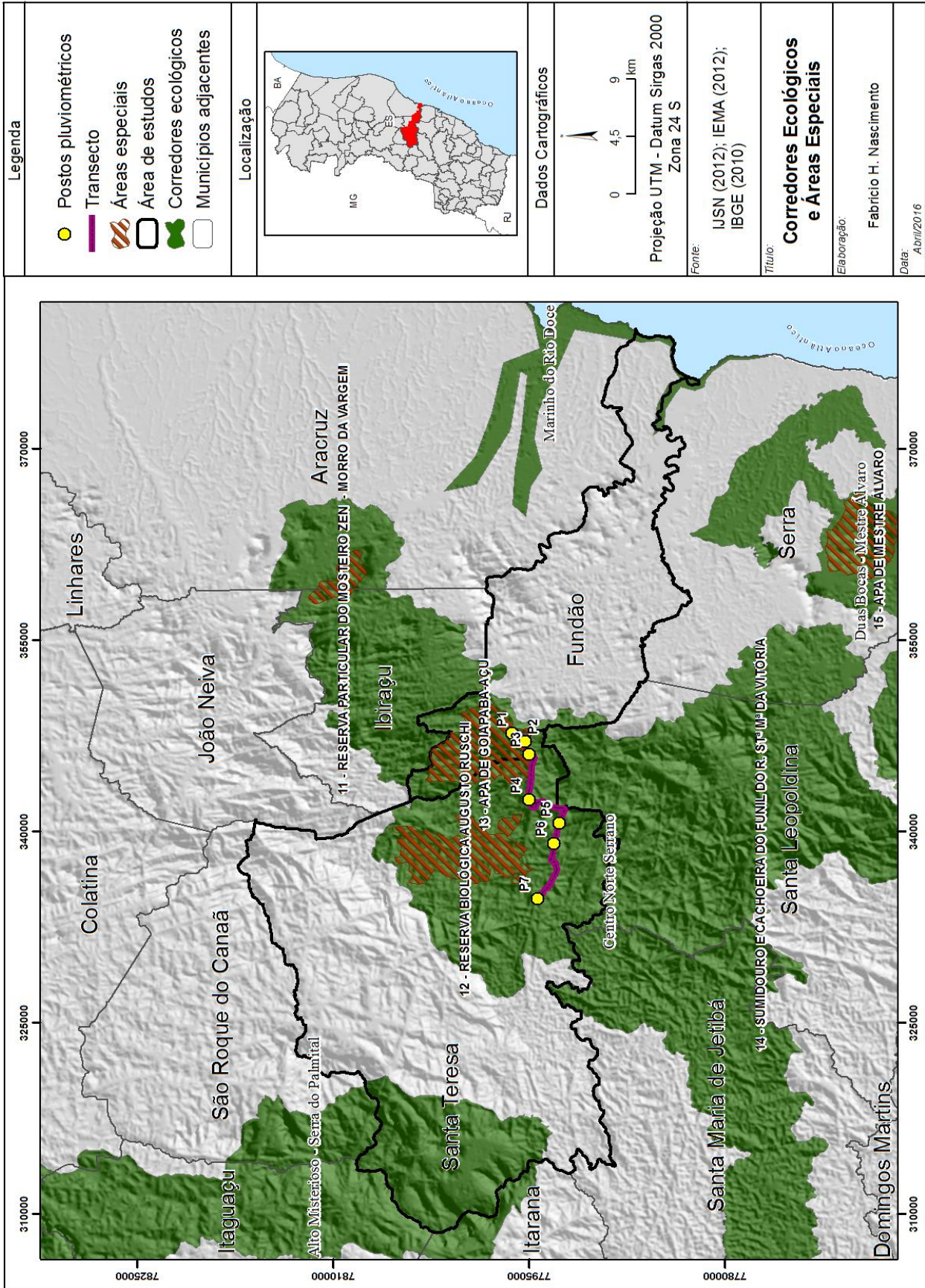
A economia do município é basicamente voltada ao setor de serviços (135.979 reais), a agropecuária (66.445 reais) e industrial (21.409 reais). Neste contexto, no que se refere a agropecuária, destaca-se a produção de café, olerícolas e frutas, a pecuária bovina, a pecuária de corte e de leite, derivados de leite, o eucalipto, aguardente, produção de vinhos, entre outras (IBGE, 2010; INCAPER, 2013).

Além disso, Fundão e Santa Teresa também apresentam um enorme potencial turístico, em função da grande quantidade e variedade de recursos naturais,

científicos e culturais. Segundo o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2013), nos municípios estudados há corredores ecológicos (Alto Misterioso, Centro Norte Serrano e um pequeno trecho do Marinho do Rio Doce); e áreas prioritárias (Região Serrana, Alto Misterioso e um pequeno trecho do Piraque- Açú e Piraque-Mirim), além da Reserva Biológica Augusto Ruschi (Figura 13).

Percebe-se dessa forma que, os municípios abarcados pelo transecto dependem dos recursos naturais, em função das atividades que são desenvolvidas nos mesmos, sobretudo das chuvas. Já é fato conhecido que, a agricultura é o setor que mais consome água em seu processo de produção, e que, a regularidade das chuvas e o conhecimento desta pode contribuir muito para a minimização do consumo de água por irrigação.

Figura 13 – Corredores ecológicos, segundo o IEMA.



Fonte: IEMA. Organizado pelo autor/2016

Capítulo 3 – Pressupostos Teórico-Methodológicos

3.1 – Concepções Geográficas de Clima e *Tempo*

As principais teorias que norteiam esta pesquisa são aquelas propostas por Sorre (1951, *apud* MEGALE, 1984) e Monteiro (1976), que dão à climatologia um caráter dinâmico, contrapondo a ideia estática de clima e de *tempo* estabelecida por Julius Hann e Köppen. Enquanto Hann, por meio de seu manual de climatologia intitulado “*Handbuch der klimatologie*”, apresentava o clima como um conjunto de fenômenos meteorológicos, Köppen entendia o clima como o conjunto das condições da atmosfera em cada lugar da superfície terrestre, de modo que este proporcionava condições de habitação para os homens, animais e plantas. Embora Köppen tenha dado os primeiros passos em direção à análise dinâmica do clima, seus estudos, na maioria das vezes, se baseavam em estatísticas por meio do cálculo das médias dos elementos do clima (SANT’ANNA NETO, 2002; ELY, 2006; MILANESI, 2007).

Neste trabalho, entende-se o *tempo* como “[...] o estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo em determinado lugar” (AYOADE, 2013). E Sorre (1951, *apud* MEGALE, 1984), afirma que “[...] cada tempo se define por uma combinação de propriedades a que chamamos de elementos do clima” (p.32). Enquanto o clima, segundo Sorre (2006, p. 2), corresponde “[...] à série de estados atmosféricos sobre determinado lugar em sua sucessão habitual”, ou seja, características que perduram durante um determinado período. Nesta concepção, pode-se compreender o “[...] clima segundo uma cadência rítmica de sucessão de tipos de tempo” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.15).

Assim, o clima na concepção de Sorre, ganha uma visão mais ampla que, além de considerar as leis da meteorologia, que são responsáveis pela circulação atmosférica, também considera o clima e sua relação com o lugar, sugerindo que o este possui um caráter complexo.

No que se refere aos elementos e fatores do clima, Mendonça; Danni-Oliveira (2007) os definem da seguinte forma:

Os elementos climáticos são definidos pelos seus atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local. Os mais utilizados para caracterizar a atmosfera geográfica são a temperatura,

a umidade e a pressão, que, influenciados pela diversidade geográfica, manifestam-se por meio da precipitação, vento, nebulosidade, ondas de calor e frio, entre outros (p. 41, grifo dos autores).

A grande variação espacial e temporal da manifestação dos elementos climáticos deve-se à ação de controles climáticos, também conhecidos como fatores do clima. A estes juntam-se os aspectos dinâmicos do meio oceânico e atmosférico, como correntes oceânicas, massas de ar e frentes, que atuando integradamente, irão qualificar os distintos climas da Terra. Os fatores climáticos correspondem àquelas características geográficas estáticas diversificadoras da paisagem, como latitude, altitude, relevo, vegetação, continentalidade/maritimidade e atividades humanas (p.41, grifo dos autores).

Emmanuel De Martonne (1948), afirma que os elementos do clima podem se dividir em três grupos, basicamente, levando em conta as propriedades físicas da atmosfera.

Assim, conforme menciona o autor:

Uma das mais importantes propriedades do invólucro aéreo do nosso globo é a de reter calor solar; daí a necessidade de se estudar a temperatura do ar. Uma outra é a de se rarefazer com a altura, sendo naturalmente as camadas mais baixas as mais densas. Porém, a lei dessa rarefação não é igual para todos os pontos, pois se encontram em todas as altitudes, massas de ar de densidades diferentes em contacto umas com as outras: Daí resultam necessariamente movimentos de ar. [...] Além do mais, a atmosfera contém ainda uma certa quantidade de vapor de água. Devido à evaporação das superfícies líquidas, absorve-o a todo o momento e desembaraça-se dele pela formação de nuvens, que se desfazem como chuva. Há, pois, um terceiro grupo de elementos do clima que se torna vantajoso estudar: evaporação, humidade atmosférica, nebulosidade e precipitação. (p.98).

Portanto, é perceptível que, embora pareça que os elementos do clima sejam abordados de forma separada, eles atuam em conjunto, influenciando e sendo influenciados por fatores diversos da paisagem proporcionando ao *tempo* e ao clima um dinamismo peculiar (SARAIVA, 2014).

Segundo Conti (2001, *apud* Milanesi, 2007), ao retomar a questão do método de análise em climatologia, afirma que, a análise mais dinâmica do clima não invalida os pressupostos da quantificação e estatísticos, aliás, eles são necessários. No entanto, cabe ao pesquisador adequá-los à sua investigação. Nesta mesma linha de reflexão, Sorre (2006) diz:

[...] meteorologistas e climatólogos podem fazer observações com os mesmos instrumentos, sobre os mesmos fenômenos como a temperatura, por exemplo. Eles elaboram séries registradas nos mesmos arquivos. Todavia, a apreciação da justeza e sensibilidade dos aparelhos, a crítica matemática das séries, o estudo das variações tendo em vista a previsão,

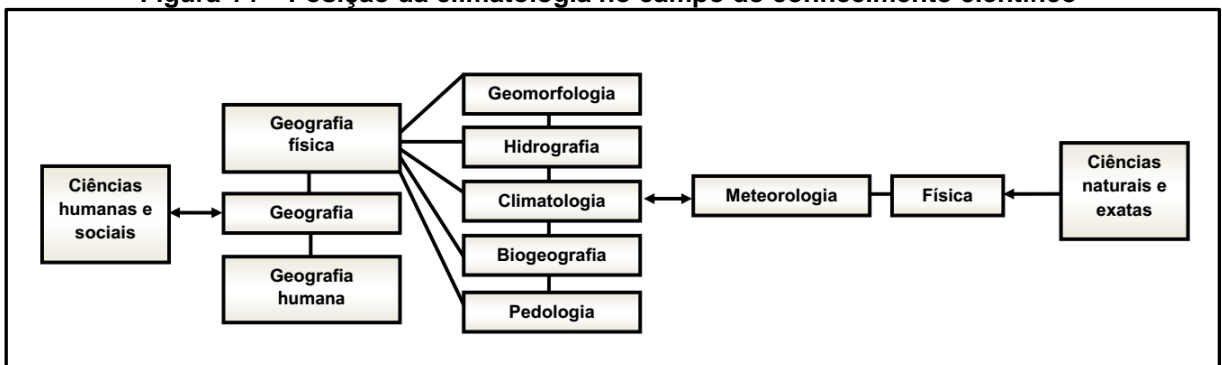
tudo isso é essencialmente da alçada do meteorologista. Ele é preparado para essa tarefa, pois a sua formação é a do físico. Aos olhos do climatólogo, a variação termométrica aparece primeiro como um elemento da particularidade climática de um lugar ou de uma região. Esta particularidade climática é, por sua vez, apenas um elemento das características geográficas, as quais compreendem, ainda, a forma do terreno, as águas, o mundo vivo. (p.89).

A partir desse ponto de vista o climatologista deve preocupar-se com as relações que se estabelecem entre o fenômeno que é físico, nesse caso a chuva, com os diversos fatores de ordem espacial do objeto de estudo, inclusive com a sociedade. Assim, essas novas concepções de *tempo* e clima lhes conferem noções de “ritmo” e “sucessões”, o que denota-os um caráter pulsante e dinâmico (SANT’ANNA NETO, 2002; ELY, 2006; MILANESI, 2007).

A Meteorologia e a Climatologia estão no bojo da história do homem, e durante muito tempo como um único ramo de conhecimento. Nesse contexto, os fenômenos atmosféricos eram estudados tanto de maneira específica quanto na sua espacialidade e temporalidade (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Portanto, enquanto a Meteorologia trata da dimensão física da atmosfera, abordando fenômenos meteorológicos como raios, trovões, descargas elétricas, nuvens, composição físico-química do ar, dentre outros; a Climatologia trata da interação dos fenômenos atmosféricos com a sociedade e com os outros fatores espaciais. Em uma particularidade, a Climatologia encontra-se no conjunto das ciências humanas e naturais (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, *op. cit.*) (Figura 14).

Figura 14 – Posição da climatologia no campo do conhecimento científico



Fonte: Mendonça; Danni-Oliveira (2007), modificado pelo autor/2016.

Jardim (2012) menciona que uma das peculiaridades de se estudar o clima na perspectiva geográfica, reside no fato de entendê-lo e compreendê-lo a partir da interação entre a atmosfera e os diferentes subsistemas terrestres, tais como, o relevo, as áreas urbanas, a vegetação e os sistemas agrícolas.

Ainda nesta perspectiva, Jardim (2012) aponta para o fato de que:

A compreensão de um fato climático sob a perspectiva geográfica exige que se reconheçam alguns aspectos: a gênese (origem, causa) do fenômeno, interação com os componentes do meio (relevo, uso da terra etc.) e sua repercussão sobre as organizações espaciais terrestres (ecossistemas florestais, áreas agrícolas, cidades etc.) (p.35).

Percebe-se que a descrição de um evento de chuva por si só, não garante ao geógrafo uma compreensão do fenômeno como um todo. Para este profissional, é de suma importância tentar sempre identificar a origem do fenômeno, se é provocado por fatores locais ou se é provocado por fatores de escalas regionais ou globais. Dessa forma, começa-se a perceber a importância da correta definição da escala de análise, que será discutida no item a seguir.

Ely (2006), atribui a Humboldt as primeiras análises do ponto de vista geográfico do clima. Sendo assim:

Em sua obra “Cosmos” descreveu as variações climáticas em consequência da altitude na região setentrional dos Andes; ali ainda procurou explicar os ventos alísios e contra-alísios, tomando por base as propostas de Halley e Hadley; em suas considerações colocou o calor solar como a principal causa dos ventos, justificando que o aquecimento do ar provoca a sua expansão e, conseqüentemente, seu movimento, o que o levou a encarar o movimento do ar na escala global (alísios) até a local (brisas de vales e montanhas). (p.46).

Em seus estudos, por meio de expedições, Humboldt obtinha dados dos elementos do tempo e do clima e os espacializava por meio das isolinhas, por ele criadas, o que possibilitou a ele correlacionar tais informações com os elementos da paisagem, como o relevo, a vegetação, dentre outros. Além de Humboldt, outros autores também caminharam pelas estradas da climatologia, a exemplo de Emmanuel De Martonne, com a obra “Panorama da Geografia”, de 1948, na tradução para a língua portuguesa.

Corroborando com a ideia acima, pode-se dizer que Emmanuel De Martonne está dentre os pioneiros ao se preocupar com uma análise geográfica do clima em sua

obra “*Traité De Géographie Physique*”, de 1948. Neste contexto, o clima era considerado como uma zona de contato entre a atmosfera e a superfície da Terra (elementos sólidos e líquidos).

Assim, conforme o autor menciona:

[...] O clima é um conjunto de fenômenos intimamente interconexos. Temperatura, vento, humidade, chuva estão em estreita correlação e provocam, em cada região, um aspecto característico, que, em geral, nos é evidenciado pela vegetação. A climatologia deve procurar reconhecer e explicitar estas complexas relações. (p.98).

Mas foi a partir de Maximillien Sorre em 1951, que toma emprestado a noção de clima de Pierre Pédélaborde ao definir o clima como *a série de estados da atmosfera sobre um lugar, em sua sucessão habitual*, contrariando as definições que consideravam somente o estado médio da atmosfera, bem como considerava também a sucessão dos tipos de *tempo*, ou seja, do seu ritmo.

No Brasil, sem dúvida alguma, foi o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro que melhor entendeu a dinamicidade do clima ao desenvolver diversos trabalhos acerca dos estudos geográficos de diversas cidades e orientando pesquisadores ao longo de sua vida. Em 1971, no trabalho intitulado “*Análise Rítmica em Climatologia. Problemas de atualidade climática e achegas para um programa de trabalho*”, Monteiro desenvolve a noção da análise rítmica em estudos de climatologia. Assim, essa abordagem do clima, que é qualitativa, é uma grande contribuição aos estudos climatológicos, pois leva em conta os mecanismos da circulação atmosférica, a exemplo das massas de ar, e sua dinâmica regional e local (MONTEIRO, 1971; MILANESI, 2007).

Deste modo, conforme aponta Monteiro (1971):

O conceito de “ritmo”, expressão da sucessão dos estados atmosféricos, conduz, implicitamente, ao conceito de “habitual”, pois que há variações e desvios que geram diferentes graus de distorções até atingir padrões “extremos” (MONTEIRO, 1971, p.4).

É claro que a análise rítmica, por meio da escala diária, possibilita ao geógrafo uma análise mais acurada dos fenômenos atmosféricos, pois, demonstra uma relação dos

elementos do clima mais próxima da realidade e com os outros elementos da paisagem, caso quase que impossível quando se faz uma análise puramente descritiva e estatística do mesmo. No entanto, no que se refere às técnicas de análise utilizada no tratamento dos dados, a análise qualitativa está intrinsecamente ligada à análise quantitativa (MILANESI, 2007).

De fato, entendendo que o ritmo, segundo Monteiro (1971) refere-se “[...] *das variações anuais percebidas através das variações mensais dos elementos climáticos*” (p.6), este só pode ser compreendido, bem como a noção de regime, por meio de uma série com, pelo menos 30 anos contínuos, conforme a Organização Meteorológica Mundial (OMM). Por isso, esta pesquisa se valeu de uma série histórica da pluviosidade e da temperatura do ar da área em estudo, que estão disponíveis para *downloads* no *site* da Agência Nacional de Águas (ANA) e também no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Embora a análise rítmica possa garantir uma melhor compreensão do fenômeno climático, as diferentes abordagens da dinâmica do clima, tais como, aquecimento, resfriamento, catástrofes climáticas, dentre outros, perpassam da escala de análise global até a escala local. Neste sentido, fica cada vez mais evidente a importância dos estudos relacionados ao clima e ao *tempo* e a seus atributos e controles nas suas diversas escalas de análise, assunto discutido a seguir.

3.2 – Escalas de análise em climatologia

É sabido que, os fenômenos da atmosfera são, por natureza, contínuos e indivisíveis. No entanto, a fim de facilitar a compreensão e entendimento do clima e do *tempo*, surgiram na literatura alguns conceitos de escalas em estudos dos fenômenos da atmosfera, tais como: *macroclima*, *mesoclima*, *microclima*, *clima local*, *topoclima*, etc. (ASSIS, 2010).

Para Mendonça; Danni-Oliveira (2007), no estudo do clima é de suma importância que se tenha em mente a escala de estudo¹³. E esta, conduz o pesquisador a

¹³ O professor Henrique Andrade (2005), menciona outras categorias escalares, além das três

delimitação exata de sua dimensão. Além disso, a clareza quanto à escala de trabalho reduz os equívocos na análise dos dados, pois, “[...] a interação dos controles atmosféricos com os fatores geográficos do clima, determina o dinamismo do fluxo de energia em áreas diferentes do espaço terrestre” (p.22).

Dolfuss (1973) afirma que:

Alguns traços esmaecem ou, pelo contrário, são evidenciados, em função da escala de observação. Sabe-se que um mesmo elemento se apresenta de maneira muito diferente conforme seja olhado a olho nu, com auxílio de uma lente ou de um microscópio (p.8).

É importante mencionar que, embora a escala não se restrinja à ciência geográfica, é nesta que ocorre uma das relações mais dinâmicas que se pode perceber na natureza,

[...] uma vez que ele se manifesta em todos os locais do planeta. Para facilitar o desenvolvimento de estudos dessa natureza, a delimitação da área (tridimensional) de estudo constitui um dos primeiros passos do trabalho em Climatologia. Lembre-se de que a interação dos controles atmosféricos com os fatores geográficos do clima determina o dinamismo do fluxo de energia em áreas diferentes do espaço terrestre (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.22).

Neste âmbito, do ponto de vista da ciência geográfica, a escala do clima está relacionada a duas dimensões: temporal e espacial.

A escala temporal pode ser dividida em três fases: *escala geológica*, *escala histórica* e *escala contemporânea*. A *escala geológica* dedica-se aos estudos de fenômenos climáticos que ocorreram no globo desde sua origem. É nesta escala de abordagem que se estudam assuntos ligados a *paleoclimatologia* (estudo de climas passados). A *escala histórica* refere-se aos estudos de fenômenos climáticos que ocorreram na escala humana, levando em consideração apenas os eventos registrados pelo homem e em diferentes ambientes do planeta Terra. A *escala contemporânea* refere-se ao estudo de eventos climáticos da atualidade. Nesta escala, é necessário que o pesquisador tenha em mãos uma série de dados

principais escalas (*macro*, *meso* e *micro*). Essas unidades menores, dizem respeito às escalas mais frequentes nos estudos do Clima Urbano, que são: topoclima e o clima local. Para saber mais sobre essas categorias de análise, ler: ANDRADRE, H. O Clima Urbano – natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra**, XI, 80, 2005, p. 67-91.

meteorológicos produzidos em um período de, pelo menos, trinta anos (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Do ponto de vista espacial, pode-se dividir a escala em três ordens: O *macroclima*, o *mesoclima* e o *microclima* (AYOADE, 2013; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). O *macroclima* refere-se aos fenômenos climáticos que ocorrem em extensas áreas do planeta Terra. Esta é a maior de todas as unidades climáticas. Neste contexto, abrange áreas que vão do planeta, por zonas ou faixas climáticas e até climas regionais. A unidade escalar dessa abordagem, geralmente refere-se a milhões de km².

Segundo a proposta de unidades de grandeza escalar de Cailloux e Tricart na escala planetária o clima é o elemento que define os biomas, ou grandes conjuntos vegetacionais e sua fauna associada, do planeta Terra. Essa é considerada pelos autores acima citados, bem como por Bertrand (1972) como uma macroescala, ou ordem de grandeza I.

O *mesoclima* refere-se a uma unidade intermediária entre o *macro* e o *micro*. Exemplos dessa categoria de análise podem ser uma grande floresta e/ou extensos desertos em um continente. Esta unidade, não possui uma delimitação precisa e exata. Vale lembrar que, é nesta categoria que se encontra o *clima local*, definido por características de um determinado local, como por exemplo, uma cidade, uma cidade costeira, uma dada área agrícola, etc. e o *topoclima*, definido pelo relevo (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Por fim, o *microclima*, a menor das unidades escalares espaciais é a mais imprecisa. A extensão considerada para esta escala de análise pode ir de centímetros até algumas dezenas de metros quadrados (m²). Geralmente, a alusão que se faz desta abordagem escalar refere-se as mudanças que ocorrem no ambiente em detrimento de uma construção, do uso e cobertura da terra, em um apartamento, um lago, etc. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, *Op. Cit.*).

Abaixo é apresentado um quadro simplificando as escalas, tanto temporal quanto espacial de análise em climatologia (Quadro 1).

Quadro 1 – Organização das escalas temporal e espacial do clima.

Ordem de grandeza	Subdivisões	Escala horizontal	Escala vertical	Temporalidade das variações mais representativas	Exemplos espaciais
Macroclima	Climas zonal e regional	> 2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O Globo, oceano, continente e mares.
*Mesoclima	Climas regional, local e. topoclima	2000 km a 10 km	12 km a 100 m	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidade e etc.
Microclima		10 a alguns metros	Abaixo de 100 metros	De minutos ao dia	Bosque em uma rua, edificação/casa etc.

Fonte: Mendonça; Danni-Oliveira (2007), adaptado pelo autor (2016).

*Refere-se a escala de análise escolhida para este trabalho.

3.3 – Circulação Geral da Atmosférica

Os fenômenos da atmosfera têm impressionado o homem desde há muito tempo. Na perspectiva de De Martonne (1948), isso, ocorre “[...] *dada as modificações que provocam no clima*” (p.135). O mesmo autor afirma que, o estudo da circulação se torna importante para o entendimento da climatologia, sobretudo quando se leva em consideração a velocidade e a direção dos ventos.

Segundo Ayoade (2013), o movimento ou circulação da atmosfera refere-se a soma de dois componentes básicos: o movimento em relação a superfície da Terra (vento) e o movimento da Terra em volta de seu eixo. Este movimento tridimensional, segundo Varejão-Silva (2006), se processa em distintas escalas temporal e espacial. Por exemplo, há fenômenos convectivos turbilhonares de diâmetro da ordem de centímetros e duração de segundos, denominados de escala micrometeorológica.

Segundo Varejão-Silva (2006), o conhecimento da circulação geral da atmosfera é de suma importância para a compreensão de diversos fenômenos do clima mundial. Seu objetivo basilar em escala global consiste em conhecer e compreender “[...] *os mecanismos físicos que asseguram a manutenção do equilíbrio energético*” (p.299). Entretanto, seu conhecimento de maneira perfeita está longe de ser atingido, no que tange aos comportamentos médios ou prevalentes.

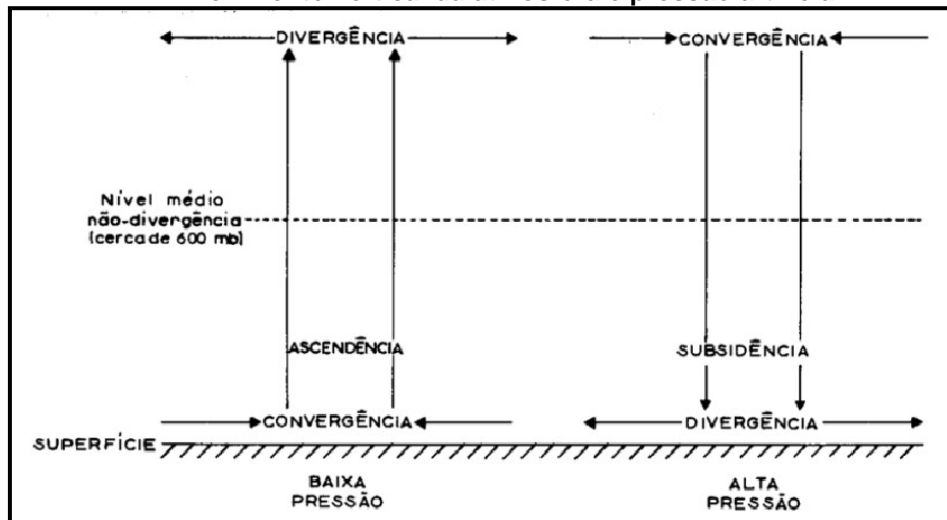
O mesmo autor ainda menciona que, o que contribui para a dificuldade em caracterizar a circulação atmosférica ao redor do globo, está intimamente relacionada ao fato de a superfície terrestre ser bastante heterogênea. Extensas áreas desabitadas, além de extensas superfícies oceânicas, diferenciadas de maneira considerável em relação à superfície de terras emersas, no que concerne ao balanço energético, o que torna difícil a coleta de dados, que é facilitado por meio de imagens de satélites.

Barry; Chorley (2013), afirmam que, há muitos modelos de circulação da atmosfera, variando de simples abordagens de balanço de energia a modelos tridimensionais de circulação geral, que têm como objetivos básicos modelar as complexidades do sistema climático da terra.

Tendo em vista que a superfície da Terra, por conta da inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao seu plano orbital e o movimento de translação do planeta ao redor do Sol, a distribuição dos elementos climáticos não é homogênea ao longo da superfície terrestre. Conseqüentemente, as regiões polares são mais frias enquanto as regiões tropicais e equatoriais são mais quentes. Para reduzir essas diferenças, a circulação geral da atmosfera (CGA), juntamente com os oceanos, e estes por conta das correntes marítimas, induz a formação de ventos que transportam ar quente e úmido dos trópicos em direção aos pólos, conquanto que o ar frio dos pólos é transportado em direção aos trópicos (REBOITA, et al., 2012). A Figura 15 mostra o modelo de circulação geral da atmosfera, considerando uma superfície homogênea.

A circulação do ar ocorre pelo menos de duas maneiras: na escala vertical e na escala horizontal. Esta última tem como causa principal o desenvolvimento e a manutenção de um gradiente de pressão horizontal, fazendo com que o ar circule de uma área de alta pressão para uma de baixa pressão. Neste âmbito, o ar sendo forçado a se mover pelo gradiente de pressão, ele é afetado por uma força deflectora que ocorre em detrimento do movimento de rotação da terra, a força de *Coriolis*. Neste contexto, há um aparente desvio do ar por conta da rotação da Terra, fazendo com que o ar se desvie para a direita no hemisfério norte, e para esquerda no hemisfério sul (AYOADE, 2013).

Figura 16 – Relação entre o padrão divergente e convergente do movimento vertical da atmosfera e pressão artificial.



Fonte: Ayoadé (2013).

Ao longo do tempo, diversos modelos de circulação geral da atmosfera foram elaborados. O primeiro modelo acerca da circulação atmosférica é atribuído a Halley, por volta de 1686. Neste contexto, Halley associou os ventos alísios de leste à convergência baixa no cinturão equatorial de maior aquecimento (BARRY; CHORLEY, 2013).

Algum tempo depois, no ano de 1735, cerca de um século antes de Coriolis ter estabelecido a força deflectora dos ventos causada pelo movimento da terra, Hadley começou a discutir a abordagem de Halley, preocupando-se, particularmente, com a deflexão dos ventos em um globo em rotação para direita no hemisfério Norte, e para esquerda no hemisfério Sul, ou seja, a rotação da Terra foi incorporada para tentar explicar os alísios de nordeste e de sudeste. Dessa forma, essa circulação é ainda a mais conhecida e aceita atualmente (BARRY; CHORLEY, 2013; VAREJÃO-SILVA, 2006; AYOADE, 2013).

Com o passar do tempo e avanços nas pesquisas, outros modelos de CGA foram sendo aperfeiçoados, como por exemplo, o modelo de Ferrel em 1856 que introduz as zonas de ventos de oeste, desprezadas nos dois modelos anteriores. Mais tarde, o modelo de Ferrel foi novamente revisto por Bergeron, 1928 e Rossby, em 1941 (VAREJÃO-SILVA, 2006; AYOADE, 2013)

3.4 – Sistemas Produtores de *Tempo*

Segundo Ayoade (2013), os sistemas produtores de *tempo* (SPT) são “[...] sistemas de circulação acompanhados por padrões e tipos característicos de *tempo*” (p. 98). No que se refere as consequências que eles causam sobre as condições de *tempo*, o autor afirma que:

Eles causam as variações diárias e semanais no tempo e são muitas vezes mencionados como sendo perturbações atmosféricas ou meteorológicas. Essas perturbações são extensas ondas, turbilhões ou vórtices de ar inseridos na circulação geral da atmosfera. Os mais importantes desses sistemas produtores de tempo são os ciclones e os anticiclones das latitudes médias, os ciclones tropicais e as monções. (p.98).

Em latitudes altas e médias, o *tempo* e o clima são determinados, pelo menos em sua maioria, por esses sistemas produtores de *tempo*. Assim, os principais sistemas produtores de tempo são: ciclones, anticiclones e as depressões (AYOADE, 2013). Neste contexto, o ciclone pode ser entendido como um centro de baixa pressão em relação às áreas circundantes, conquanto que o anticiclone é um centro de alta pressão em relação às adjacências.

Segundo Gan; Seluchi (2009), o processo pelo qual ocorre a formação e o desenvolvimento de um ciclone é denominado ciclogênese. Esse SPT é importante à medida que ele possui grande influência no que se refere ao transporte de calor, na umidade e na quantidade de movimento, além de provocar mudanças sobre o *tempo* na região onde ele atua.

Doravante serão discutidos os principais SPT que afetam a América do Sul, o Brasil e o Espírito Santo.

4.4.1 – As massas de ar

Segundo Ayoade (2013), a ideia de massa de ar surgiu pela primeira vez em 1928, por meio de um pesquisador chamado Tor Bergeron. E estas, são definidas “[...] como um corpo de ar horizontal e homogêneo deslocando-se como uma entidade reconhecível e tendo tanto origem tropical como polar” (HARE, 1963, apud AYOADE, 2013, p. 99).

Segundo Strahler; Strahler (1989), os modelos de precipitação no âmbito planetário estão relacionados com as regiões de origem das massas de ar, e de forma predominante, com os movimentos das mesmas. Desse modo, a compreensão das massas de ar pode fornecer um entendimento mais adequado dos diferentes tipos de precipitação.

Segundo os autores acima (op. cit.), as massas de ar podem ser classificadas de acordo com a latitude de suas regiões de origem, e as características que cada superfície apresenta, seja oceânica ou terrestre. Dessa forma, as massas de ar podem ser reconhecidas pelos fatores térmicos e pluviométricos. A temperatura de uma massa de ar decresce à medida que se afasta dos polos, e as precipitações de uma massa de ar podem estar relacionadas com sua fonte de umidade.

Na Meteorologia massa de ar é caracterizada como uma grande porção da atmosfera, que pode cobrir enormes extensões da superfície da Terra, com distribuição vertical uniforme, bem como da temperatura e da umidade do ar, ou seja, em determinada altitude os valores da temperatura e da umidade serão aproximadamente semelhantes, independente do ponto do interior da massa (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Na definição do glossário do INMET, a massa de ar é caracterizada como uma região da atmosfera em que a temperatura e a umidade, no plano horizontal, apresentam características homogêneas. Segundo Hare (1963, *apud* AYOADE, 2013) o termo massa de ar pode ser definido como “[...] *um grande corpo de ar horizontal e homogêneo deslocando-se como uma entidade reconhecível e tendo tanto origem tropical quanto polar*” (p.99). Entretanto, vale lembrar que, as massas de ar sofrem modificações térmicas e dinâmicas assim que deixam sua área de origem.

O conceito de massas de ar, segundo Barry; Chorley (2013), refere-se a um grande corpo de ar, “*cujas propriedades físicas (temperatura, teor de umidade e gradiente de temperatura) são mais ou menos uniformes horizontalmente por centenas de quilômetros*” (p.224). Há, pelo menos, três fatores determinantes na natureza e uniformidade das características das massas de ar:

(1) a natureza da área-fonte onde a massa de ar obtém suas qualidades originais; (2) a direção do movimento e as mudanças que ocorrem à medida que uma massa de ar percorre longas distâncias; e (3) a idade da massa de ar (p.224).

Sendo assim, uma massa de ar pode se originar em superfícies continentais, frias ou quentes ou em superfícies oceânicas, frias ou quentes também, e certamente, suas propriedades físicas, tais como, umidade e energia cinética, serão distintas. Uma massa de ar frio, por exemplo, geralmente ocorre no hemisfério norte, regiões do globo onde há a presença de anticiclones continentais de Sibéria centro-oriental e do norte do Canadá, regiões onde se formam as massas de ar polar continental. No Hemisfério Sul, na região antártica, ocorre a formação das massas de ar Polar Atlântica, além de, pelo fato da fonte origem dessas duas massas serem cobertas por neve, acabam gerando um acentuado resfriamento das camadas inferiores da atmosfera (BARRY; CHORLEY, 2013).

Segundo Varejão-Silva (2006), de maneira geral, as massas de ar oceânicas são mais úmidas do que as massas de ar que são originadas em porções continentais, embora sejam formadas na mesma latitude e na mesma época do ano. No entanto, por questões relacionadas à CGA,

[...] as massas de ar frequentemente abandonam a região de origem, conduzindo consigo as propriedades lá adquiridas. No trajeto podem causar profundas transformações nas condições prevalecentes de tempo das áreas aonde chegam (p.371).

No caso das massas de ar quente, estas se originam em células de alta pressão subtropical, e durante o verão, em corpos de ar quente, que caracterizam áreas continentais. As fontes tropicais que dão origem as massas de ar são: marítimas, originárias de células de alta pressão oceânicas subtropicais; continentais e regiões com ventos levemente variáveis (BARRY; CHORLEY, 2013).

Na América do Sul (AS), segundo Varejão-Silva (2006), a influência principal sobre o clima é das massas de ar polares provindas da Antártica. E estas, atingem, sobretudo, as regiões Sul e Sudeste do Brasil no inverno, corroborando com a precipitação média dessas regiões. Além dessas, também alcançam a AS, as massas de ar tropicais (continental ou marítima).

Fato interessante refere-se à massa Equatorial Continental (mEC). Segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007), embora origina-se sobre o continente possui elevada umidade devido ao fato de sua origem ser sobre uma área extensamente florestada e úmida, além de receber umidade provinda do pacífico transportada por ventos de leste.

3.4.2 – Depressões frontais

Segundo Barry; Chorley (2013), depressão refere-se a uma área de pressão relativamente baixa e que possui padrão isobárico demasiado circular. A área coberta por uma depressão é de aproximadamente 1.500-3.000 km de diâmetro, com duração de até quatro dias.

Nas latitudes médias elas são associadas, geralmente, à convergência de massas de ar contrastantes. Assim:

[...] a interface entre essas duas massas de ar se desenvolve em forma de onda, com seu ápice localizado no centro da área de baixa pressão. A onda compreende uma massa de ar quente entre ar frio e fresco modificado na frente, e ar frio atrás. A formação da onda também cria uma distinção entre as duas seções da descontinuidade original entre as massas de ar, pois, mesmo que cada seção ainda determine o limite entre o ar frio e quente, as características do tempo encontradas dentro de cada seção são bastantes diferentes. (BARRY; CHORLEY, 2013, p.233).

Segundo Ayoade (2013), são necessárias três condições básicas para que ocorra uma frontogênese (depressões frontais).

Primeiramente, devem existir duas massas adjacentes, de temperaturas diferentes. Em segundo lugar, deve haver uma circulação atmosférica com forte fluxo convergente para transpor as massas de ar uma em direção a outra. Em terceiro lugar, deve haver uma suficiente força de Coriolis para garantir que o ar quente não permaneça sobre o ar frio. (p.102).

Nem todos os lugares do Mundo ocorrem frontólises. Para Ayoade (2013), as principais áreas do Globo que ocorrem processos frontogenéticos estão entre as latitudes 30° e 60°, em ambos os hemisférios.

A identificação de uma depressão é relativamente simples. Em imagens de satélites, elas se apresentam como bandas de nuvens pronunciadas em espiral, que ocorre em

função de processos de advecção térmica. Já em uma carta sinótica, elas ocorrem como células de baixa pressão (BARRY; CHORLEY, 2013; AYOADE, 2013).

3.4.3 – Depressões não-frontais ou ciclones

No que se refere às depressões não-frontais, é importante mencionar o fato de que nem todas as depressões são originárias de áreas frontais. Segundo Barry; Chorley (2013), em ambientes tropicais, as depressões, geralmente, são não-frontais. Há dois tipos de depressões não-frontais, em particular. Um diz respeito as depressões monçônicas, que afeta o tempo no continente asiático, sobretudo a Ásia Meridional durante o verão. O outro são os chamados ciclones subtropicais.

As monções podem ser consideradas como uma perturbação que tem o fluxo de oeste nos níveis inferiores da atmosfera e de leste nos níveis superiores. Conquanto que os ciclones subtropicais, são sistemas que se desenvolvem a partir da “[...] separação, em baixas latitudes, de uma onda fria nos níveis altos dos ventos de oeste” (BARRY; CHORLEY, 2013, p.339). Há também na literatura outros tipos de depressões não-frontais, a saber são: as depressões de origem térmica, depressões de ar polar e as depressões de sotavento (AYOADE, 2013; BARRY; CHORLEY, 2013).

Em relação à classificação dos ciclones, há dois tipos básicos, os tipos A e B. os ciclones de tipo A e B se desenvolvem sob uma corrente de ar superior, em zona de máxima baroclinia, conforme mencionam Gan; Seluchi (2009); ocorre também advecção de vortacidade nos níveis superiores, e estas são pequenas no início e durante o desenvolvimento do ciclone. Segundo os autores citados, há também outras características que são peculiares ao desenvolvimento deste tipo de ciclone:

[...] a baroclinia na troposfera inferior é grande a princípio, decrescendo com a oclusão da onda; [...] o desenvolvimento se inicia quando um cavado de ar superior preexistente, com forte advecção de vortacidade a jusante, penetra sobre uma área de advecção de ar quente nos baixos níveis, na qual a frente fria pode ou não estar presente; a distância de separação entre o cavado de ar superior e o sistema de baixos níveis decresce rapidamente enquanto o ciclone se intensifica; o eixo tende a posicionar-se na vertical, assim que o ciclone atinge a intensidade máxima; [...] o resultado final do desenvolvimento é a oclusão clássica [...] (p. 112-113).

Além disso, na década de 1980, outros autores sugeriram outro tipo de ciclone, o do tipo C. E estes, geralmente, estão associados aos efeitos orográficos, que são conhecidos também como ciclones a sotavento de montanha. No entanto, este tipo de ciclone ocorre, geralmente, a leste e a sul das principais cadeias montanhosas do planeta Terra, como, o Himalaia, Alpes, Pirineus, os Andes, na América do Sul, entre outras (GAN; SELUCHI, 2009).

É importante mencionar que, a identificação do desenvolvimento de ciclogênese é relevante para o estudo em climatologia, pois, geralmente, estes sistemas atmosféricos estão associados a fortes chuvas e ventos, conforme Gan; Seluchi (2009).

3.4.4 – Anticiclones

Segundo Ayoade (2013), há dois tipos de anticiclones: os estacionários e os móveis. Os anticiclones estacionários são sistemas quentes, devido ao centro aquecido; conquanto que os anticiclones móveis são frios. No entanto, somente os quentes afetam as zonas subtropicais, em especial sobre os oceanos, repercutindo sobre os principais sistemas meteorológicos nestas áreas do globo.

Os anticiclones frios ou móveis, que possuem célula de alta pressão, formam-se em latitudes altas, ou seja, em locais onde as temperaturas são muito frias; por outro lado, os anticiclones quentes formam-se em latitudes mais baixas, com temperaturas mais elevadas (AYOADE, 2013). Embora sejam sistemas importantes, os anticiclones não causam *tempo* com tempestades e os ventos associados a eles são, geralmente leves, devido ao fato de não ocorrerem em movimentos ascendentes pronunciados (AYOADE, 2013).

3.4.5 – Sistemas meteorológicos que afetam a América do Sul

Doravante serão tratadas aqui os principais sistemas meteorológicos que afetam a América do Sul¹⁴. É sabido que as latitudes baixas têm excesso de energia solar,

¹⁴ Embora haja diversos sistemas meteorológicos que afetam o tempo e o clima da América do Sul, neste trabalho serão discutidos os principais deles, devido sua participação mais efetiva sobre o *tempo* e o clima da AS. Outros sistemas serão apenas mencionados e conceituados.

conquanto que as regiões de latitudes altas têm déficit dessa energia. Este fato contribui, sobremaneira para a formação dos diferentes tipos climáticos encontrados na América do Sul (AS). Além disso, contribui também para que haja atuação de diversos sistemas meteorológicos nestas áreas do globo.

Melo et al., (2009)¹⁵, mencionam a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), como um dos sistemas meteorológicos que afetam a AS. Na verdade, este sistema é considerado por muitos pesquisadores como um dos mais importantes na geração de precipitação na região equatorial.

A ZCIT refere-se a uma banda de nebulosidade, de convergência dos alísios e ventos de sudeste com os de Nordeste. Sua posição ocorre entre a latitude 14° entre agosto a setembro, e em anos chuvosos ela pode atingir a posição 5° sul, próximo ao litoral nordestino, aliás, este sistema é um dos principais na determinação do período chuvoso na região do Nordeste do Brasil, sobretudo no litoral (MELO et al., 2009; REBOITA et al., 2012).

Outro sistema que afeta a região ora mencionada refere-se aos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs). Segundo Ferreira et al., (2009)¹⁶, os VCANs,

[...] são sistemas meteorológicos caracterizados por centros de pressão relativamente baixa que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica. Eles desprendem do escoamento atmosférico associado, são quase estacionários, mas podem deslocar-se lentamente tanto para leste quanto para oeste, e também caracterizam-se por tempo de vida de vários dias. (p.43).

A participação desse sistema no Brasil restringe-se às regiões Norte e Nordeste. Eles atuam com mais frequência nos meses de dezembro a fevereiro, sobretudo no que se refere à precipitação. Dessa forma, essas regiões experimentam, durante a atuação dos VCANs nebulosidade e chuva.

¹⁵ MELO, A. B; CAVALCANTI, I. F. A; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. In.: CAVALCANTI, I. F. de A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**, São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

¹⁶ FERREIRA, N. J; RAMÍRES, M. V; GAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. In.: CAVALCANTI, I. F. de A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**, São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

No que se refere a formação dos VCANs, Ferreira et al. (2009), afirmam que:

[...] devido à intensificação da crista associada AB (Alta da Bolívia) localizada sobre a região Sudeste do Brasil, em razão da grande quantidade de calor latente liberado pela convecção organizada ao longo de uma frente fria localizada no sul da região Sudeste. Em consequência da intensificação da crista, bem como da conservação de vorticidade absoluta, o cavado corrente abaixo também se intensifica, podendo fechar, em muitos casos. (p.51).

Ainda em Ferreira et al., (2009), durante o seu deslocamento, os VCANs deslocam-se de leste para oeste, permanecem estacionários por diversos dias. Seus movimentos, caracterizam-se por serem regulares e irregulares. Assim como a ZCIT, esse sistema faz parte da circulação superior da AS.

Outro sistema atmosférico que influencia o *tempo* e o clima da AS refere-se as Linhas de Instabilidade (LIs). E estas formam um importante sistema que influencia a atmosfera da América do Sul, sobretudo se levar em consideração sua ação transportadora de calor para a atmosfera superior (COHEN, et al., 2009).

Geralmente, as LIs desenvolvem-se na costa nordeste da AS, podendo propagar-se para o interior da região. Quando isso ocorre, elas causam grande quantidade de precipitação (COHEN, et al., 2009). No Brasil, Nimer (1989) já havia mencionado a participação importante desse sistema atmosférico na definição do clima da região Sudeste brasileira, sobretudo em relação as precipitações.

Quanto a sua forma, as LIs podem ser classificadas em função de seu:

“[...] deslocamento horizontal para o interior da Amazônia em: (a) linhas de instabilidade costeira (LICs), que são aquelas cuja propagação horizontal para o interior do continente alcança até 170 km e não se deslocam continente adentro; (b) linhas de instabilidade com propagação do tipo 1 (LIP1), com deslocamento horizontal entre 170 e 400 km; e (c) linhas de instabilidade com propagação do tipo 2 (LIP2), que apresentam deslocamento horizontal superior a 400 km. (NIMER, 1989, p.76).

Sua participação na atmosfera da AS, ocorre de maneira mais expressiva na costa Oeste, mas também influencia as condições de tempo em boa parte do Brasil, como, por exemplo, na Amazônia brasileira, na costa norte-nordeste do Brasil, sobretudo nos meses de junho a dezembro (COHEN, et al., 2009).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), é outro sistema produtor de *tempo*

que tem uma participação importante nas condições de *tempo* da América do Sul, e conseqüentemente sobre boa parte do território brasileiro, sobretudo na região Sudeste. A ZCAS pode ser compreendida como uma banda de nebulosidade e chuvas que possui orientação noroeste-sudeste, e se estende da Amazônia até o Sudeste do Brasil (CARVALHO; JONES, 2009).

Reboita et al., (2012), afirmam que a ZCAS recebe a denominação de ZCOU (Zona de Convergência de Umidade), antes de atuar como ZCAS. Assim, os autores afirmam:

A ZCOU se estende no sentido noroeste-sudeste desde a Amazônia até o sudeste do Brasil e oceano Atlântico Sul (Grupo de Previsão de Tempo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – GPT/INPE). Quando a ZCOU atua durante três dias ou mais passa a ser denominada de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Tanto a ZCOU quanto a ZCAS são facilmente identificadas em imagens de satélite [...] como uma banda de nebulosidade desde a Amazônia até o oceano Atlântico Sul [...] (REBOITA, et al., 2012, p. 47).

Na região Sudeste do Brasil este sistema é muito importante, pois, ele refere-se a um dos sistemas que mais provocam chuvas nesta região. Assim, conforme Carvalho; Jones (2009):

Essa característica climatológica que se associa a um escoamento convergente de umidade na baixa troposfera, convencionou-se chamar de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Embora tais características sejam observadas em todos os verões, importantes variações ocorrem na organização espacial, na intensidade das chuvas e na circulação. São essas variações muitas vezes responsáveis pela ocorrência de eventos severos, alagamentos e deslizamentos de terra. (p. 96).

Por outro lado, segundo os mesmos autores, a ausência desse sistema pode provocar períodos de estiagens, bem como má distribuição das chuvas em grande parte do território brasileiro.

Dois outros sistemas que influenciam o *tempo* e o clima da AS e, por conseguinte no Brasil são, os Jatos de Altos Níveis e as Frentes Frias (FF). Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM, *apud*, ESCOBAR, 2009), defini-se os Jatos de Altos Níveis (JANs), como uma corrente de ar em forma de um cano estreito ou conduto, próximo do horizontal. E estes, na maior parte das vezes encontram-se na tropopausa. Assim, “[...] o núcleo da corrente de jato é a linha ao longo da qual as velocidades do

vento são máximas tanto na vertical quanto na horizontal. A corrente de jato localiza-se entre 9.000 e 13.000 m de altitude” (ESCOBAR, 2009, p.128).

Além disso, Escobar (2009), menciona a existência de dois tipos básicos de jato: “o *Jato Subtropical (JST)* e o *Jato Polar ou da frente polar (JP)*”. (p.128). O primeiro jato fica localizado na latitude de 30° S e com a pressão próxima dos 200 hPa. Conquanto que o segundo caso, localiza-se a 50 ° S, aproximadamente.

No Brasil, o tipo de jato que mais influencia as condições de *tempo* são os jatos polares, sobretudo nas regiões Sudeste e Sul. Escobar (2009) afirma que a atuação deste sistema é associada a uma forte “[...] *incursão de ar frio sobre o centro-sul do continente sul-americano*” (p.131). Além disso, pode-se observar também a presença deste sistema produtor de *tempo* atuando sobre a região sul, mais precisamente sobre o Rio Grande do Sul e parte do estado de Santa Catarina.

A importância desse sistema esta relacionada à sua relação com as frentes frias e quentes, por exemplo. Assim, “[...] *quando os meteorologistas conseguem prognosticar os deslocamentos do JP, podem também prognosticar os avanços e recuos das frentes em superfície e, portanto, prever mudanças no tempo*” (ESCOBAR, 2009, p. 130).

As frentes frias, segundo Cavalcanti; Kousky (2009), afetam as condições de tempo da AS ao longo de todo o ano e, conseqüentemente o Brasil. Uma frente fria pode ser caracterizada por uma banda de nebulosidade que se desloca de sudoeste para nordeste sobre o continente e oceano Atlântico adjacente. Assim:

Durante o inverno, esses sistemas são acompanhados de massas de ar de latitudes altas que, muitas das vezes, causam geadas e friagens em áreas agrícolas no Sudeste e Sul do Brasil. Algumas vezes, as frentes frias alcançam latitudes muito baixas sobre o oeste da Amazônia e também ao longo da costa nordeste do Brasil (CAVALCANTI; KOUSKY, 2009, p.135).

Durante o verão no Brasil, as fentes frias, em conjunto com a ZCAS causam longos períodos de chuvas fortes, muitas delas associadas à inundações e prejuízos materiais, e muitas vezes perdas humanas. Isso ocorre devido ao fato de quando as frentes frias avançam para o norte, em direção à linha do equador, em algumas situações ocorre a interação dessas com o ar úmido e quente tropical. Com isso,

ocorre convecção e organização de fortes chuvas, que podem provocar inundações, escorregamentos de massa, ventos fortes e queda de granizo. No que tange à precipitação, o efeito das frentes frias sobre a AS dar-se-á, basicamente na intensidade e distribuição das mesmas durante a passagem.

3.6 – Precipitação: gênese e tipos

Em primeiro lugar, a precipitação faz parte de um percurso que a água realiza todos os dias em seus estados físicos, sólido, vapor e líquido. Estritamente, o termo precipitação refere-se a todas as formas de água, seja líquida ou congelada que caiam da atmosfera. No entanto, somente a chuva e a neve contribuem significativamente para com os totais de precipitação, e nos trópicos, o termo precipitação pluvial é sinônimo de chuva (BARRY; CHORLEY, 2013; AYOADE, 2013). Mas em alguns pontos mais elevados nos trópicos, como o Kilimanjaro, na África Oriental, e nos Andes, na América do Sul, ocorre uma considerável precipitação em forma de neve (NUNES et al., 2009).

Como dito anteriormente, a forma de precipitação mais frequente em regiões tropicais é a precipitação pluviométrica ou pluviosidade ou simplesmente chuva. Por isso, neste trabalho o termo precipitação é sinônimo de chuva ou precipitação pluviométrica. Já a pluviometria, refere-se à quantificação das precipitações.

A precipitação pluviométrica é um tipo de precipitação de gotas d'água com diâmetro de 0,5 mm ou acima disto. Muito além desse valor, são consideradas chuvas muito intensas, que também podem ser conhecidas como aguaceiros, e, geralmente, costumam durar pouco tempo, menos de uma hora (VAREJÃO-SILVA, 2006; BARRY; CHORLEY, 2013).

A precipitação pluviométrica pode ocorrer de diversas formas quanto a sua natureza, ou seja, pela maneira de elevação do ar que a origina: convectiva, frontal e orográfica. Na literatura específica, há autores que mencionam o tipo de chuva ciclônico. No entanto, em latitudes tropicais as três primeiras são as mais citadas (AYOADE, 2013; BARRY; CHORLEY, 2013).

A precipitação do tipo *convectivo* tem como causa básica o movimento vertical de uma dada massa de ar ascendente, ou seja, uma massa de ar mais quente que o ambiente adjacente. Para Mendonça; Danni-Oliveira (2007), a precipitação convectiva ocorre através de [...] *movimentos verticais que caracterizam a célula de convecção resultam do acentuado aquecimento de dada coluna de ar úmido, que é forçada a se expandir, ascendendo para níveis superiores da Troposfera, onde se resfria adiabaticamente (p. 71).*

Segundo Ayoade (2013), o tipo convectivo, associado a nuvens do tipo cumulus e cumulonimbus, geralmente, é mais intenso que os outros tipos de precipitação existentes, e ocorre acompanhada por trovões e de duração mais curta, menos de quatro horas de duração.

Barry; Chorley (2013), definem três categorias básicas de chuva convectiva, a depender do seu grau de organização espacial:

Células convectivas dispersas desenvolvem-se por meio do forte aquecimento da superfície do solo no verão, especialmente quando as baixas temperaturas na troposfera superior facilitam a liberação da instabilidade condicional ou convectiva [...]. Pancadas de chuva, neve ou granizo leve podem se formar quando o ar frio, úmido e instável passa sobre uma superfície mais quente [...]. Em ciclones tropicais, células de cumulonimbus se organizam ao redor de centro em bandas espirais [...]. Particularmente nos estágios de dissipação desses ciclones, geralmente sobre a terra, a chuva pode ser forte e prolongada, afetando áreas de milhares de quilômetros quadrados” (p. 130).

A chuva de origem *ciclônica*, por outro lado, varia conforme o tipo de sistema de baixa pressão e seu estágio de desenvolvimento. No entanto, o mecanismo fundamental a ela associada é a ascensão de ar que ocorre pela convergência horizontal de ar em áreas de baixa pressão (BARRY; CHORLEY, 2013).

Segundo os autores supracitados:

Em depressões extratropicais, isso é reforçado pela subida de ar quente menos denso ao longo do limite de massa de ar. Essas depressões geram precipitação moderada e contínua sobre áreas muito grandes à medida que se deslocam, em geral no sentido leste, nos cinturões de ventos de oeste entre as latitudes de 40° e 65° aproximadamente (p. 131).

A chuva de origem *frontal*, por outro lado, ocorre basicamente, pela associação de

nuvens formadas a partir da ascensão de ar úmido ao longo de suas rampas. Segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007), a intensidade e duração deste tipo de chuva, depende de: tempo de permanência da frente, umidade da massa de ar, contraste de temperatura das massas e da velocidade de deslocamento da frente. Assim, conforme os autores afirmam:

As frentes frias, por gerarem movimentos ascensionais mais vigorosos, tendem a formar nuvens cumuliformes mais desenvolvidas. Nas frentes quentes, a ascensão é mais lenta e gradual, gerando nuvens preferencialmente do tipo estratiformes (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.72).

A precipitação do tipo *orográfico* ou de *relevo*, geralmente, está associada às áreas bastante elevadas. No entanto, qualquer que for a altitude do relevo, pode haver alguma influência sobre os elementos do clima de uma localidade. Este tipo de precipitação ocorre inteira ou parcialmente pela elevação do ar úmido sobre um terreno elevado. Entretanto, as elevações por si só não são suficientes para remover a umidade que se desloca por elas, embora recebam mais chuvas que as superfícies que os circundam (AYOADE, 2013, MILANESI; GALVANI, 2011).

Segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007), a chuva orográfica ocorre quando:

O ar úmido e quente, ao ascender próximo às encostas, resfria-se adiabaticamente¹⁷ devido à descompressão promovida pela menor densidade do ar nos níveis mais elevados. O resfriamento conduz a saturação do vapor, possibilitando a formação de nuvens, [...] que, com a continuidade do processo de ascensão, tendem a produzir chuvas (p.78).

As chuvas neste tipo de precipitação ocorrem geralmente a barlavento de uma região elevada ou montanhosa, acompanhada de nuvens *cumuliformes* e *estratiformes*, e intensidades e duração variáveis, o que faz com que este tipo de precipitação seja associado a outros fatores e não apenas ao relevo (MILANESI, 2007).

Barry; Chorley (2013), afirmam que este tipo de precipitação é considerado um tipo distinto dos demais. Os autores também afirmam que:

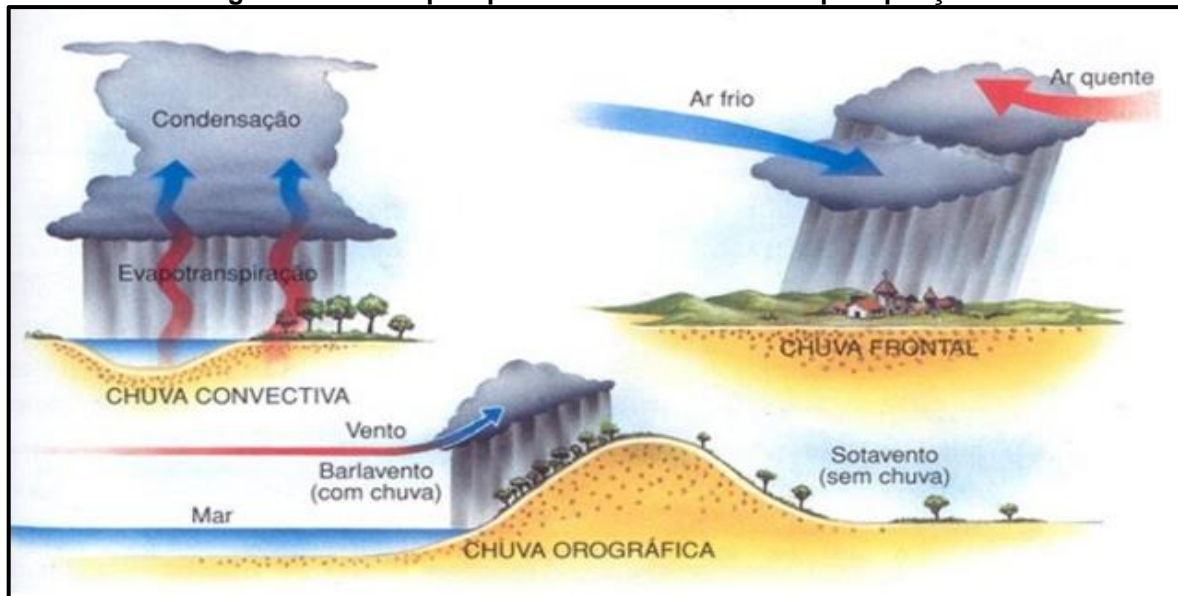
¹⁷ Segundo Barry; Chorley (2013), o resfriamento adiabático ocorre quando há mudança de temperatura sem envolver “[...] subtração (ou adição) de calor” (p.107). Dessa forma, uma parcela de ar se desloca de um ponto a outro, geralmente de um ambiente de alta pressão para um de baixa pressão, sem haver troca de calor, e seu volume aumenta.

Uma barreira orográfica pode produzir vários efeitos, dependendo de seu alinhamento e tamanho, entre os quais: (1) ascensão forçada em uma encosta suave, produzindo resfriamento adiabático, condensação e precipitação; (2) desencadeamento de instabilidade condicional ou convectiva, bloqueando o fluxo de ar e ascendência a montante; (3) desencadeamento de convecção pelo aquecimento diurno das encostas e ventos ascendentes; (4) precipitação de nuvens baixas sobre as montanhas, pela sementeira de cristais de gelo ou gotículas de uma nuvem alimentadora mais elevada [...]; e (5) maior precipitação frontal, pelo retardamento do movimento de sistemas ciclônicos e frentes (p.131-132).

A Figura 17 apresenta os principais processos de formação de chuvas. O terceiro modelo ilustra bem o que ocorre na área em estudo, embora esta não esteja tão próxima à costa.

Embora todos os fatores acima sejam importantes na formação da precipitação, a ocorrência desse elemento climático dar-se-á através do desenvolvimento dos chamados núcleos de condensação¹⁸.

Figura 17 – Principais processos formadores de precipitação.



Fonte: Forsdyke (1969).

3.7 – Efeito Orográfico na Distribuição e Ocorrência da Precipitação

É notável o efeito que o relevo exerce sobre os elementos climáticos de um

¹⁸ Segundo Barry; Chorley (2013), os núcleos de condensação ou núcleos higroscópicos são partículas microscópicas (aerossóis, poeira, fumaça, esporos, sais e outros componentes químicos) que, entram na atmosfera através da explosão de bolhas de ar de espuma, além de partículas que oriundas da combustão industrial e domésticas que são elevadas pela ação do vento.

determinado local. Ao contrário do que muitos possam imaginar independente das características do relevo, este exerce algum tipo de influência sobre as dinâmicas climáticas locais (MILANESI; GALVANI, 2011). Assim:

É perceptível a gama de influências conhecidas do relevo sobre os atributos do clima. As resultantes destes processos interativos entre a atmosfera e a crosta terrestre são os gradientes de temperatura e pressão, a obstrução e bifurcação de ventos e a geração de brisas e nuvens, além da chuva orográfica e da sombra de chuva (p.68).

Smith (1979, apud MILANESI; GALVANI, 2011), descreve três mecanismos da precipitação e intensificação orográfica, a saber, são:

Autoconversão: modelo clássico da chuva orográfica. Resulta da elevação forçada do fluxo de ar pelas vertentes da montanha. Se as condições atmosféricas forem constantes, o crescimento das gotas deverá ser similar em qualquer ponto da montanha, provocando chuva com característica temporal uniforme. Processo típico da ação da brisa marinha sobre o relevo da zona costeira. Convecção disparada: ocorre na vertente mais ensolarada da montanha (leste) em função da quantidade de radiação solar absorvida ao longo do dia, quando nuvens da família dos cumulus, de grande desenvolvimento vertical são ativadas. Não apresenta uma distribuição vertical da chuva marcante na encosta, porém, a vegetação pode atuar como fornecedora da umidade em maiores altitudes. Semeador-alimentador (seeder-feeder): pressupõe a ocorrência de nuvens mais altas precipitando (seeder) sobre nuvens mais baixas (feeder) ocorrentes pela ascensão da coluna de ar, aumentando a colisão entre as gotas. Como no caso da passagem de um sistema frontal (frente fria) sobre nebulosidade pré-existente de altitude inferior. A liberação da massa de água para o ambiente facilita a formação de nuvens, com bases aproximadamente entre 50 e 200 m acima do nível da superfície, possibilitando a intensificação da chuva orográfica (p.69).

Segundo Barry; Chorley (2013), é muito comum o aumento na precipitação média em função da altitude, sobretudo em declives montanhosos, embora haja uma considerável diferença nos perfis de precipitação em âmbitos regional e sazonal. Na perspectiva de Conti (1975):

É conhecida de qualquer climatólogo a ação modificadora exercida pela orografia nos sistemas de nuvens e, por consequência, nas precipitações, fato que se explica sem grande dificuldade: durante a travessia dos contrafortes à barlavento da montanha, a ascendência das partículas de ar acelera-se, sua expansão é ativada e por consequência, há condensação; desenvolve-se a nebulosidade e as precipitações se acentuam. Do outro lado, ou seja, na vertente à sotavento, produz-se a descida do ar e, como consequência, seu aquecimento por compressão adiabática, distanciando-se o ponto de orvalho e, evidentemente, diminuindo ou mesmo inexistindo qualquer precipitação. (p.10).

Exemplo dessa variação, segundo Barry; Chorley (2013), pode ser observado nas montanhas rochosas do Colorado, Estados Unidos da América (EUA), um aumento de chuva de até 3000-4000 mm. No Brasil, o estado de São Paulo, sobretudo na Serra do Mar, observa-se variações de pluviosidade bem semelhantes ao caso dos EUA, com precipitações que podem alcançar os 4000 mm pontualmente.

Quando o comportamento da precipitação média é analisado no oeste da América do Norte, *“a máxima ocorre a barlavento em declives de Sierra Nevada, ao passo que no oeste do Canadá, existe uma associação entre o relevo e os máximos de precipitação”* (BARRY; CHORLEY, 2013, p.97). Na Grã-Bretanha, na porção oeste, a precipitação máxima ocorre a sotavento dos picos montanhosos, com aproximadamente 1000 m de altitude.

Em regiões tropicais e subtropicais, o máximo de precipitação geralmente ocorre abaixo dos picos de montanhas mais elevadas, e diminui à medida que a elevação aumenta. Neste contexto, vários registros mostram que a elevação média de maior precipitação é de 1200 m, enquanto que acima de 2000 m há uma notável diminuição nas quantidades (BARRY; CHORLEY, 2013).

É evidente que ocorre uma diferença entre a pluviosidade e a orografia tropical e a temperada. Essa distinção pode ser explicada pelo fato de haver uma concentração de umidade em uma camada de ar próxima a superfície nos trópicos (BARRY; CHORLEY, 2013).

Há vários estudos que apontam a relação existente entre a precipitação e o relevo. Sobretudo no que tange a altitude, a exemplo de Conti (1975), Cândido e Nunes (2008), Milanesi (2007), Pinto (2013), entre outros. Entretanto, grande parte dos trabalhos é direcionada ao estado de São Paulo. Dessa forma:

[...] o efeito orográfico sobre as precipitações é bastante conhecido. Ele é, com efeito, notável nas grandes cadeias no Globo, como por exemplo, nos Andes, nas Montanhas Rochosas, etc. Por outro lado, um fenômeno também bastante frequente é o da formação de nuvens orográficas sobre montanhas sensivelmente mais baixas. Seria de se esperar, portanto, a constatação do efeito orográfico nas precipitações em barreiras montanhosas de pequena escala (CONTI, 1967, apud, CÂNDIDO; NUNES, 2008, p.15).

Nunes et al., (2009), argumentam que, as características do relevo, como, a configuração e sua disposição são aspectos importantes para a compreensão da diversidade climática existente no Sudeste do Brasil. Neste âmbito, a dinâmica orográfica, pode até não ocorrer de “[...] *forma espetacular, mas contribuindo para que localmente ocorram algumas diferenças, se não no ritmo, nos montantes pluviais e nas temperaturas*” (p.244).

Embora o efeito da orografia na distribuição da precipitação seja o foco principal deste trabalho, é importante ressaltar que, a orografia não é a única gênese da precipitação, ela refere-se apenas como um agente intensificador das precipitações, e em muitos casos os valores de precipitação se diferenciam de maneira considerável de uma vertente a outra em um curto espaço (CÂNDIDO; NUNES, 2008).

O efeito orográfico é tão importante que, no caso da Cordilheira dos Andes, segundo Mendonça; Danni-Oliveira (2007), a elevação inibe a penetração da umidade proveniente do oceano Pacífico em direção ao interior do continente, embora não impeça que as massas polares cheguem ao norte da América do Sul. De maneira geral, na América do Sul, a distribuição das terras e feições de relevo diversas em diferentes latitudes contribui para a atuação e desenvolvimento de sistemas atmosféricos distintos, fazendo com que ocorra uma heterogeneidade climática desta região (REBOITA et al., 2012).

Valeriano; Picini (2003) identificaram para o estado de São Paulo que, as variações da precipitação anual acompanham os desníveis altimétricos. Nas altitudes mais elevadas, a quantidade de chuvas é elevada. Por outro lado, as áreas próximas ao litoral também apresentam quantitativos de chuvas elevados, evidenciando uma forte influência dos fatores topográficos, bem como da proximidade com a costa.

Por outro lado, as vertentes a sotavento de uma elevação sofrem com uma considerável queda nos totais de precipitação, pelo fato de o ar já ter perdido uma boa parte de sua umidade. Segundo Cândido; Nunes (2008), este fenômeno é conhecido como “*Chinok, efeito Föhn ou rainshadow effect (sombra de chuva)*” (p.15). Segundo os mesmos autores, é este fenômeno que contribui para a formação do

deserto da Patagônia, localizado a sotavento da Cordilheira dos Andes, deserto de Gobi na Mongólia, dentre outros.

Cândido; Nunes (2008) identificaram em São Paulo fenômenos bem similares aos citados acima, devido às elevações proeminentes do estado de São Paulo. Além disso, identificaram também totais pluviométricos inferiores a sotavento de algumas elevações onde os totais pluviométricos a barlavento possuem altitudes equivalentes.

3.8 – Estudos de Casos

Em 1951 Ferraz afirmava que o estudo das chuvas é relevante, devido a importância do fenômeno na vida do homem e, de maneira geral no “[...] *concerto geral do ambiente físico*” (p.712). Pode-se dizer que os estudos relativos à variabilidade da precipitação são bastante densos. Conrad (1941, apud, NERY et al., 2002), “*estudou a variabilidade relativa da precipitação média anual de estações distribuídas no mundo encontrando tres regiões distintas*” (p.1). Neste contexto, assim expressa Ferraz:

Dentre os elementos da atmosfera, tirando os gases que para viver respiramos, o mais importante para o homem é a precipitação, sobretudo a chuva, a mais comum sobre a maior área do planeta. Importuna ou vexatória ao individuo, desastrosa, por excesso ou ausência, para a comunhão, ela se tornou uma das maiores bênçãos da Natureza. Aparentemente simples como fenômeno físico, é entretanto complexa, sutil e caprichosa, em suas formações e incidências, desafiando ainda hoje o cientista mais atilado, quer no campo teórico e experimental, quer no domínio do seu controle. (FERRAZ, 1951, p. 712).

Através da literatura específica, é possível afirmar que, em praticamente todas as regiões do Brasil, há estudos relativos à variabilidade e comportamento da pluviosidade. Esse fato dar-se-á pelo grau de importância que essa componente climática possui no quesito ambiental e humano também. No Espírito Santo, em 1951, Ruth Matos Almeida Simões desenvolve um trabalho acerca da distribuição das normais de chuvas do Espírito Santo, com base em seis estações meteorológicas¹⁹. Neste contexto, a autora identificou que as áreas mais elevadas

¹⁹ SIMÕES, R. M. A. Distribuição das normais de chuvas no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geografia**, Ano XIII, 1951, p.102-106.

possuem os maiores quantitativos de chuva devido a, sobretudo, a orografia. Além disso, a autora afirma que as médias pluviométricas estão intimamente relacionadas com o seu sítio.

Bergeron (1968, *apud* MILANESI, 2007) foi quem descreveu pela primeira vez os processos formadores da chuva orográfica. É a este pesquisador que é dado o título de “pai” da teoria da chuva orográfica. Além deste, Smith (1979), em “*the influence of mountains on the atmosphere*” e Barry; Chorley (1979)²⁰ em “*atmosphere, wather and climate*” desenvolveram os clássicos acerca da temática em discussão (BLANCO, 2000; MILANESI, 2007).

No Brasil, por exemplo, o professor José Bueno Conti (1967/1975), relacionou a distribuição da precipitação no trecho lesnordeste de São Paulo com o efeito orográfico, bem como com a circulação secundária. Neste contexto, o autor traçou, o que ele denominou de eixo de observação, levando em consideração uma linha que cortasse transversalmente os principais compartimentos de relevo da área em estudos. Além disso, o pesquisador se valeu de uma rede meteorológica de mais de 48 postos pluviométricos, concedidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), entre 1959 a 1968. Outros pesquisadores que também trabalharam nesta linha de pesquisa foram: Nunes (1993), Blanco (2000), entre outros.

Azevedo (2001)²¹, por meio de pluviômetros experimentais confeccionados a partir de garrafas descartáveis, analisou a distribuição de chuva na cidade de São Paulo, introduzida em microbacias hidrográficas. O pesquisador acima citado adotou o parâmetro de 1 pluviômetro por km², conforme sugerido por Schilling (1991). Ainda neste contexto, a altura máxima dos instrumentos de medida da chuva em relação à superfície foi de 1,5 metros. O autor considerou que os pluviômetros deveriam ficar livres de obstáculos, ou seja, longe da influência de barreiras naturais (árvores) e/ou artificiais e em uma inclinação de 45°. Além disso, os pluviômetros deveriam ter uma distribuição homogênea.

²⁰ No Brasil, uma versão desta obra clássica da climatologia foi lançada em português pela editora Bookman, da qual se utiliza neste trabalho. BARRY, R. G; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Tradução de Ronaldo Cataldo Costa. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

²¹ AZÉVEDO, T.R. de. Distribuição espacial de chuva: ensaio metodológico: in.: TARIFA, J. R; AZEVEDO; T. R. de. **Os climas na cidade de São Paulo**. São Paulo: USP, 2001.

Ely (2006)²², em sua tese de doutorado, defendida pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP de Presidente Prudente, analisa os temas mais trabalhados em diversas pesquisas acerca da climatologia geográfica e classifica a variabilidade pluvial, em termos percentuais em 28%, perdendo apenas para o tema clima urbano, com 39%.

Ainda no estado de São Paulo, na ilha de São Sebastião, mais conhecida como Ilha Bela, Milanesi (2007), estudou o efeito da orografia num trecho da rodovia Castelhanos por meio de 13 postos pluviométricos convencionais, no ano hidrológico (AH) de 2004/2005. Neste contexto, o autor verificou que, há uma forte influência da orografia local no que se refere a distribuição e intensificação das chuvas, independente da estação do ano.

Cândido; Nunes (2008), por meio de interpolação de dados de 89 postos pluviométricos do Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE), por um período de 30 anos (1977-1999), avaliaram a relação da altitude com a pluviosidade, entre o vale do rio Tietê e a serra da Mantiqueira. Através dos resultados deste trabalho, os autores evidenciaram uma forte relação entre a altitude local e a distribuição de chuvas.

Em Belo Horizonte (MG), Assis (2009) desenvolveu um trabalho acerca da variabilidade temporal e espacial das precipitações em áreas urbanas, por meio do método dos pluviômetros experimentais, confeccionados a base de cano PVC de 100 mm. Os resultados desta pesquisa indicaram uma alta correlação entre a rugosidade superficial e os quantitativos de chuvas no local, o que comprova o efeito da orografia e também da urbanização sobre a pluviosidade. Além disso, o autor compara os dados de chuva coletados em campo com os dados de postos institucionais.

João Afonso Zavatini (2009) relaciona as chuvas e as massas de ar para o estado do Mato Grosso do Sul. O autor menciona que, no Brasil, ainda há lacunas no que se refere aos estudos climáticos.

²² Neste trabalho, a autora se apoiou em cerca de 150 teses e dissertações dos seguintes programas de pós-graduação em Geografia: o da Universidade de São Paulo (USP), o da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Rio Claro, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Sergipe (UFS), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Universidade Estadual de Maringá (UEM), defendidos no período de 1944 a 2003.

Com base em uma série histórica de 1966 a 2009, da estação meteorológica 83781 (Mirante-Santana), Salvador; Santos (2010) realizaram uma análise da precipitação na cidade de São Paulo (SP), com o objetivo de verificar alguma mudança no comportamento das chuvas ao longo deste período de análise, a partir do método de índices de extremos propostos pelo *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI).

Nascimento et al., (2012), de posse de uma série histórica de 1966 a 1998, concedidas pelo INCAPER (ES), analisaram a distribuição das chuvas no Espírito Santo e relacionaram-a com o relevo. Em um estado com altitudes diversificadas, cujo ponto mais alto localiza-se na Serra do Caparaó (cerca de 3000 metros), é plausível que há uma forte influência destas com a distribuição e intensificação das chuvas.

Mendonça et al., (2013) publicaram um trabalho intitulado de “*variações mensais e interanuais de precipitação pluviométrica no município de Ouro Preto D'oeste (RO), Amazônia Ocidental*”. Neste trabalho os autores identificaram, por meio de dados de precipitação pluviométrica fornecidos pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), série histórica de 1982 a 1999, que há uma forte relação das precipitações locais, que chega a 1.939mm média anual, com os fenômenos El Niño e La Niña.

Coelho; Souza (2014)²³ avaliaram a dinâmica da precipitação no município de Rio Claro, São Paulo, usando a metodologia que possibilita a classificação dos Anos Padrões. Por meio de dados concedidos pelo CEAPLA em 2012, com série histórica de 1980 a 2012, os autores identificaram que, para o município de Rio Claro, cerca de 30% dos anos mencionados tendem a serem secos (menor que 30%) e 30% chuvosos (maior que 30%), o restante tende a seco/chuvoso ou normal.

Núbia Beray Armond (2014)²⁴, em trabalho dissertativo intitulado “*Entre eventos e*

²³ COELHO, T. A. S; SOUZA, P. H. de. Precipitação no município de Rio Claro/SP: uma análise metodológica de classificação de anos padrões. I **Simpósio Mineiro de Geografia** – Alfenas 26 a 30 de maio de 2014.

²⁴ Para saber mais, ler ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios**: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. Dissertação (mestrado em geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Presidente

episódios: As excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro” relacionou os episódios de chuvas intensas com os alagamentos ocorridos na cidade do Rio de Janeiro. A autora identificou os eventos de chuvas que causam repercussões na área em estudos em questão tendo como subsidio a abordagem da Geografia do Clima.

No Rio Grande do Sul, no centro do estado, Forgiarini et al., (2014), analisaram o efeito do relevo sobre as chuvas no município de Silveira Martins, através do monitoramento contínuo de dados de pluviosidade por meio de dez pluviômetros experimentais, quatro a barlavento da área em estudo e seis a sotavento. Os autores fizeram, neste caso, análises estatísticas e compararam os dados a barlavento com os dados a sotavento, e chegaram a conclusão de que o relevo é fator fundamental na distribuição e intensificação das chuvas no local supracitado.

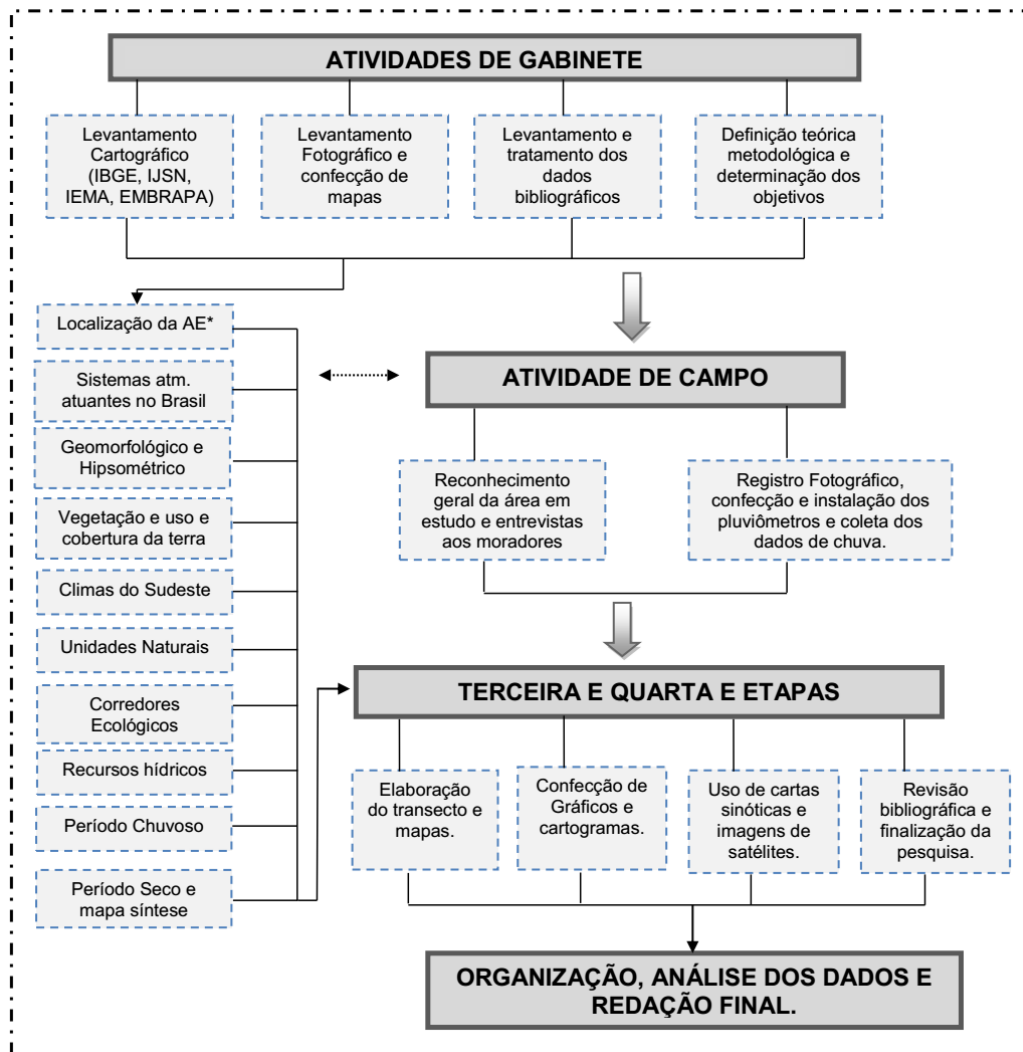
Prudente, 2014. Esta dissertação recebeu em 2015, o prêmio Aziz Ab'Sáber de melhor dissertação em Geografia Física no XI Encontro Nacional da ANPEGE.

Capítulo 4 – Procedimientos Metodológicos

4.1 – Fases de Elaboração da Pesquisa

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa consideraram pelo menos quatro fases, entre trabalhos de gabinete e de campo, conforme o roteiro metodológico abaixo (Figura 18).

Figura 18 – Roteiro metodológico da pesquisa.



Organizado pelo autor/2016.

A *primeira fase*, constituída como etapa de gabinete, refere-se ao levantamento bibliográfico acerca dos principais temas abordados ao longo da pesquisa, entre livros, teses, dissertações, e artigos científicos. Ainda nesta etapa, foi realizada uma busca de dados, junto aos órgãos responsáveis pelo monitoramento do clima (INMET e INCAPER), bem como dados de série histórica da pluviosidade da área em estudo junto a ANA, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo, a serem usados nesta pesquisa para uma caracterização histórica da pluviosidade da área em estudo,

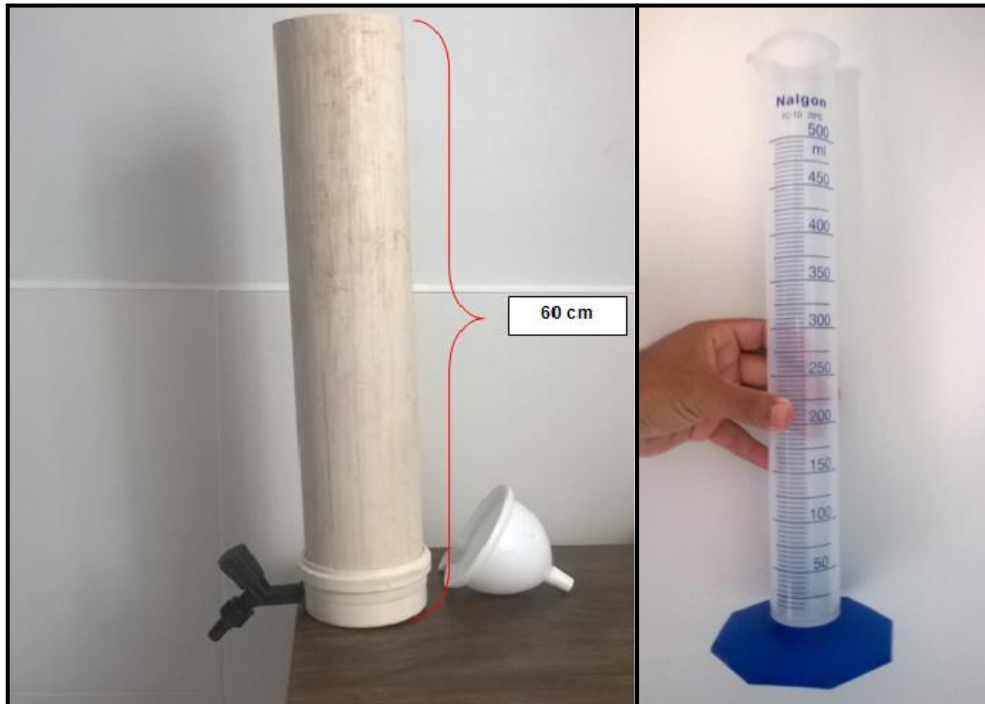
bem como do clima regional e local como um todo. Além disso, foram desenvolvidas análises dos dados de outras variáveis atmosféricas, como, temperatura do ar, radiação solar, direção e velocidade dos ventos. De Martonne (1953), afirma que há uma forte relação entre os diversos elementos da atmosfera, tais como, a temperatura do ar, umidade do ar, radiação, precipitação e os ventos. Nesta pesquisa, considera-se importante o conhecimento da velocidade e direção dos ventos, haja vista que estes são agentes que transportam umidade de um local para outro.

Sant'Anna Neto (2002) afirma que "*Desde a mudança de paradigma, a partir de Sorre e das contribuições de Monteiro, a climatologia geográfica no Brasil tem sido eficiente na compreensão e explicação dos mecanismos da circulação atmosférica regional e dos sistemas produtores dos tipos de tempo*". (p.324). Além disso, este trabalho se valeu de uma análise de outros elementos da atmosfera para a compreensão do clima local, tendo em vista a forte relação que há entre eles.

A *segunda fase*, caracterizada como trabalho de campo, partiu-se para a aquisição do material e da confecção dos pluviômetros experimentais, a saber são: cano PVC de 100 mm, torneira, tampão de 100 mm, funil, régua graduada e uma proveta graduada em mililitros de 500ml (Figura 19). Ainda nesta etapa, foi realizada uma visita prévia a campo com o propósito de escolher os melhores pontos para a instalação dos pluviômetros, bem como entrevistas a moradores do local, a fim de solicitar aos mesmos, a autorização necessária para a instalação dos pluviômetros nos quintais das residências, com o propósito de evitar avarias, furtos e depredações dos instrumentos por parte de transeuntes que ali caminham diariamente.

Um pluviômetro, segundo Varejão-Silva (2006), é um aparelho construído a base de um cilindro, geralmente com o fundo afunilado. Dessa forma, a água é captada e escoada até o fundo do aparelho que depois é coletada por meio de uma proveta graduada. O formato cilíndrico do pluviômetro é o mais recomendável, pelo fato de ele oferecer idênticas condições de exposição ao vento, seja este de qualquer direção. Isso faz com que as perdas por evaporação sejam menores, e em muitos casos irrisórias, sobretudo se considerar o diâmetro da boca coletora, que neste caso é de 11 centímetros. Ressalta-se também que, os pluviômetros experimentais cumprem a função do pluviômetro "*Ville de Paris*", porém com precisão adequada ao trabalho.

Figura 19 – Material utilizado para a confecção dos pluviômetros experimentais e a proveta de 500 ml para a coleta.



Organizado pelo autor/2015.

O uso dos pluviômetros experimentais²⁵ a partir de cano PVC é justificado pelo fato de ser um material de baixo custo, e leve; portanto, de fácil manuseio e fácil de transportar. Além disso, o PVC²⁶ possui durabilidade maior, 50 anos é o tempo de vida útil do PVC, ou seja, propicio à pesquisa, que tem um tempo de coleta de dados de um ano (AH 2015/2016). Considerou-se também, o fato de ser um material de fácil manuseio, tendo em vista que era preciso desmontá-los de vez em quando, seja para limpeza ou para pequenos reparos. Além disso, a instalação dos pluviômetros seguiu alguns critérios que são considerados importantes, como por exemplo, a altura do aparelho em relação ao solo, que neste trabalho foi de, no mínimo 1 metro e 30 centímetros, e livres de “barreiras”, sejam naturais e/ou artificiais (Figura 20).

²⁵ Segundo Azevedo (2001) em estudo semelhante com pluviômetros experimentais, as perdas por evaporação potencial dos volumes das chuvas, são praticamente desprezíveis, tendo em vista que o gargalo do funil utilizado no experimento era de 1,2cm, aproximadamente.

²⁶ Vários trabalhos já foram feitos nesta linha de pesquisa e que utilizaram os pluviômetros experimentais, a exemplo de Milanesi (2007) e Assis (2009). Esta pesquisa de mestrado, além de ter considerado a vida útil do PVC, cerca de 50 anos, considerou também a pouca agressão ao meio ambiente; capacidade de armazenamento, tendo em vista que o tempo de coleta é de 10 em 10 dias. Mais detalhes acerca dos pluviômetros experimentais, vide: MILANESI, M.A. **Avaliação do efeito orográfico na pluviometria de vertentes opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela - SP)**. 2007. 150pags. Dissertação (mestrado em Geografia Física). USP/FFLCH/DG, São Paulo, 14/set/2007; e ASSIS, W. L. Variações temporais e espaciais da precipitação em áreas urbanas: estudo de caso na região oeste do município de Belo Horizonte. **Geosul**, Florianópolis, v. 24, n. 48, p 177-196, jul./dez. 2009.

No que se refere à captação de chuva em um pluviômetro, Ayoade (2013) afirma que:

O volume da chuva captado por um dado pluviômetro em determinado local depende de numerosos fatores, tais como a altura do pluviômetro em relação ao solo, a velocidade do vento e a taxa de evaporação. Os fatores de localização do sítio²⁷ também são importantes. Experimentos têm demonstrado que quanto maior a altura do pluviômetro acima do solo, menor é o volume de chuva captado. (p.160-161).

A Tabela 2 demonstra a relação entre a captação de chuva do pluviômetro e a altura do mesmo em relação ao solo. Esta tabela foi de suma importância na definição da altura da boca dos pluviômetros em relação ao solo. Assim, considerando-a, neste estudo a captação de água chegou a quase 100%.

Foram selecionados sete pontos para a instalação dos postos pluviométricos, considerando altitudes diferentes e contextos de uso e cobertura da terra distintos, ao longo de um transecto de aproximadamente 20 km de extensão, na rodovia Josil Spíndola (ES 261). A Figura 21 evidencia os postos pluviométricos e o transecto esquemático da área em estudo.

O método do transecto é bastante usado em pesquisas de cunho climatológico. Fialho; Paulo (2014)²⁸, em trabalho intitulado “*Clima e sítio: variabilidade termohigrométrica ao longo do transecto Ponte Nova-Ubá, Zona da Mata Mineira*”, analisaram as diferenças de temperatura e umidade, em diferentes contextos de sítio por meio da técnica mencionada. Assim, os autores encontraram diferenças significativas ao longo do transecto, em relação a temperatura do ar e da umidade relativa do ar.

²⁷ Para Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1990), o sítio refere-se às características geológicas do local. Segundo o autor, poucos são os trabalhos que consideram estas características, pois, elas são um fator fundamental na diferenciação de alguns elementos do clima, inclusive a chuva.

²⁸ FIALHO, E. S; PAULO, M. L. S. *Clima e Sítio: a variabilidade termohigrométrica, ao longo do transecto Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira/Brasil*. In.: SILVA et al. *Experimentos em climatologia geográfica*. Dourados, MS: UFGD, 2014.

Figura 20 – Pluviômetro experimental 1 P1), a 87 metros de altitude, na Rodovia Josil Espíndola usado para coleta de chuvas no AH 2015/2016.



Foto do autor/2015.

Tabela 2 – Variações da captação da chuva em função da altura do pluviômetro.

Altura da boca do pluviômetro (acima do solo)	Captação da chuva em (%) (em relação à altura de 0,3 m)
50 mm	105
100 mm	103
150 mm	102
200 mm	101
300 mm	100
0,45 m	99,2
0,75 m	97,7
1,5 m	95
6 m	90

Fonte: Ayoade (2013), modificado pelo autor (2016).

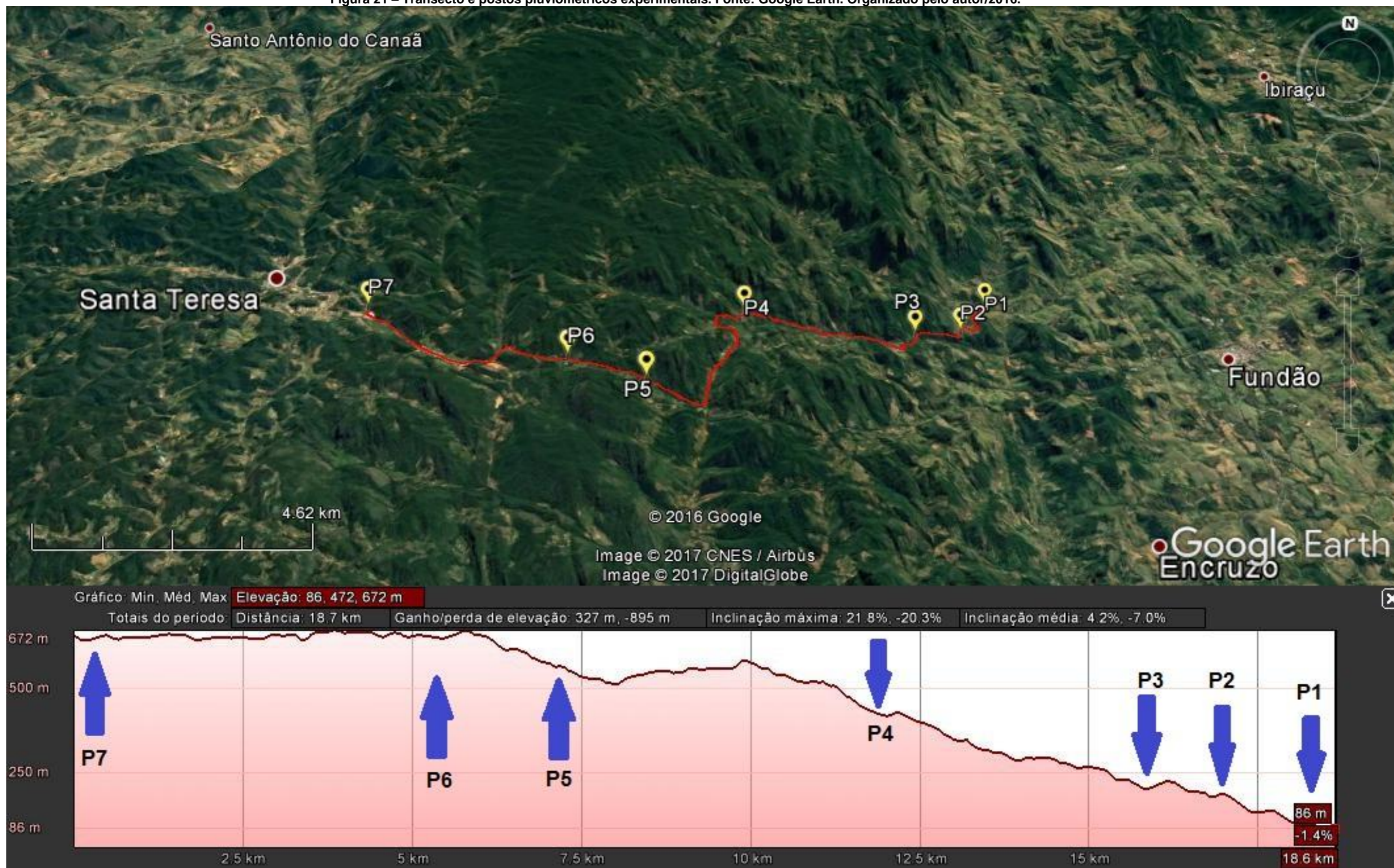
O primeiro posto (P1) localiza-se em uma altitude de 87 metros, com cobertura da terra caracterizada por áreas de cultivo, residências isoladas, e alguns traços de vegetação natural de Mata Atlântica (Figura 22). O segundo posto (P2) localiza-se a uma altitude de 186 metros, caracterizado por áreas com cultivos diversos (banana, café, eucalipto, etc.) (Figura 23).

O terceiro posto (P3), a 201 metros, é caracterizado por áreas de vegetação natural do ecossistema Mata Atlântica e com algumas culturas agrícolas (Figura 24). O quarto posto (P4), a 444 metros, caracteriza-se por ser uma área com muitas culturas, alguns traços de vegetação natural e solo exposto (Figura 25). O quinto posto (P5) encontra-se a 588 metros de altitude, e também está localizado em uma área com a presença marcante de vegetação natural, pasto, eucalipto e culturas agrícolas (Figura 26).

O sexto posto (P6) está a uma altitude de 653 metros e sua localização é caracterizada por vegetação natural, algumas poucas residências e culturas agrícolas diversas (Figura 27). Por fim, o sétimo posto (P7), a 657 metros de altitude, o mais elevado de todos os postos, refere-se ao ponto mais distinto de todos, tendo como característica áreas urbanizadas e com algumas porções de terras com culturas agrícolas, cultura de eucalipto e pouco vestígio de vegetação natural (Figura 28). Este posto foi o que apresentou os menores volumes de chuva ao longo do AH 2015/2016.

Após os pluviômetros instalados, deu-se início a *terceira fase* do trabalho, que também foi caracterizada, em boa parte, como atividade de campo, pois, foi nesta fase que foram feitas as coletas de água de chuva, que teve início em novembro de 2015 a dezembro de 2016, período denominado ano hidrológico 2015/2016 (AH 2015/2016).

Figura 21 – Transecto e postos pluviométricos experimentais. Fonte: Google Earth. Organizado pelo autor/2016.



Fonte: Google Earth (2016). Organizado pelo autor/2017.

Figura 22 – Características do local no posto 1 as margens da rodovia Josil Espíndula, 87 metros de altitude, e ao fundo o Monte Goiapaba-Açú, Fundão (ES).



Fonte: acervo do autor/2017.

Figura 23 – Características do local no posto 2 as margens da rodovia Josil Espíndula, 186 metros de altitude.



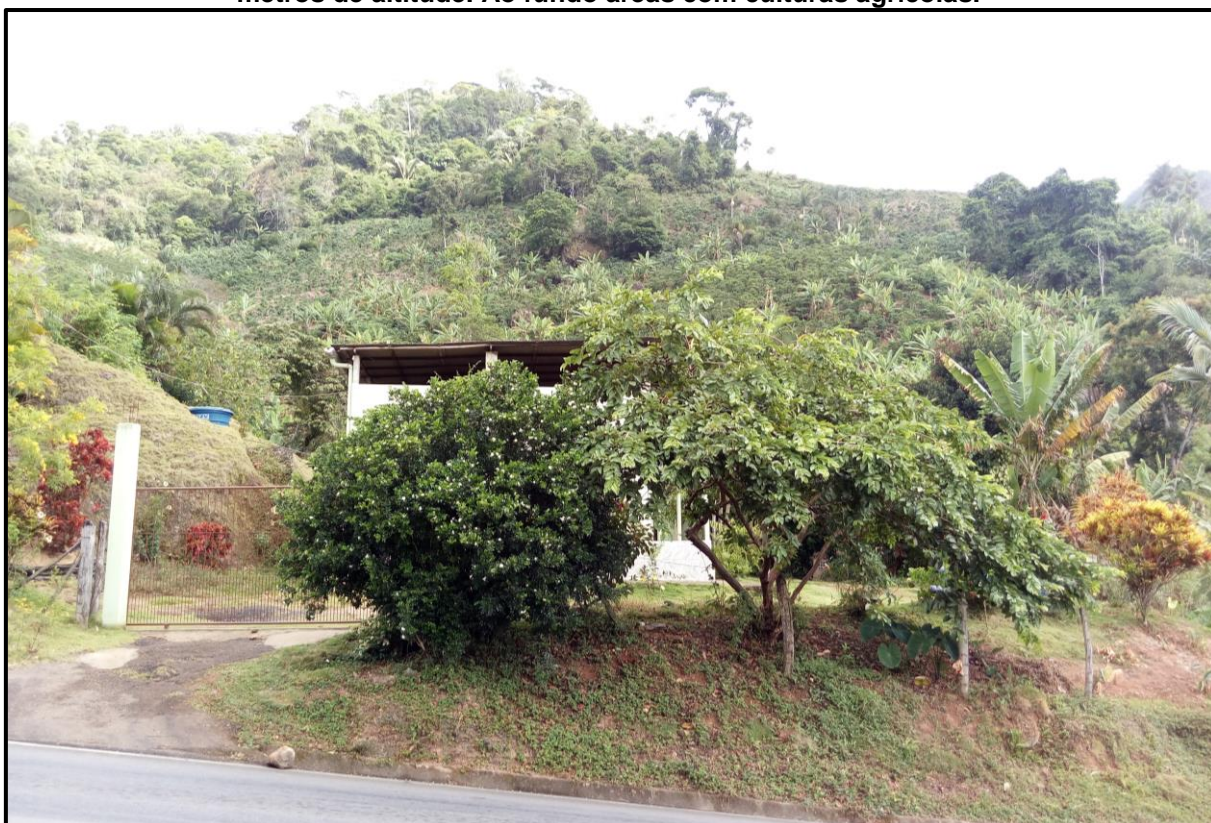
Fonte: acervo do autor/2017.

Figura 24 – Características do local no posto 3 as margens da rodovia Josil Espíndula, 201 metros de altitude. A esquerda da foto um trecho expressivo com vegetação arbórea de Mata Atlântica.



Fonte: acervo do autor/2017.

Figura 25 – Características do local no posto 4 as margens da rodovia Josil Espíndula, 444 metros de altitude. Ao fundo áreas com culturas agrícolas.



Fonte: acervo do autor/2017.

Figura 26 – Características do local no posto 5 as margens da rodovia Josil Espíndula, 588 metros de altitude.



Fonte: acervo do autor/2017.

Figura 27 – Características do local no posto 6 as margens da rodovia Josil Espíndula, 653 metros de altitude.



Fonte: acervo do autor/2017.

Figura 28 – Características do local no posto 7 as margens da rodovia Josil Espíndula, 657 metros de altitude.



Fonte: acervo do autor/2017.

A coleta foi realizada a partir de um cronograma de visita de, pelo menos três vezes ao mês, mas, em algumas situações, devido a poucas chuvas neste período, as visitas foram desenvolvidas de acordo com cada evento de chuva. Dessa forma, se ocorreu chuva em um dia a coleta era feita no dia seguinte após o evento. Isso foi permitido a partir da observação do *tempo* e consultas a *sites* responsáveis pelo monitoramento da atmosfera, a exemplo do INCAPER. A Tabela 3 apresenta a base de dados analisada neste trabalho. Nela, consta os valores acumulados mensais e anuais de cada posto pluviométrico ao longo do AH 2015/2016. As leituras são feitas em mililitros (ml), mas, é fato conhecido que, a medida da coluna d'água é dada em milímetros (mm) (Anexo 1). Para solucionar esta questão, os dados em ml foram convertidos em mm, de acordo com a metodologia de Assis (2009), conforme equação 1 abaixo.

Tabela 3 – Banco de dados do transecto referente ao AH 2015/2016.

Postos pluviométricos	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	Acumulado total (mm)	Altitude (m)
1	54	38	74	13	24	19	0	5	58	28	0	53,69	100,02	467	87
2	74	82	237	161	93	49	9	1	103	38	17	121,28	173,92	1159	186
3	98	91	234	102	60	33	0	0	96	43	13	42,85	435,86	1248	201
4	83	59	218	174	182	14	5	9	147	52	15	115,81	435,54	1509	444
5	106	43	224	84	92	23	0	0	102	41	13	26,85	85,80	839	588
6	143	61	227	73	77	19	0	0	104	30	10	96,65	384,48	1225	653
7	77	9	65	79	39	21	0	0	50	19	0	71,59	207,09	637	657
Total (mm)	634,41	383,39	1279,10	685,80	567,35	178,00	13,78	15,04	658,73	251,18	66,98	528,71	1822,71		
Média mensal (mm)	90,63	54,77	182,73	97,97	81,05	25,43	1,97	2,15	94,10	35,88	9,57	75,53	260,39		

Adaptado de Milanesi (2007).

$\text{VOLcap} = \text{Acap} \cdot h$ $h = \frac{\text{VOLcap}}{\text{Acap}}$ <p style="text-align: right;">Eq. (1)</p> <p>onde, h = altura da chuva em milímetro (mm) VOLcap = volume de água captada no pluviômetro em cm^3 Acap = área da superfície de captação em cm^2 Utilizando a proveta: $\text{VOLcap} = \text{VOL prov}$ $\text{Acap} \cdot h = \text{aprov. Hprov.}$ Se $k = 10$ (Acap é dez vezes aprov), e 1cm na proveta equivale a 1mm de chuva.</p>

Adaptado de Assis (2009).

4.2 – Caracterização climática

Paralela às atividades de campo na coleta de chuvas, foram sendo desenvolvidas atividades de gabinete. Essas atividades dizem respeito ao levantamento dos dados dos elementos da atmosfera (pluviosidade, temperatura do ar, umidade relativa do ar, insolação, direção e velocidade do vento) por meio do *site* do INMET e da estação da ANA, também próxima a área em estudo, no mesmo período de análise 2015/2016, e depois foram representados em gráficos no *software* Excel. Os dados foram levantados através da estação meteorológica localizada em Santa Teresa, a 976 metros de altitude, e em coordenadas de latitude 19.988388°S e Longitude 40.579572°O, a mais próxima da área em estudo. Abaixo são apresentados dois quadros que resumem as características das estações usadas para a análise dos elementos da atmosfera do local (Quadros 2 e 3).

Quadro 2 – Posto meteorológico utilizado para a caracterização da climatologia da temperatura do ar e pluviosidade.

Código	Responsável	Nome	Altitude	X	Y	Ano Inicial	Ano Final
86804	INMET	Santa Teresa	976	334800	7788957	1977	2008

Fonte: INMET (2016).

Quadro 3 – Postos pluviométricos utilizados para a caracterização da climatologia das chuvas na área em estudo.

Código	Nome	Altitude	X	Y	Ano Inicial	Ano Final
2040003	Fazenda Fonte Limpa (DNOS)	70	362188	7766908	1947	2012
2040008	Garrafao (DNOS)	940	293524	7771430	1947	2012
2040007	Santa Maria do Jetiba (DNOS)	710	317647	7784432	1947	2012
1941008	Laranja da Terra	250	284369	7798139	1947	2012
1940000	Itarana	165	303856	7801345	1947	2012

1940001	Sao Joao de Petropolis	149	324139	7809186	1947	2012
1940005	Cavalinho	50	353400	7821972	1948	2012
2040010	Santa Leopoldina (DNOS)	160	340266	7776683	1949	2012
1940010	Valsugana Velha-Montante	675	337532	7792931	1956	2012
1940012	Itaimbe	70	307582	7824791	1957	2012
2041023	Afonso Claudio-Montante	300	277338	7778584	1967	2012
1941009	Ibituba	160	288313	7821351	1967	2012
1940006	Colatina (PCD)	40	327315	7839329	1967	2012
1940020	Caldeirao	690	317730	7792548	1970	2012

Fonte: Ana (2012).

Após as conversões e correções dos dados de chuva coletados em campo, deu-se início a *quarta fase* do trabalho. Nesta etapa da pesquisa foram elaborados gráficos de distribuição de chuvas ao longo do transecto em estudo nas escalas mensal, períodos chuvoso e seco e anual bem como um mapa síntese dos resultados. Em seguida foram realizadas as análises e discussão dos resultados, bem como uma revisão geral, redação final e finalização da pesquisa.

4.3 – Balanço hídrico

Para a realização do balanço hídrico dos municípios de Fundão e Santa Teresa, foi adotado o método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955), empregando o método da planilha Excel sugerido por Rolim et al., (1998), aliás, o mais utilizado em pesquisas de caráter climatológico no Brasil. Este tipo de análise é importante, pois, segundo Milanesi (2007), demonstra a contabilidade de água no solo, além de ser um fator fundamental para o desenvolvimento de uma cultura vegetal, culturas agrícolas, bem como demonstra a dinâmica florestal e climática de uma determinada superfície do planeta.

Tubelis; Nascimento (1980), afirmam que o balanço hídrico: “ [...] é um método de se calcular a disponibilidade de água no solo para as comunidades vegetais. Contabiliza a precipitação perante a evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de armazenamento de água” (p.300). Além disso, “a disponibilidade de água no solo é um fator ecológico mais correlacionado com a distribuição geográfica das espécies vegetais do que a precipitação”. (p.300).

O método de Thornthwaite e Mather (1955) é capaz de fornecer informações sobre a evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP) deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e a capacidade de armazenamento de água no solo, em escala diária a mensal. A grande vantagem deste método é o fato de ele necessitar apenas de dados de temperatura, precipitação e as coordenadas do lugar. Neste trabalho usa-se dados de temperatura do ar e precipitação em escala mensal. Abaixo é apresentada um quadro que representa quais dados são considerados para à elaboração do balanço hídrico (Quadro 4).

Quadro 4 – Dados para cálculo do balanço hídrico.

Meses	T ¹ (°C)	EP ² (mm)	Corr ³ (mm)	ETP ⁴ (mm)	P ⁵ (mm)	P-ETP ⁶ (mm)	Neg Acum ⁷ (mm)	Arm ⁸ (mm)	Alt ⁹ (mm)	ETR ¹⁰ (mm)	Def ¹¹ (mm)	Exc ¹² (mm)	R ¹³ (mm)
Jan													
Fev													
Mar													
Abr													
Mai													
Jun													
Jul													
Ago													
Set													
Out													
Nov													
Dez													
Anual													

Fonte: Tubelis e Nascimento (1980).

Nota: ¹Temperatura; ² Evapotranspiração; ³Evapotranspiração corrigida; ⁴ Evapotranspiração potencial; ⁵Precipitação; ⁷ Negativo acumulado; ⁸Armazenamento; ⁹Alteração; ¹⁰Evapotranspiração real; ¹¹Deficiência; ¹²Excedente; ¹³Reposição.

Assim, foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD, em mm) e foram consideradas as médias mensais de temperatura e precipitação durante o período de 1977 a 2003 da estação meteorológica do INMET, localizada na latitude 19°55'47,9''S, longitude de 40°34'47,9''W e a 648m acima do nível do mar, no município de Santa Teresa, Espírito Santo. Tendo em vista que em Fundão não há estação meteorológica, o balanço hídrico deste município foi avaliado juntamente com o de Santa Teresa.

Capítulo 5 – Análise e Discussões dos Resultados

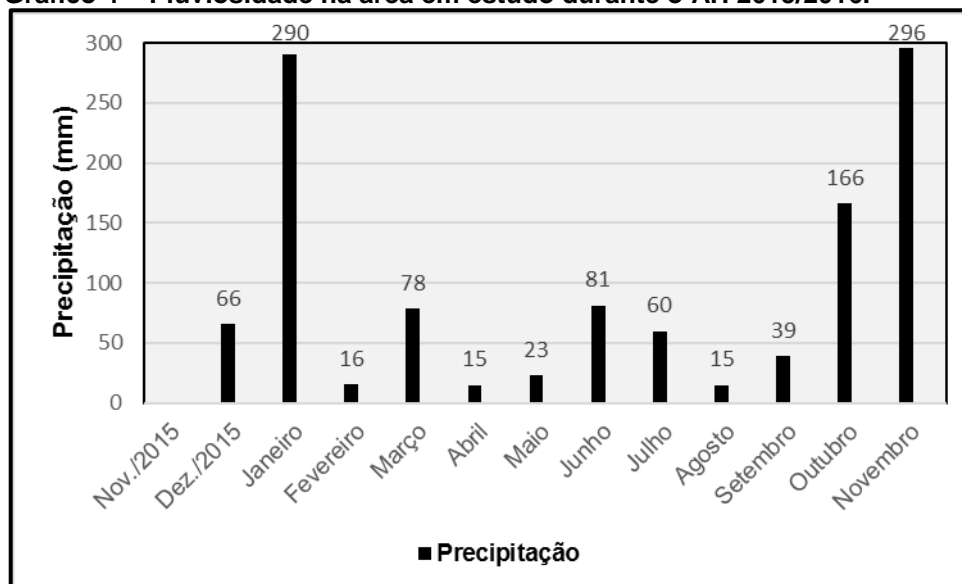
5.1 – Dados institucionais

Na tentativa de aplicar a proposta de Monteiro (1973), que trata da análise rítmica do clima, foram desenvolvidos gráficos de análises rítmicas de dados institucionais da estação meteorológica do município de Santa Teresa, do INMET para o ano hidrológico 2015/2016, a mais próxima da área em estudo e que possui dados acerca dos elementos climatológicos que serão analisados. Essa análise é importante, pois, permite verificar a dinâmica da climatologia local. Assim, serão analisados os seguintes dados: pluviosidade, temperatura do ar e umidade relativa do ar, insolação e direção e velocidade do vento.

5.1.1 – Pluviosidade

Abaixo é apresentado um gráfico que demonstra o comportamento da pluviosidade ao longo do AH 2015/2016. Os dados são da estação meteorológica que fica localizada em Santa Teresa, a 976 metros de altitude, um dos pontos mais altos do transecto, em uma Latitude 19°59'18.20"S e Longitude 40°34'46.46"O (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Pluviosidade na área em estudo durante o AH 2015/2016.



Fonte: INMET/2016. Organizado pelo autor/2016.

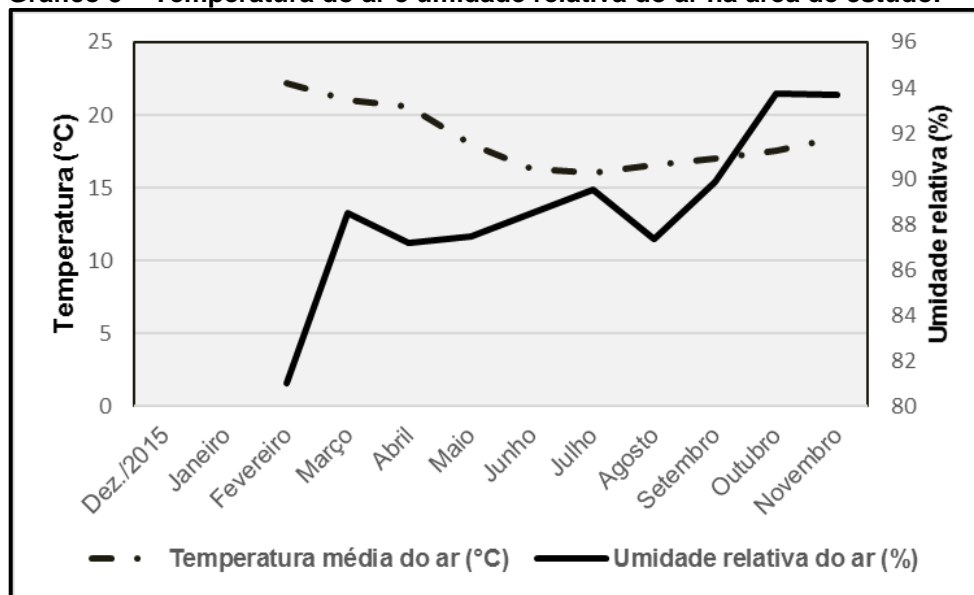
Pela análise do gráfico, percebe-se uma distribuição bem desigual nos meses de dezembro de 2015 a novembro de 2016. Estes meses se encaixam no período de análise desta pesquisa (novembro de 2015 a novembro de 2016). Em dezembro de

2015, por exemplo, a pluviosidade não ultrapassa os 66 mm, enquanto no mês de janeiro do ano subsequente, chega aos 290 mm e outubro e novembro 166 mm e 296 mm, respectivamente. Por ter sido um ano atípico, tendo como base a série histórica analisada anteriormente, os meses de fevereiro a abril de 2016, tiveram uma redução da pluviosidade bem abaixo do que é considerado normal na localidade, acima dos 50%. Possivelmente isso se deve a entrada do fenômeno El Niño. Embora este influencie diretamente o padrão das temperaturas médias, é notória a redução da pluviosidade na área em estudo em um ano que o El Niño atuou.

5.1.2 – Temperatura do ar e umidade relativa do ar

Abaixo serão apresentados os comportamentos da temperatura do ar e da umidade relativa do ar (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Temperatura do ar e umidade relativa do ar na área de estudo.



Fonte: INMET (2016). Organizado pelo autor/2016.

Por ausência de registro, os elementos climatológicos, temperatura do ar e umidade relativa do ar, serão analisados a partir do mês de fevereiro de 2016. Para este mês, a temperatura média ficou em torno do 22,5°C. A partir daí, percebe-se uma diminuição de mais de 2°C de diferença, ou seja, na casa dos 20,5°C em pleno mês de abril. Por outro lado, em maio a temperatura caiu 3°C, de cerca de 21°C para 18°C. a menor temperatura registrada alcançou cerca de 15 °C no mês de julho.

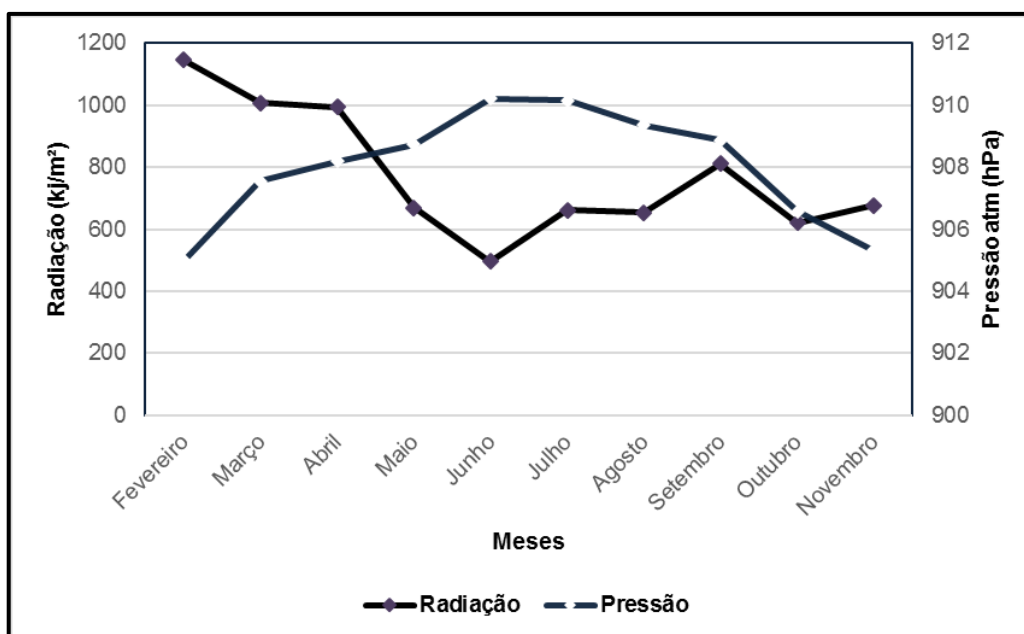
No mês de novembro de 2016, mês considerado quente, geralmente, a temperatura média do ar no município chegou a 18 °C. Assim como a pluviosidade, a temperatura na área em estudo também sofreu influência significativa em função da altitude, se comparado ao município de Vitória, a 9 metros de altitude, capital do estado do Espírito Santo que, no mesmo mês, apresentou uma temperatura média na casa dos 27°C, de acordo com os dados do INMET.

Barry; Chorley (2013), afirmam que, “[...] a redução vertical geral da temperatura, ou gradiente, na troposfera é de aproximadamente 6,5°C/km” (p.62). Porém, essa redução não se mantém constante, pois, depende de várias situações, como, a estação do ano e a localização do posto meteorológico, bem como a altitude deste.

5.1.3 – Radiação e pressão

O gráfico abaixo apresenta a relação entre a pressão atmosférica, medida em (hPa) e a radiação solar, medida em quilojoule por metro quadrado de área (kJ/m²), ao longo de 2016, mais especificamente entre fevereiro e novembro (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Pressão e radiação para o município de Santa Teresa em 2016.



Fonte: INMET/2016. Organizado pelo autor/2016.

Os elementos climatológicos pressão atmosférica e radiação tiveram um comportamento inversamente proporcional ao longo do ano de 2016. Enquanto para os meses de fevereiro a abril os valores de radiação ficaram entre 850 kJ/m^2 ²⁹, a pressão atmosférica (atm), apresentou valores entre 905 a 909 (hPa).

Percebe-se que ao longo do período chuvoso, entre novembro a abril, e considerados os meses mais quentes do ano, são encontrados os maiores valores para a radiação solar, que começam a reduzir durante o período seco, entre maio a setembro, de 700 acerca de 400 kJ/m^2 . A participação da radiação solar na formação de nuvens é reconhecida na literatura específica, pois, é sabido que em locais com valores de radiação elevados, há movimentos de convecção, formadores de nuvens que podem condensar-se e posteriormente precipitarem-se em forma de chuva. No caso estudado, os meses de maior intensidade de radiação foram os meses de maior quantitativo de chuva, como pode ser observado nos gráficos apresentados posteriormente, entre novembro a abril.

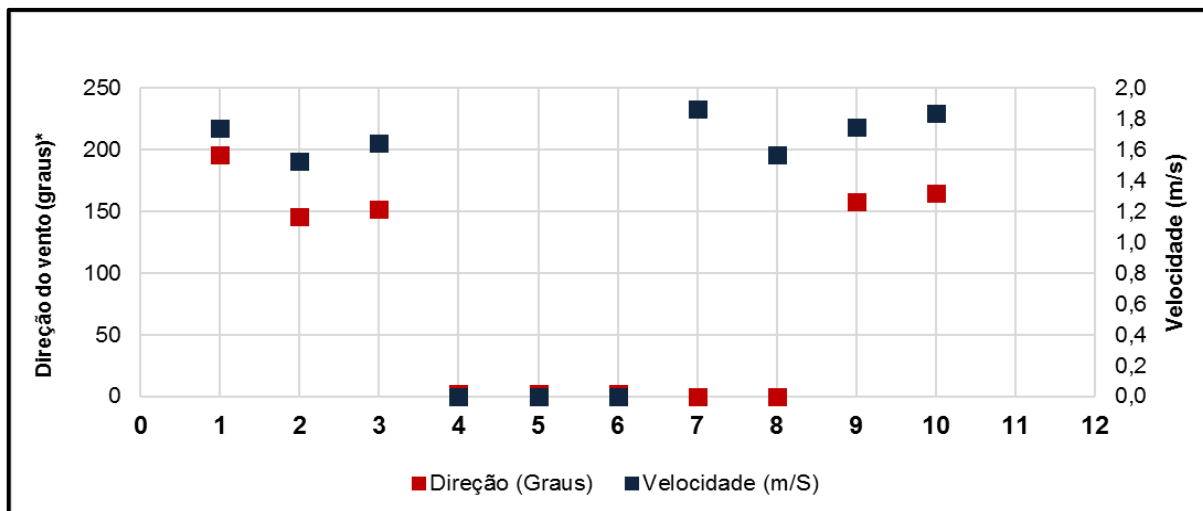
5.1.4 – Direção e velocidade dos ventos

A compreensão dos padrões de vento de um determinado local é de suma importância no que se refere à distribuição, formação e intensificação das chuvas. Tubelis e Nascimento (1980), afirmam que o vento atua sobre uma encosta, por exemplo, gerando uma componente vertical capaz de deslocar uma massa de ar, movendo-a na atmosfera. E esta, ao elevar-se, aumenta sua umidade relativa, podendo saturar-se e conseqüentemente formar nuvens que podem condensar-se em forma de chuva.

Abaixo é apresentado um gráfico de dispersão que representa a relação da velocidade do vento e a direção (Gráfico 7).

²⁹ *Quilojoule* por metro quadrado de área. Segundo do dicionário Priberam, refere-se a uma “Unidade de medida de trabalho ou de energia equivalente a mil joules”. Disponível em: <<https://www.priberam.pt/dlpo/quilojoule>>, acesso em 26/12/2016.

Gráfico 7 – Direção Dados para cálculo do balanço hídrico.e **velocidade do vento em Santa Teresa em 2016.**



Fonte: INMET/2016. Organizado pelo autor/2016.

*0 = N; = 50 = NE; 100 – 180 = LE-SE; 200 – 250 = S-SO

Pela análise do gráfico, é possível perceber que, ao longo do ano de 2016, a direção predominante do vento encontra-se no quadrante sudeste, ou seja, entre 150° e 170°. Conquanto que a velocidade predominante está entre 1,4 a 1,8 m/s².

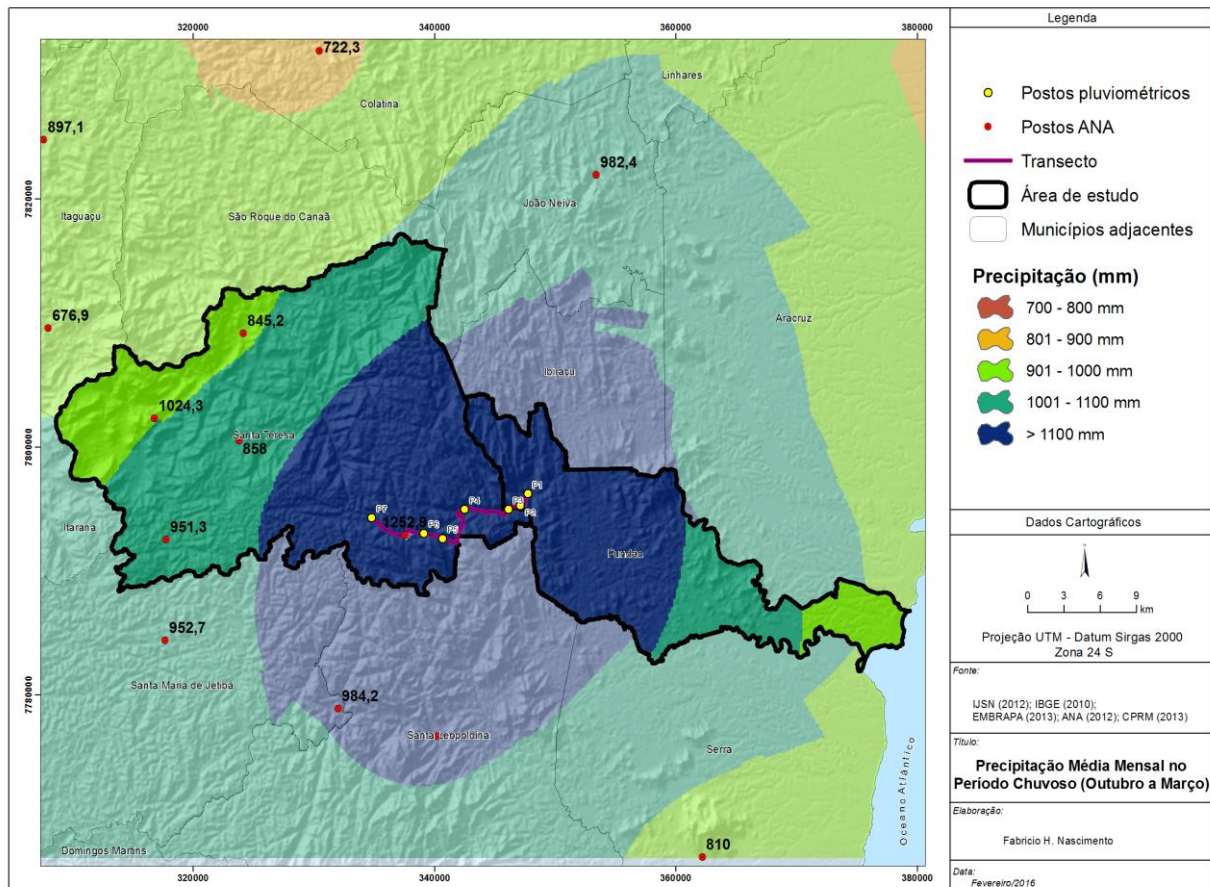
É possível inferir com isso que, há influências significativas dos ventos como agentes canalizadores de umidade devido a própria configuração do relevo local. Não é pretensão deste trabalho analisar com profundidade a influência dos ventos na distribuição das chuvas no local, mas a participação deste elemento é relevante no que se refere à canalização de umidade na área em estudo, sobretudo nos meses mais chuvosos, como janeiro, fevereiro, outubro e novembro.

5.2 – Dinâmica da pluviosidade

Conforme o mapa de distribuição das chuvas no período chuvoso percebe-se que os maiores quantitativos de chuva ocorrem em áreas com altitudes abaixo dos 300 metros, e com concentração mais elevada em altitudes acima dos 600 metros (acima de 1100 mm). Em Fundão, na borda leste do município, as chuvas não ultrapassam os 1000 mm, ou seja, se considerar a variação altimétrica do local, no período chuvoso as chuvas são relativamente bem distribuídas (Figura 29).

Já no período seco, a pluviosidade possui um comportamento mais heterogêneo, pois, na porção oeste de Santa Teresa, a sotavento (abaixo de 300 metros), as chuvas são diminutas, abaixo dos 300 mm, em relação às altitudes mais elevadas (acima de 600 metros), acima de 500 mm. Percebe-se assim que, a precipitação nos municípios supracitados é fortemente influenciada pela rugosidade do relevo, não necessariamente pelo aumento da altitude, mesmo aquelas de origem sinótica (Figura 30).

Figura 29 – Pluviosidade dos municípios de Fundão e Santa Teresa no período chuvoso.

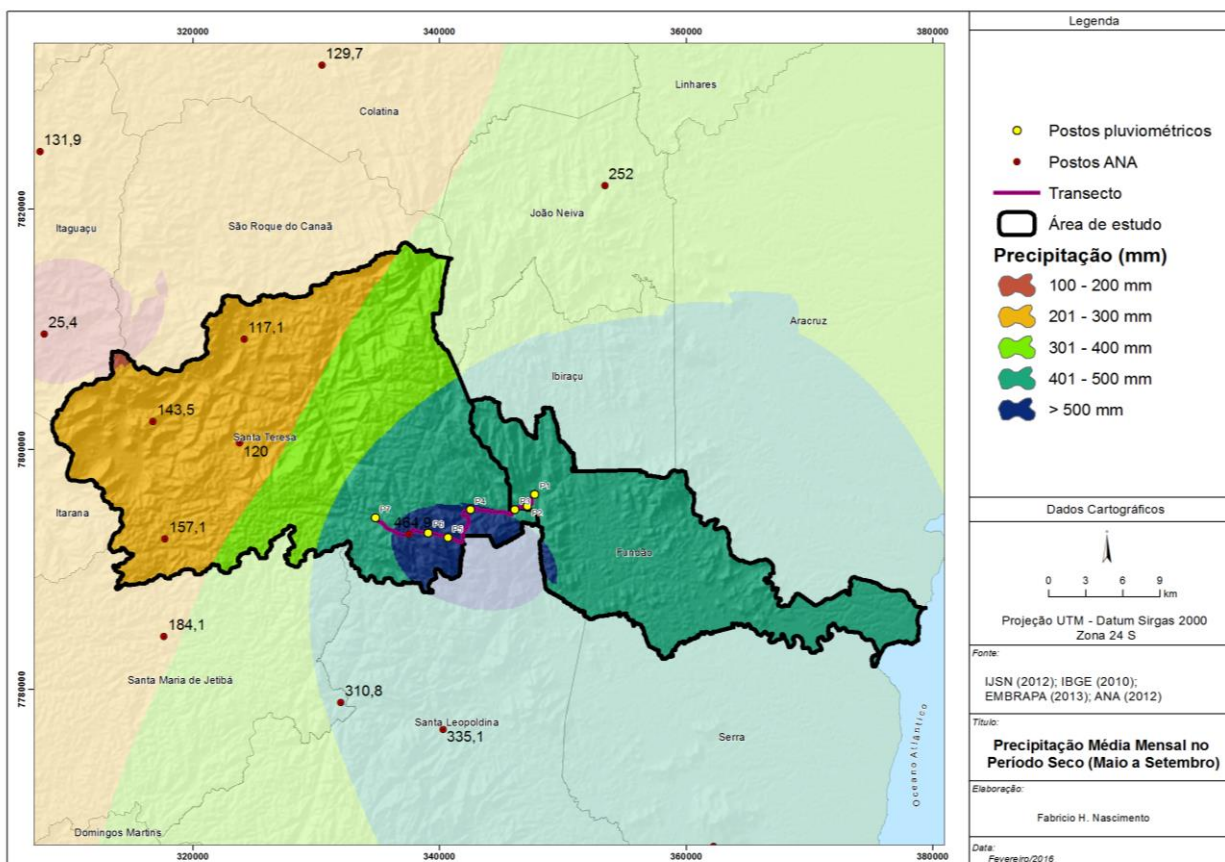


Fonte: ANA (2012). Organizado pelo autor/2016.

5.3 – Climatologia da precipitação no transecto pesquisado no ano hidrológico 2015/2016

Para uma melhor compreensão do comportamento da pluviosidade na área em estudo, foram analisados três períodos distintos. Primeiramente foi analisada a distribuição das chuvas acumuladas na escala mensal; em segundo lugar, discutiu-se os resultados nos períodos chuvoso (novembro – março) e seco (abril – setembro); e em terceiro lugar, foram considerados os dados anuais.

Figura 30 – Pluviosidade dos municípios de Fundão e Santa Teresa no período seco.



Fonte: ANA (2012). Organizado pelo autor/2016.

É importante frisar que, durante o período de análise, que ocorreu de novembro de 2015 a novembro de 2016, foram coletados, pelo menos, 7.085 mm de chuva, com uma média de mensal de cerca de 590 mm distribuída em sete postos pluviométricos ao longo da Rodovia Josil Espíndola, ou ES 261, dado bem distinto de Milanesi (2007) que, no ano hidrológico 2004/2005, coletou mais de 18.000 mm de chuva em Ilha Bela, São Paulo.

O posto que registrou o menor volume de chuva foi o posto de número 1, com 467 mm e o que registrou maior volume foi o posto de número 4, com acumulado anual de 1.509 mm. Além disso, é válido mencionar que, foram feitas, em média, três coletas a cada mês, a depender do evento de chuva. No entanto, houveram meses que, devido a estiagem, foi realizada apenas uma coleta.

5.3.1 – Precipitação acumulada mensal na área em estudo

Embora o período chuvoso para região Sudeste do Brasil inicie-se em setembro e finalize-se em abril, devido a dificuldades de montagem e instalação dos pluviômetros, a primeira coleta de chuvas na área em estudo ocorreu em novembro de 2015.

Através dos dados coletados em campo, verifica-se uma grande participação do relevo no que se refere a distribuição e intensificação da pluviosidade na área em estudo. As Figuras 31, 32 e 33 demonstram o comportamento das chuvas ao longo do transecto para os meses de novembro de 2015 a outubro de 2016. Os maiores quantitativos de chuva estão nos pluviômetros 3, 5 e 6, com volumes acima dos 80 mm, para o mês de novembro/2015, enquanto os pluviômetros 2, 3 e 6 registraram os maiores quantitativos para o mês de dezembro/2015.

Fato digno de nota é que, ao longo do período analisado, os dados dos postos pluviométricos e os dados institucionais sempre foram divergentes. No mês de fevereiro de 2016, por exemplo, enquanto o posto institucional do INMET registrou apenas 15,60 mm de chuva, somente o posto de número 4 registrou 174 mm. Isso denota uma grande diferença quando se analisa um elemento climatológico como a chuva em uma escala local.

No mês de novembro de 2015, as chuvas tiveram sua origem a partir das Frentes Frias que se aproximaram do litoral capixaba, formando nuvens e provocando chuvas em grande parte do Espírito Santo. No entanto, a despeito do fenômeno que deu origem a chuva ser de uma escala bem distinta ao da área em estudo, o relevo promoveu uma distribuição bem heterogênea no transecto.

Assim como para o mês de novembro, os pluviômetros 1 (cerca de 60 mm) e 7 (cerca de 80 mm) apresentaram os menores volumes de chuva. O posto 1 é caracterizado por áreas agrícolas e boa parte do seu entorno, fato que pode corroborar para a diminuição da pluviosidade no local. No entanto, não é pretensão deste trabalho fazer este tipo de análise, pois, não há uma série histórica capaz de avaliar essa relação.

No posto 7, a maior altitude, com 657 metros, caracteriza-se por ser uma área eminentemente urbanizada, pode ser o fato que contribui para essa redução das

chuvas no local, tendo em vista que os outros postos pluviométricos são caracterizados por um aporte vegetal muito grande, o que colabora com uma grande quantidade de água na atmosfera provinda da vegetação arbórea de Mata Atlântica. A urbanização pode exercer influência sobre o clima local de diversas formas, em alguns casos a diminuição da precipitação, em outros, devido a núcleos de convecção, podem ocorrer chuvas isoladas. Por outro lado, a vegetação é fator fundamental para a liberação de água para a atmosfera devido ao processo de evapotranspiração das plantas. No entanto, devido ao período de análise ser relativamente pequeno, o fator preponderante no que tange a distribuição de chuvas no local certamente é a rugosidade superficial do relevo.

O mês de novembro de 2016, sem dúvida alguma, foi o mês mais chuvoso ao longo do período de análise. Com um acumulado de 1.822 mm e média de 260,3 mm, este mês foi fortemente influenciado pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), como poderá ser constatado mais adiante nas imagens de satélites e cartas sinóticas. No entanto, embora a ZCAS tenha sido o fator principal na origem das chuvas para este mês, a distribuição das mesmas foi bem irregular em função da orografia local, conforme pode ser observado no Gráfico 8.

Figura 31 – Distribuição espacial da pluviosidade no transecto analisado entre novembro de 2015 a fevereiro de 2016.

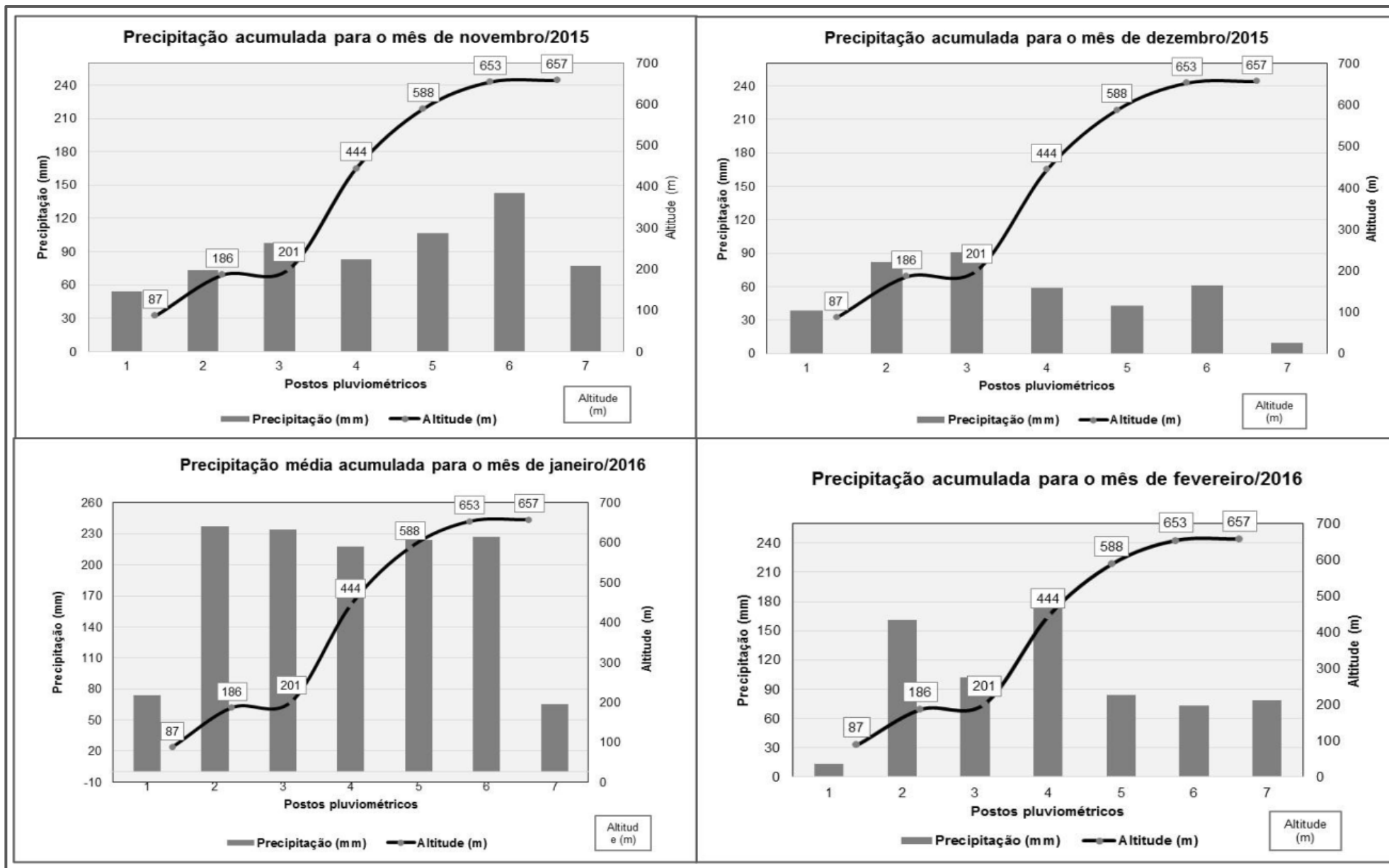


Figura 32 – Distribuição espacial da pluviosidade no transecto analisado entre março de 2016 a junho de 2016.

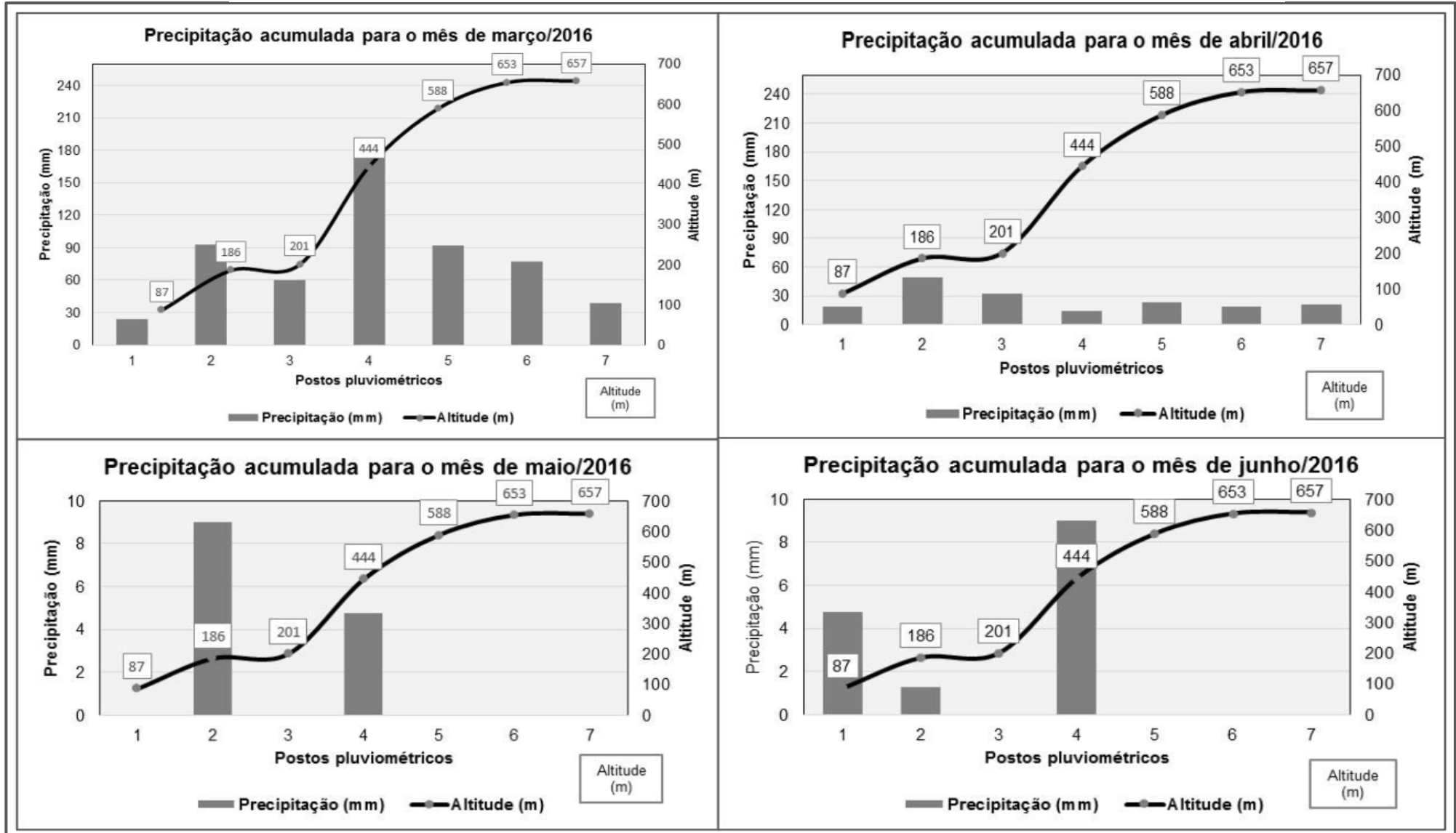


Figura 33 – Distribuição espacial da pluviosidade no transecto analisado entre julho de 2016 a outubro de 2016.

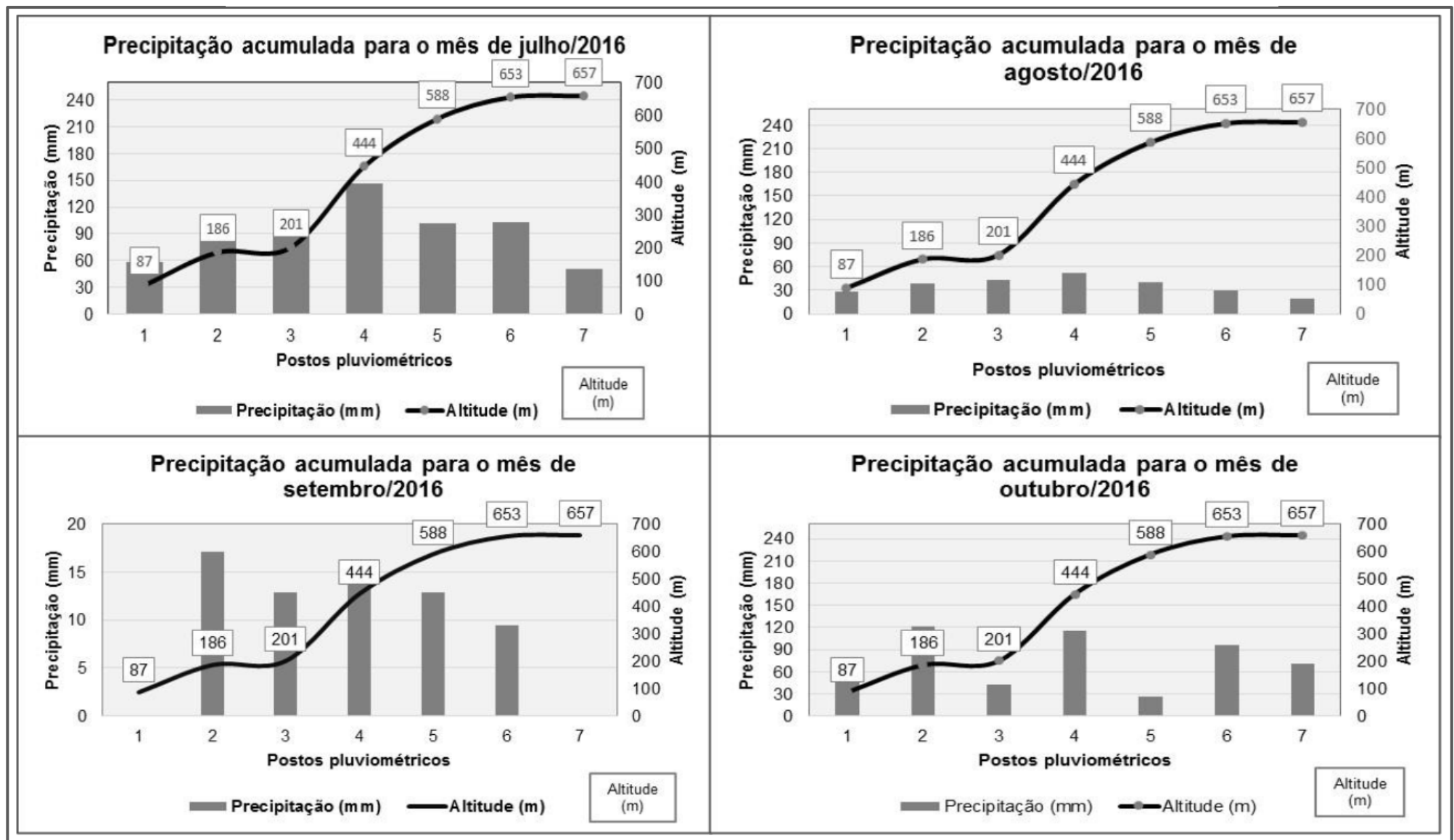
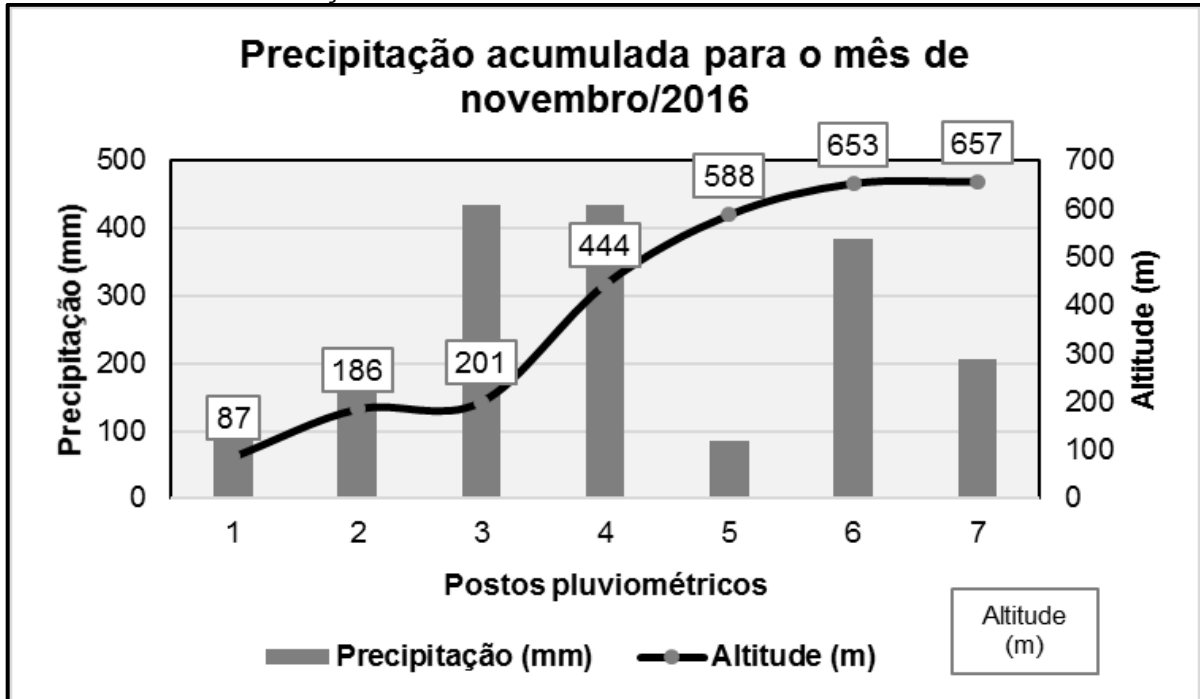


Gráfico 8 – Distribuição de chuva no mês de novembro de 2016 na área em estudo.



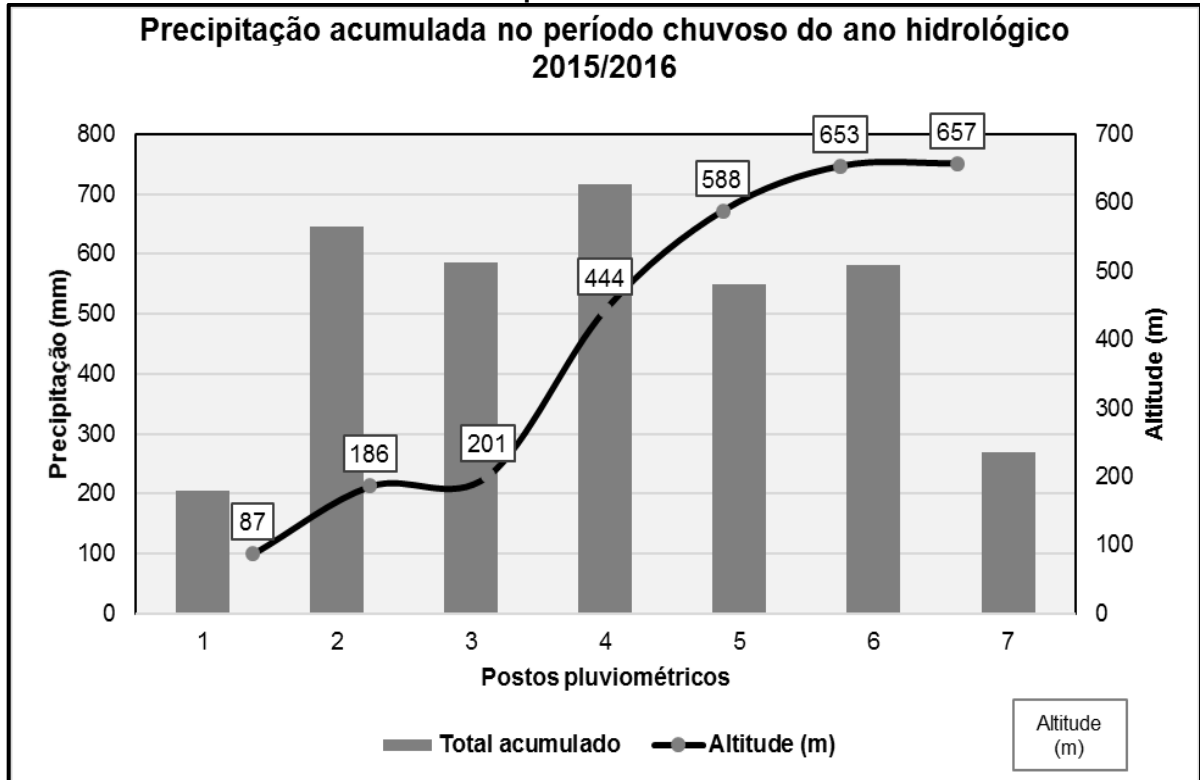
Organizado pelo autor/2016.

5.3.2 – Pluviosidade na área em estudo nos períodos chuvoso e seco

Doravante serão analisados os dados referentes à pluviosidade no transecto em estudo em dois períodos distintos: chuvoso (novembro a março) e seco (maio a setembro). Os dados serão apresentados em gráficos de barra por meio do *software* excel, versão 2016.

No período chuvoso o comportamento da pluviosidade no transecto foi bem heterogêneo em função da orografia local. Apesar de ser o período do qual, geralmente, ocorre a ação de sistemas atmosféricos de escala global, atuando na formação de nuvens e chuvas, mesmo assim a rugosidade superficial do relevo impôs uma distribuição bem irregular. No Gráfico 9, é possível perceber que, os maiores volumes de chuva estão concentrados nos postos pluviométricos 2, 3, 4 e 5 (entre 550 mm a acima de 700 mm), com destaque para os pluviômetros 2, a 186 metros e 4, a 444 metros de altitude, 650 mm e 710 mm, respectivamente. Dessa forma, não a altitude, mas sim o fator orográfico é o fator preponderante na distribuição das chuvas no local.

Gráfico 9 – Pluviosidade no período chuvoso no transecto analisado.



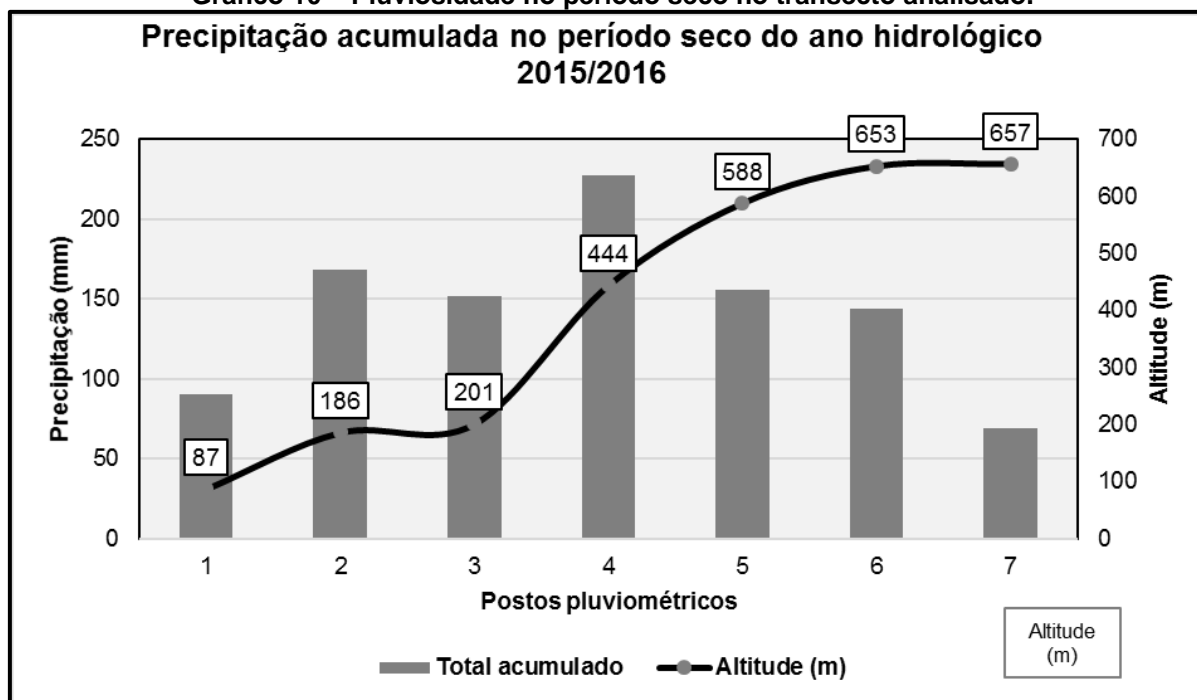
Organizado pelo autor/2016.

Como dito anteriormente, estes postos possuem características bem distintas, no que se refere ao uso e cobertura da terra. Enquanto o posto de número 2 caracteriza-se por áreas com culturas agrícolas diversas, café, banana, entre outros, e uns poucos vestígios de vegetação arbórea da Mata Atlântica, o posto de número 4 é caracterizado quase que totalmente por vegetação arbórea bem preservada. Com isso, infere-se que além da altitude, a vegetação possui um papel preponderante no que tange ao aporte de umidade na atmosfera em função de processos de evapotranspiração.

O Gráfico 10 refere-se à distribuição da pluviosidade no transecto no período seco, compreendido entre os meses de maio a setembro. O mínimo registrado ocorreu no pluviômetro 7, o único posto caracterizado por área mais urbanizada, com valor aproximado de 75 mm, enquanto o máximo registrado ocorre no posto de número 4, cerca de 240 mm. Apesar de ser um período de poucas chuvas, o posto mencionado sempre obteve o maior registro de chuva. Possivelmente devido à sua característica em relação à cobertura vegetal de Mata Atlântica mais expressiva. Como no período chuvoso, além da altitude, o papel da vegetação é fundamental, que, através da evapotranspiração que libera umidade para a atmosfera local, que por sua vez é

responsável pela formação de nuvens carregadas de umidade e posterior condensação das mesmas.

Gráfico 10 – Pluviosidade no período seco no transecto analisado.



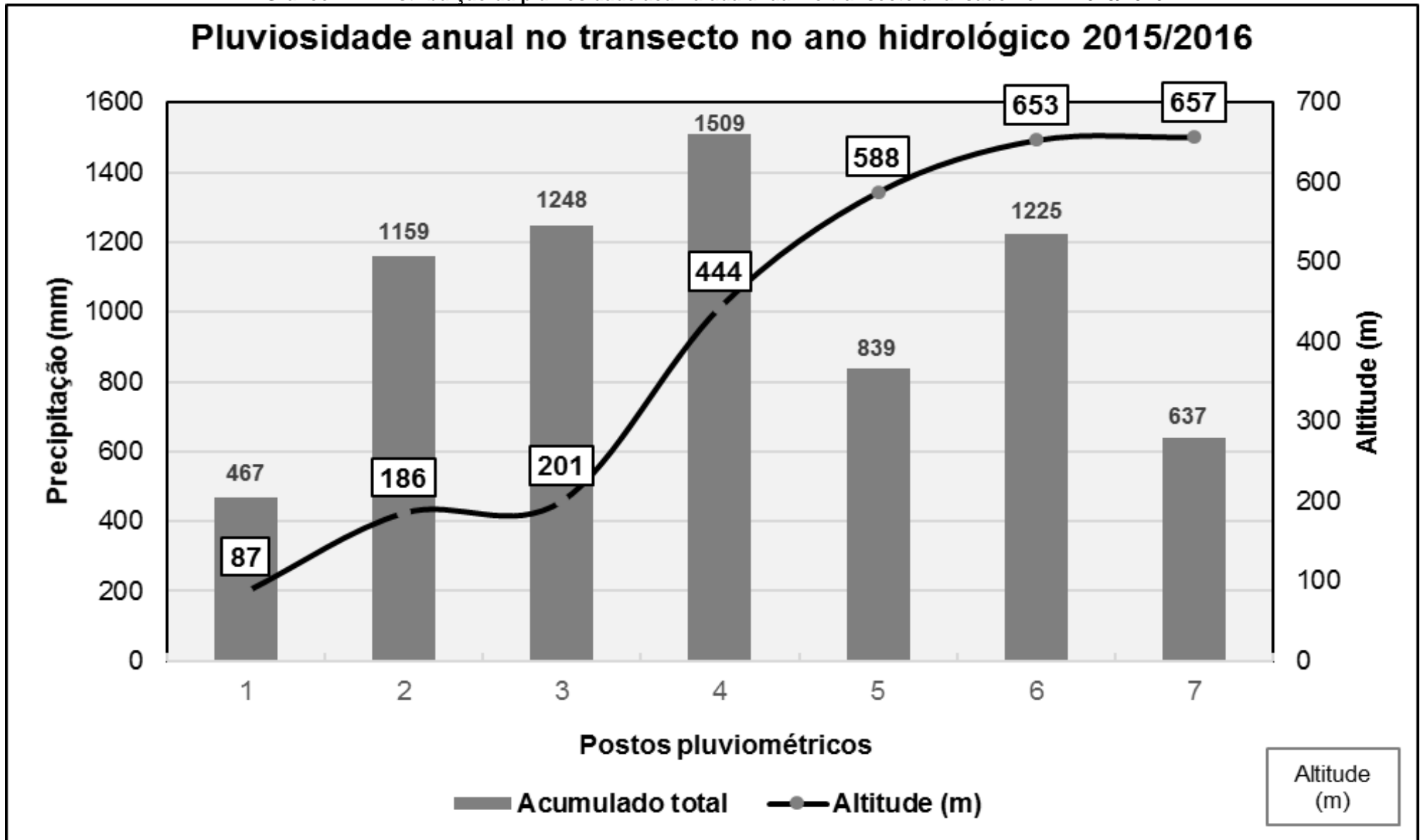
Organizado pelo autor/2016.

5.3.3 – Pluviosidade anual na área em estudo

O Gráfico 11 representa a distribuição anual da pluviosidade no transecto analisado ao longo do ano hidrológico 2015/2016 (AH 2015/2016).

Fato digno de nota é que, mesmo em períodos do ano em que a origem das chuvas esteve associada a sistemas produtores de *tempo* de escala global, a exemplo da ZCAS, o fator orográfico impôs uma distribuição heterogênea da pluviosidade, conforme pode ser observado no gráfico abaixo.

Gráfico 11 – Distribuição da pluviosidade acumulada anual no transecto analisado no AH 2015/2016.



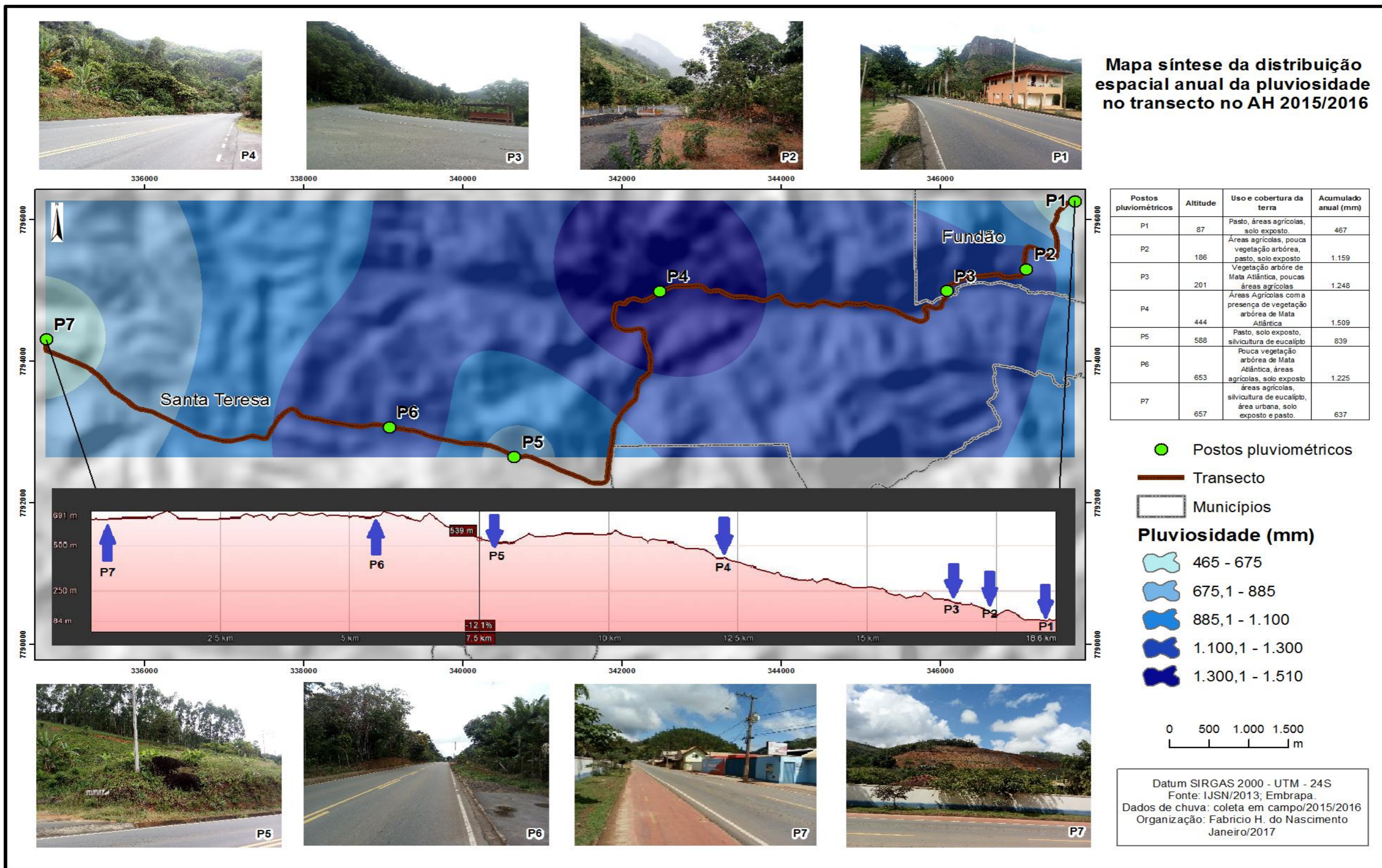
Organizado pelo autor/2016.

Dessa forma, os postos que registraram os maiores quantitativos foram os de número 2 (1.159 mm), 3 (1.248 mm), 4 (1.509 mm) e o 6 (1.225). O que há em comum nestes postos é o fato de todos eles se localizarem em áreas com expressiva presença de vegetação arbórea nativa da Mata Atlântica e poucas áreas com cultivo.

A Figura 34 refere-se ao mapa síntese da distribuição espacial da pluviosidade anual da área em estudo ao longo do AH 2015/2016. Neste, é possível inferir que, a distribuição das chuvas no local é bastante desigual em função da rugosidade superficial do relevo, sobretudo na área central do mapa a sentido oeste, fato que está em consonância com a série histórica apresentada anteriormente, através das Figuras 29 e 30. Além disso, é o posto que a presença de vegetação arbórea é marcante. De acordo com o mapa, os postos mais próximos à costa, como, os postos 2, 3 e 4, exceto o de número 1, apresentaram os maiores acumulados de chuva. Conquanto que os postos de número 5 e 7 apresentaram os menores acumulados. Este último posto, como discutido anteriormente refere-se ao mais urbanizado e o que possui poucas áreas de vegetação natural, fato que pode ter corroborado para que a pluviosidade tenha sido reduzida.

Destaca-se o posto de número 1, pois, se tratando do mais próximo à costa, este também apresentou valores reduzidos de chuva. Além da altitude relativamente baixa, caso que corrobora para que as nuvens carregadas de umidade não sofram com processos de condensação, este posto é caracterizado por apresentar expressivas áreas agrícolas, pastagem e solo exposto, e pouquíssimas áreas com vegetação natural.

Figura 34 – Distribuição espacial da pluviosidade acumulada anual no transecto analisado.



5.4 – Origem da pluviosidade na área em estudo no AH 2015/2016

Para a avaliação da origem da pluviosidade durante o AH 2015/2016 no transecto foram analisadas as cartas sinóticas³⁰ da Marinha do Brasil, disponibilizadas no *site* <<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>, bem como ao *site* do INCAPER e as imagens do satélite Goes-13, disponibilizadas no banco de dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), no *site* <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic>.

O uso de cartas sinóticas em climatologia geográfica no Brasil não é algo recente. Zavatini (2014) atribui a Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro o primeiro trabalho utilizando diversas cartas de tempo para a análise da origem das chuvas em um trabalho intitulado “*Dinâmica climática e as Chuvas no Estado de São Paulo – estudo geográfico sob forma de atlas*”, em 1960-1964. Além desses, outros trabalhos foram realizados utilizando este mesmo instrumento, a exemplo de Brandão (1996) no Rio de Janeiro; Zavatini (1990 e 2009); San’Anna Neto (1990), entre outros (ZAVATINI, 2014).

Vale ressaltar que não estarão sendo analisadas todas as cartas sinóticas de todo o período analisado, somente as mais relevantes, no que se refere aos dias mais críticos, tanto na ausência de precipitação quanto aos dias com precipitação pronunciada.

Segundo o INCAPER (2016) o mês de janeiro de 2016 foi influenciado por dois sistemas atmosféricos, que causaram mudanças na temperatura do ar e no regime de precipitação no estado, a saber são: as frentes frias e a ZCAS. Neste contexto, os primeiros dias do ano mencionado uma frente fria alcançou o litoral sul capixaba e se deslocou até alcançar o vale do rio Doce e o município de Colatina, região Noroeste do Espírito Santo, ocasionando chuvas em praticamente todo o estado.

Além das FF o ZCAs também influenciou as condições de tempo para o mês de janeiro de 2016. Segundo o INCAPER (2016) o sistema atuou a partir do dia 16 de janeiro, trazendo consigo eventos de chuvas para todo o estado, praticamente.

³⁰ Segundo Zavatini (2014), o termo “*cartas sinóticas*” também pode ser substituído como “*cartas de tempo*” ou “*cartas isobáricas*”. Doravante neste trabalho os termos serão usados simultaneamente.

De fevereiro a abril as chuvas começam a diminuir em praticamente todo o estado do Espírito Santo devido à atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Segundo o INCAPER (2016) este sistema dificulta a entrada de sistemas meteorológicos causadores de chuva, como por exemplo, frentes estacionárias e algumas zonas de convergência de umidade. No entanto, em alguns dias que choveram, mais notadamente em março, foi devido a atuação de áreas de instabilidades que avançaram do mar em direção ao ES.

De maio a julho, período seco, as chuvas diminuíram ainda mais. Essa diminuição esteve associada, provavelmente, ao avanço de massas de ar frio sobre o estado, causando também queda brusca nas temperaturas médias do ar. Em Domingos Martins, por exemplo, município da região Serrana do Espírito Santo, a estação meteorológica do INCAPER (2016), localizada a 950 metros de altitude registrou 8,2 °C no dia 02 de maio. No mês de julho, notadamente, as temperaturas máxima e mínima ficaram ligeiramente acima da normal. Em Santa Teresa, por exemplo, a 976 metros de altitude, a temperatura média para o mês de julho foi de 16 °C, sendo que pela série histórica a temperatura média é de cerca de 5 °C. No que tange a pluviosidade, este mês apresentou desvios negativos, exceto em alguns municípios da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), que apresentaram chuvas acima do esperado INCAPER (2016).

De agosto a setembro a situação não foi diferente. Geralmente, este período recebe em média 60 a 90 mm de chuva, mais precisamente em partes da RMGV. Já as demais localidades recebem em torno de 45 mm.

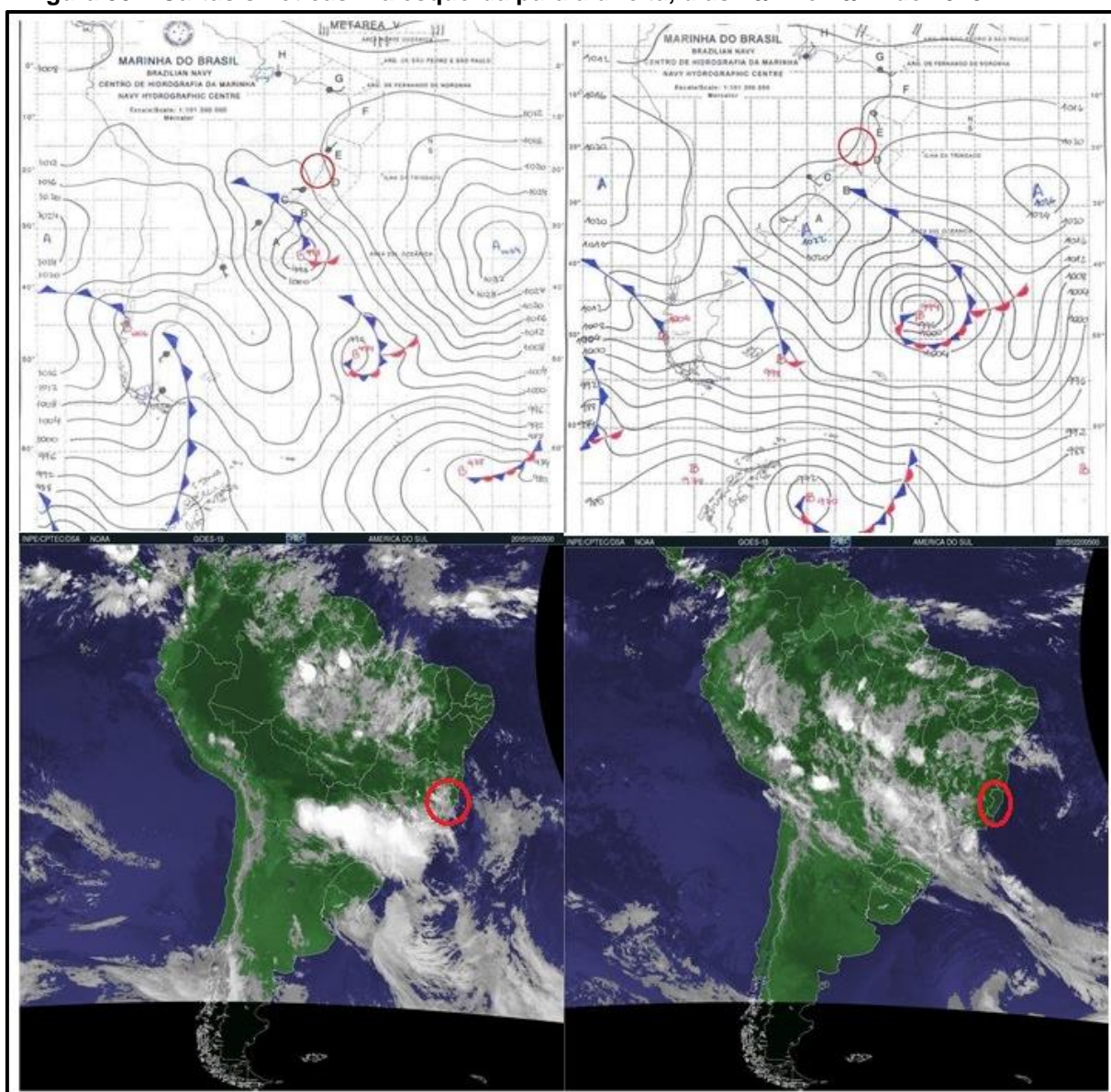
No mês de julho, o estado recebeu pelo menos quatro frentes frias, mas todas elas mais fracas que o normal, razão pela qual as chuvas diminuíram neste período. Neste mesmo mês os desvios da pluviosidade chegaram a -50% ou menos em boa parte do ES. De maneira geral, este trimestre recebeu menos chuva que o normal (INCAPER, 2016).

Encerrando esta análise, entre outubro a dezembro de 2016, as chuvas começam a cair com mais frequência. No entanto, outubro recebeu menos chuva que o esperado na maior parte do estado. Já em novembro, é marcante o início do período chuvoso, com chuvas acima do normal, apresentando chuvas mais regulares em maior parte

do estado. No mês de outubro, por exemplo, alguns municípios apresentaram acumulados de chuvas em torno de 120 mm a 150 mm. Mas, sem dúvida foi o mês de novembro que registrou a maior quantidade de chuva, em razão da entrada da ZCAS (INCAPER, 2016).

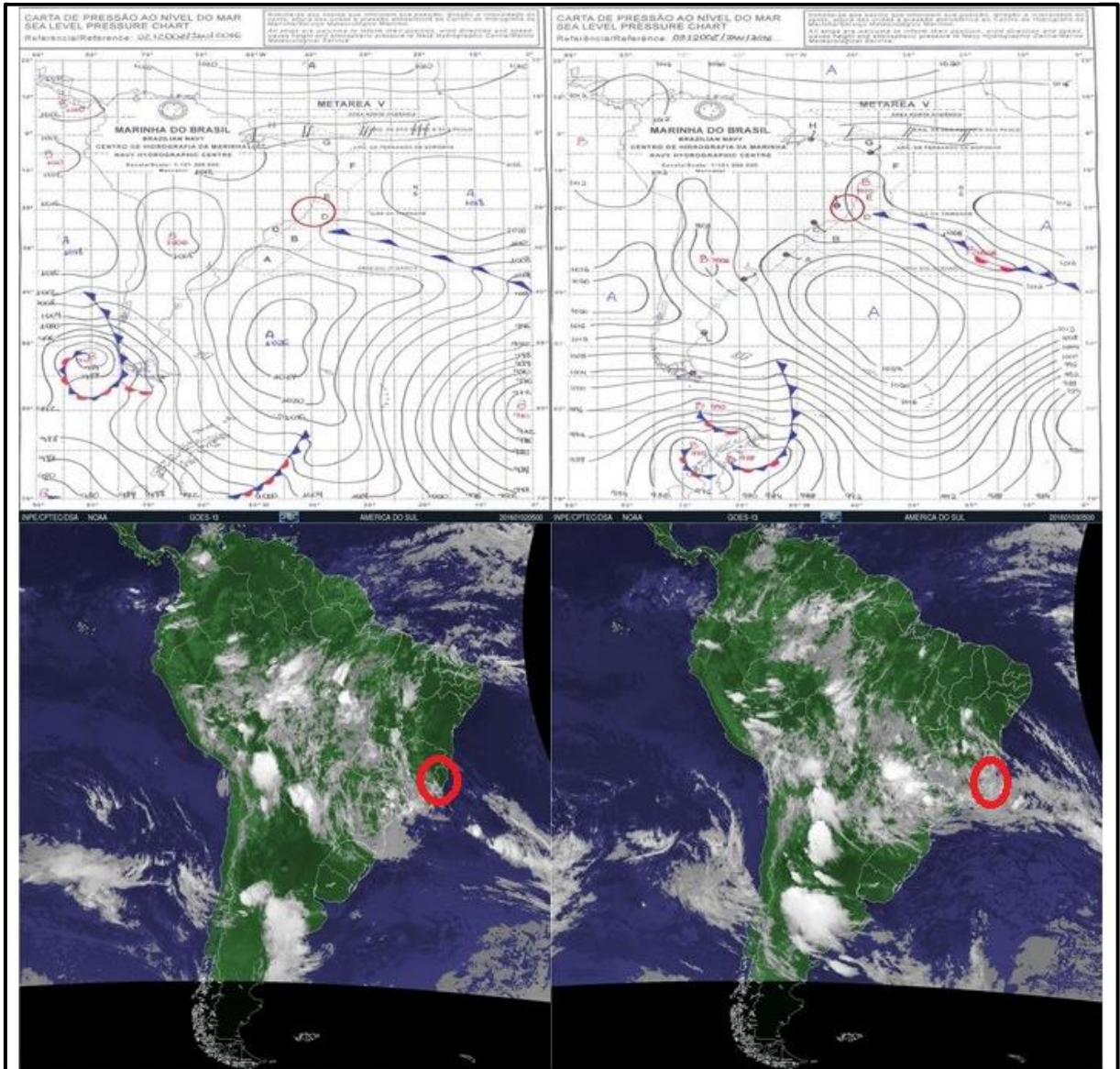
Abaixo são apresentadas cartas sinóticas de alguns meses do ano de 2016, bem como as imagens de satélite na tentativa de interpretar os sistemas atuantes no estado do Espírito Santo (Figuras 35 e 36).

Figura 35 – Cartas sinóticas. Da esquerda para a direita, dias 20/11 e 20/12 de 2015



Fonte: Marinha do Brasil/2016; CPTEC/2016.

Figura 36 – Cartas sinóticas. Da esquerda para a direita, dias 02/01 e 03/01 de 2016



Fonte: Marinha do Brasil/2016; CPTEC/2016.

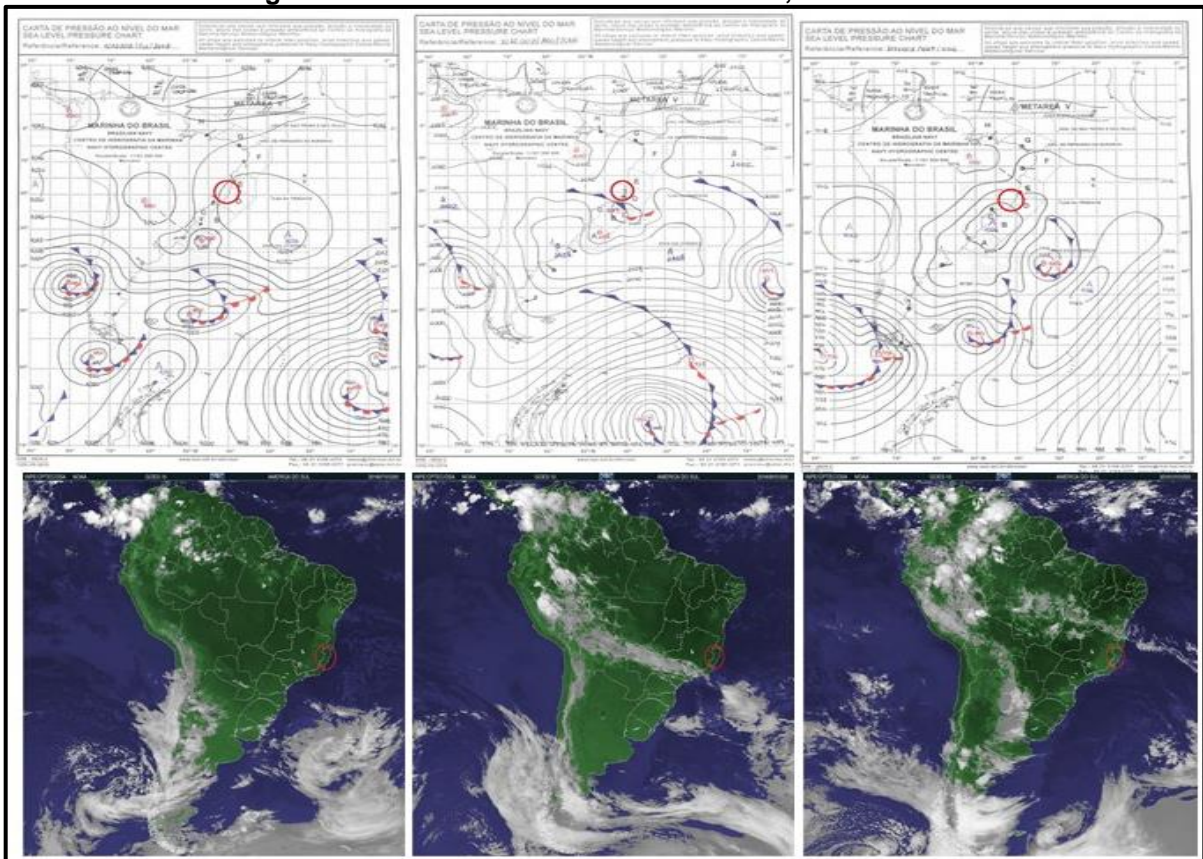
As cartas sinóticas e imagens do satélite Goes-13 referem-se aos dias 20/11 e 20/12 de 2015, e 02/01 e 03/01 de 2016. A partir da análise das cartas e imagens, é possível identificar Frentes Frias atuando sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil, e consequentemente atuando também na área em estudo. Além disso, é possível perceber que, tanto novembro quanto dezembro de 2015, um sistema de alta pressão influenciou a atmosfera da região, ASAS, que dificulta a formação de nuvens sobre o continente, diminuindo de forma considerável as chuvas sobre o SE.

A Figuras 37 e 38 apresentam uma série de cartas isobáricas e imagens de satélite dos dias 10/07, 10/08/, 10/10, 16/11, 19/11 e 20/11 de 2016. No mês de julho a Região

Sudeste foi influenciada por um centro de alta pressão, que estava atuando sobre o oceano Atlântico, razão pela qual neste mês os totais pluviométricos foram abaixo da normal climatológica. Certamente na área em estudo a situação não foi diferente. Este comportamento foi característico também para o mês de agosto, setembro e uma parte de outubro. Porém, em novembro, nos dias 16, 19 e 20, é possível identificar a passagem de uma frente fria sobre o Espírito Santo, o que acarretou acumulados de chuva acima do normal para este mês, o que confirma a hipótese de que, na área de estudo, para novembro, as chuvas tiveram origem por sistemas atmosféricos de larga escala.

Destaque especial para o dia 16 de novembro de 2016, quando a região Sudeste foi afetada por uma ZCAS moderada, um centro de baixa pressão, e uma frente fria que se aproximou da região, conforme pode ser observado na carta de *tempo*. Esses sistemas produtores do *tempo* foram responsáveis por montantes de pluviosidade altos para este mês.

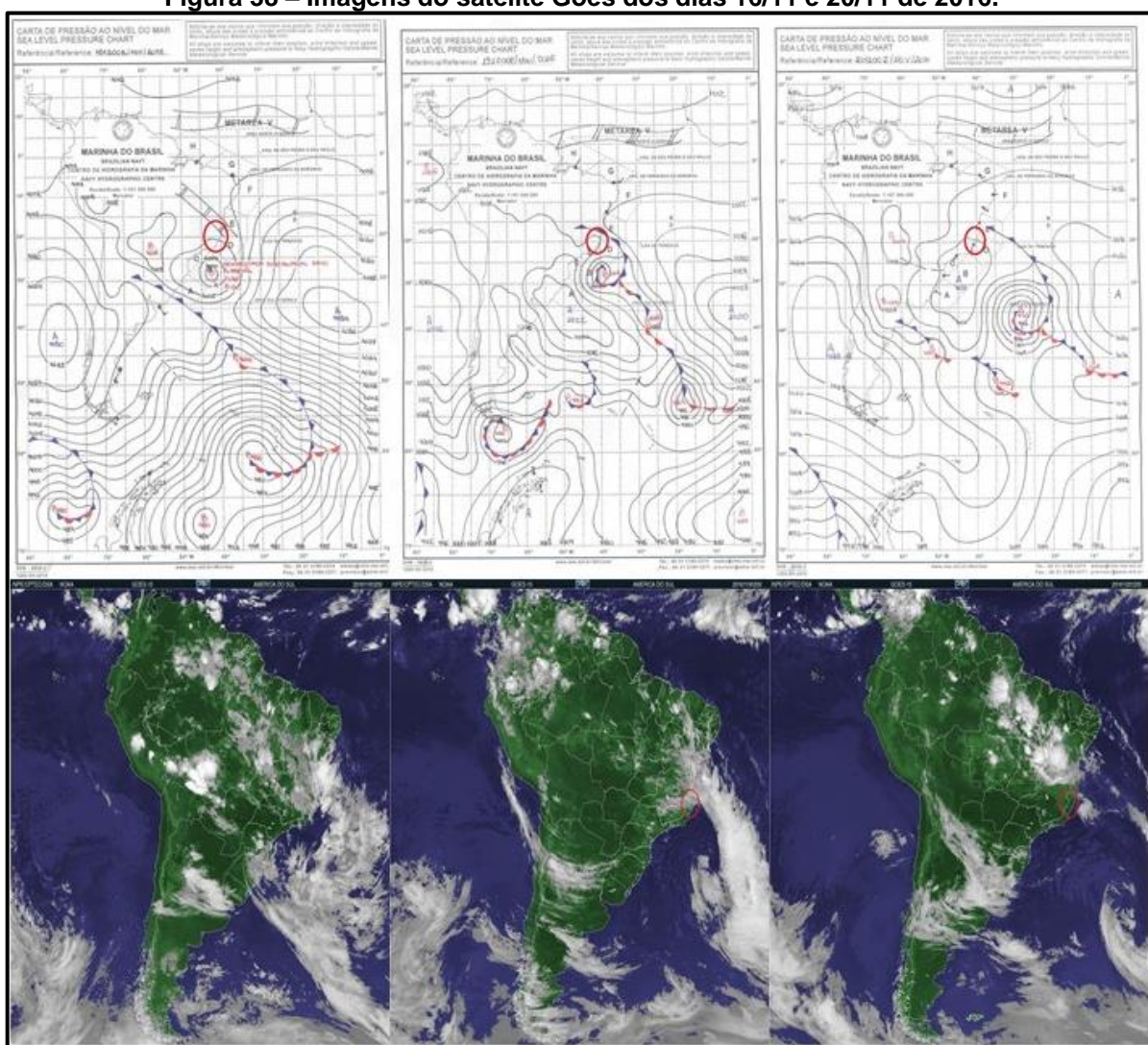
Figura 37 – Cartas sinóticas dos dias 10/07, 10/08 e 10/10.



Fonte: Marinha do Brasil/2016; CPTEC/2016.

As imagens de satélite, em consonância com as cartas sinóticas, revelam ausência de nebulosidade sobre o Sudeste nos meses de julho a outubro de 2016. No entanto, no mês de novembro é possível identificar sistemas atmosféricos causadores de chuvas sobre boa parte do Brasil, sobretudo no Sudeste. Destaque para os dias 16, 17 e 19 de novembro que, além de uma frente fria, também é possível perceber a atuação da ZCAS sobre a região e por consequência sobre o Espírito Santo. Na carta de tempo, a ZCAS é identificada como uma ZCAS moderada, mas que mesmo assim provocou acumulados de chuva acima do normal para o mês em questão.

Figura 38 – Imagens do satélite Goes dos dias 16/11 e 20/11 de 2016.



Fonte: Marinha do Brasil/2016; CPTEC/2016.

Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo principal analisar a relação do relevo com a distribuição e intensificação da pluviosidade em um transecto entre Fundão e Santa Teresa, Espírito Santo. Os procedimentos metodológicos empregados nesta pesquisa foram importantes para o entendimento da distribuição das chuvas no transecto analisado e para a compreensão da climatologia local. No entanto, vale ressaltar que, este estudo não tem a intenção de esgotar as discussões acerca da climatologia de precipitação da área em estudo, pois, o período de análise foi apenas de um ano, basicamente, mas permitem inferir algumas ideias da relação do relevo local e a pluviosidade.

Doravante serão feitas algumas considerações que são importantes, pois, esta pesquisa foi fundamental para a construção do conhecimento científico e também da pesquisa geográfica, sobretudo no que concerne à pesquisa em climatologia geográfica. Neste contexto, esta pesquisa contribuiu com a área em estudo, haja vista a pouca ou ausência de estudos científicos no local, bem como no território capixaba.

É evidente que, embora os objetivos, principal e específicos, tenham sido concluídos, muitas limitações foram encontradas ao longo da pesquisa. A começar pela distância de Vitória, capital do estado do Espírito Santo à área em estudo, cerca de 90 km. Em segundo lugar, era propósito inicial usar pluviômetros automáticos com *datalogger*. Porém, devido à falta de recursos, foi necessário confeccionar pluviômetros experimentais a partir de cano PVC. Embora não tenha acarretado problemas aos resultados, os dados coletados foram tratados por meio de acumulados mensais, pois, foram feitas visitas a campo após os eventos de chuva, caso diferente se fossem com os *dataloggers*, que poderiam ser feitas até mesmo em escala diária.

Diante dos resultados encontrados, é possível afirmar que não a altitude em si, mas a rugosidade superficial do relevo foi fator fundamental no que tange a distribuição e intensificação das chuvas no transecto analisado ao longo do ano hidrológico 2015/2016, levando a afirmação que há chuva orográfica na área em estudo. Por outro lado, os resultados apontam para uma correlação positiva no que tange ao papel da vegetação como um fator de liberação de umidade para a atmosfera. No período chuvoso (verão), compreendido entre os meses de outubro a março, os sistemas atmosféricos de escala global (ZCAS e FF) são os responsáveis pela pluviosidade na área em estudo. No entanto, embora a origem seja global, o relevo local impõe

importante papel na distribuição das chuvas na área em estudo, pois, mesmo no período de chuvas mais intensas, a distribuição das mesmas é desigual. Já no período seco (inverno), percebe-se uma influência bem mais expressiva do relevo na distribuição e intensificação das chuvas no local.

Assim, os resultados alcançados estão em consonância com as principais teorias da precipitação orográfica (BARRY; CHORLEY, 2013; AYOADE, 2013) que afirmam que os fatores topográficos sozinhos não são suficientes para remover toda umidade de uma massa de ar, mas definem diferenças nos totais cumulativos consideráveis de uma área de barlavento para uma a sotavento. Além disso, impõem, não somente distribuição desigual à precipitação, mas também a intensifica, pois, o relevo influencia fortemente os fatores da atmosfera.

Além disso, é importante mencionar a relevância de estudos em climatologia em escala local, pois, é fator preponderante para o conhecimento do clima do lugar. Neste contexto, é importante também estudos que considerem a análise geográfica do clima, pois, ela possibilita a compreensão da atmosfera, bem como a interação dos elementos do clima e a sociedade como um todo. Na área em estudo considerada, a população é dependente das condições do clima, pois, em sua maioria reside em contexto rural. Assim, estudos que possam considerar o clima é de suma importância, sobretudo se levar em consideração que muitos dos moradores do local usam métodos de irrigação artificial em suas culturas. Dessa forma, é possível que o conhecimento da regularidade das chuvas possa contribuir na minimização do uso de irrigação artificial, contribuindo também na manutenção dos recursos hídricos, sobretudo nos meses de deficiência hídrica, a exemplo de julho e agosto, conforme pôde ser observado no gráfico 1 de balanço hídrico.

Nos sete postos pluviométricos, observa-se um comportamento bem heterogêneo da pluviosidade em função da rugosidade superficial do relevo. No entanto, o posto de número 7, embora seja o que se encontra na maior altitude refere-se ao posto que recebeu os menores volumes de precipitação ao longo do estudo, caracterizando-o como um local que recebe “sombra de chuva”. Com isso, sem pretensões determinísticas, embora sua altitude seja elevada, por ser o posto com o contexto de uso e cobertura da terra mais distinto de todos os postos, por se tratar de ser a área mais urbanizada e com traços expressivos de culturas agrícolas e silvicultura de

eucalipto, esses fatores podem ter colaborado com a diminuição da pluviosidade neste posto. Em contextos urbanos, geralmente, a instabilidade atmosférica provoca índices elevados de precipitação, a exemplo do que pode ser constatado em Assis (2009). Neste estudo observou-se o contrário, se comparado aos postos localizados em áreas com a presença marcante de vegetação arbórea.

Por outro lado, os postos de números 4, 5 e 6, apresentaram as mais altas quantidades de pluviosidade ao longo do AH 2015/2016. Estes postos são, em sua maioria, caracterizados pela presença marcante de vegetação nativa da Mata Atlântica. Certamente isso pode ter sido condição fundamental para um acréscimo de umidade na atmosfera local. Com isso, é evidente a importância da conservação e preservação desses recursos na manutenção ambiental e da vida.

De forma mais específica, considera-se algumas das principais características dos postos pluviométricos ao longo do transecto considerado. No entanto, é necessário ressaltar que, ao longo do AH 2015/2016, foram feitas, pelo menos, 75 visitas a campo para coletar os dados de chuva, com uma média de três visitas ao mês. Meses como fevereiro, julho e novembro de 2016, foram feitas ao menos quatro coletas, pois, referem-se aos meses mais chuvosos, sobretudo novembro de 2016 que apresentou acumulado de cerca de 1.820 mm (Anexo 1).

1 – O posto de número 1, localizado a 87 metros, e caracterizados por áreas de culturas diversas e poucos vestígios de vegetação arbórea, apresentou as menores quantidades de chuvas ao longo do AH 2015/2016.

2 – O posto de número 2, a 186 metros de altitude, apresentou valores consideráveis de precipitação, embora haja alguns traços de vegetação arbórea, é marcante a presença de áreas com agricultura.

3 – O posto de número 3 apresentou valores altos de precipitação, além da altitude, de 201 metros, a vegetação de porte arbórea da mata Atlântica foi relevante no que se refere a umidade lançada na atmosfera local. Ao longo do AH era perceptível a presença de nuvens carregadas na atmosfera local.

4 – O posto de número 4, a 444 metros de altitude, obteve as mais altas quantidades de chuva ao longo do AH 2015/2016, totalizando 1.509 mm de chuva ao longo do período de análise. Além da altitude, a vegetação também corroborou para que este posto apresentasse altas taxas de precipitação, embora também há a marcante presença de áreas com cultivo agrícola. No entanto, não foram suficientes para reduzir a quantidade de chuva no local.

5 – O posto de número 5, localizado a 588 metros de altitude, apresentou uma redução da pluviosidade em relação ao posto de número 4. Es este posto é caracterizado por área expressivas de culturas agrícolas, pastagem, solo exposto e pouca vegetação arbórea, fatores estes que contribuíram, direta e indiretamente na redução da pluviosidade no local.

6 – O posto de número 6 apresentou taxas de pluviosidade maior que o posto de número 5. Devido a sua altitude, 653 metros, este posto é caracterizado por expressivas áreas com vegetação arbórea e poucas áreas com cultura agrícola.

7 – O posto de número 7, a 657 metros de altitude e o ultimo do transecto, é caracterizado por ser o mais distinto de todos os postos, pois, encontra-se numa área basicamente urbanizada e pouquíssimas áreas com vegetação. Além disso, em seu entrono há uma grande porção de culturas agrícolas, bem com pastagens e silvicultura do eucalipto. Dessa forma, este posto começa a receber a sombra de chuva.

Assim, fica evidente que, a altitude por si só não fora suficiente para que o comportamento da pluviosidade local fosse heterogêneo, mas sobretudo a orografia, bem como a vegetação arbórea da mata Atlântica, que ainda encontra-se preservada em vários pontos do transecto. Assim, os resultados desta pesquisa estão em consonância com Jardim (2012) ao apontar a importância de se relacionar os aspectos climáticos com a vegetação e o uso e cobertura da terra, embora este último fosse necessária uma série mais longa da pluviosidade para ser avaliada com mais precisão.

Conclui-se também que, os resultados alcançados podem ser uteis no subsídio à organização do calendário agrícola da população local, haja vista que boa parte sobrevive de atividades agrícolas, como a cultura do café (Conilon e Arábica), cultivo

de uva, morango, hortaliças, caso do posto de número 4, entre outras atividades. Além disso, os resultados também subsidiam os órgãos gestores do espaço, como a Defesa Civil e as prefeituras de Fundão e Santa Teresa, na elaboração de projetos de planejamentos urbano e ambiental, haja vista que estudos dessa natureza podem contribuir na minimização dos impactos de eventos extremos de chuva na área em estudo, bem como em municípios adjacentes, como Ibirajú e João Neiva que, nestes momentos são acometidos com problemas relacionados com enchentes, inundações e alagamentos.

Diante do que foi permitido encontrar, apesar das dificuldades no que concerne a logística, por conta da distância entre Vitória a área de estudo, que é relativamente longa, cerca de 90 km, estudos que considere a climatologia geográfica são fundamentais para o conhecimento das condições climáticas de um determinado local, pois são mais eficazes para o entendimento climático e geográfico do lugar. Assim, é sugestivo dizer que, é importante que outros estudos sejam realizados em outras localidades do Espírito Santo, haja vista a pouca ou ausência de estudos desta natureza no território capixaba.

De maneira mais específica, pesquisas sobre a dinâmica das chuvas, dada a importância desta para a sociedade e o meio ambiente, podem ser realizadas em outros municípios capixabas que apresentem características semelhantes no que concerne ao relevo, a exemplo de Domingos Martins, Marechal Floriano, Caparaó Capixaba, entre outros.

É importante ressaltar que, em Fundão e Santa Teresa, não há um predomínio de massas de ar, mas sim uma variação da direção e velocidade dos ventos, fato que corrobora para a ocorrência do efeito orográfico na área em estudo. Isso pôde ser comprovado através das cartas sinóticas, imagens de satélites meteorológicos e do gráfico 7, que, mesmo nos meses dos quais a origem das chuvas esteve associada e sistemas de grande escala, a exemplo da ZCAS, o relevo ainda foi um fator preponderante no que concerne à distribuição da pluviosidade no local.

Fato importante também, refere-se as diferenças entre os dados de precipitação da estação meteorológica de Santa Teresa, institucional do INMET, localizada a uma altitude de 976 metros, a mais próxima da área em estudo, com os dados obtidos em campo que, ao longo do AH 2015/2016, apresentaram significativas diferenças. Isso

denota a importância de se estudar a climatologia de precipitação em escalas locais, pois, em muitos casos, devido à pouca ou ausência de estações meteorológicas, os dados acerca dos elementos climatológicos têm que ser extrapolados de locais com estações para locais sem estações de medição, fato que ocorre no município de Fundão. Conti (1975), já apontava para esta problemática, algo que ainda ocorre.

Não somente a pluviosidade, mas é de suma importância que se estude também outras variáveis do clima, como, a temperatura do ar, radiação e insolação, velocidade e direção do vento, entre outras, pois, estes elementos são indissociáveis, ou seja, há uma intrínseca relação entre eles, bem como com os elementos da paisagem, conforme destaca Martonne (1948) ao afirmar que, *“temperatura, vento, humidade, chuva estão em estreita correlação e provocam, em cada região um aspecto característico, que, em geral, nos é evidenciado pela vegetação”* (p.98).

Destaca-se também a relevância do estudo diante dos resultados obtidos, pois, estudos desta natureza garante a compreensão dos processos atmosféricos que, direta e indiretamente influenciam a sociedade, sobretudo na área em estudo, que em sua maioria é rural. Além disso, oferece bases científicas aos órgãos gestores para o planejamento, seja em âmbito ambiental, rural e urbano, diminuindo os riscos à população em tempos de adversidades. Além disso, estudos dessa natureza permitem formas mais precisas e eficazes na condução de atividades agrícolas e nos métodos de manejo (CARMELLO, et al., 2011; ASSIS, 2009).

Vale frisar que, embora não tenha sido objetivo do trabalho, percebeu-se ao longo do período de análise que, a produção de bens de consumo na área em estudo teve um comprometimento negativo, a exemplo do café, produção de uva, hortaliças, entre outros. Portanto, o conhecimento da regularidade das chuvas torna-se fator preponderante para a produção agrícola. Assim, sugere-se que, por meio dos dados aferidos em campo, estes possam contribuir para a elaboração do calendário agrícola e também para um zoneamento agroclimático da área em estudo.

Por fim, mas não se esgotando as considerações, espera-se que esta pesquisa possa ser continuada, na área em estudo e em outras localidades do ES, a fim de aperfeiçoar a mesma e garantindo assim, o entendimento científico acerca da climatologia no Espírito Santo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (ANA). **Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 28 setembro de 2013.

Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH). **Hidrografia do estado do Espírito Santo**. Disponível em: <http://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Mapas/Hidrografia.pdf>, acesso em 13/08/2016.

ALVARENGA, L. A. Precipitação no sudeste brasileiro e sua relação com a Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Agrogeoambiental**, v4n2, agosto 2012.

ALVES, L. A. O clima no município de São Gotardo (MG) e a estimativa da demanda hídrica das culturas de inverno. In: Di Mauro, C. A. et al. **Planejamento e gestão dos recursos hídricos: exemplos mineiros**. CBH-Araguari – Uberlândia (MG): Assis Editora, 2012.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 17°. ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2013.

ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro**. Dissertação (mestrado em geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Presidente Prudente, 2014.

ASSIS, W. L. de. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociência da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2010.

_____. Variações temporais e espaciais da precipitação em áreas urbanas: estudo de caso na região oeste do município de Belo Horizonte. **Geosul**, Florianópolis, v. 24, n. 48, p 177-196, jul./dez. 2009.

AGÊNCIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – ASPE. **Atlas Eólico do Espírito Santo**. Disponível em: <http://www.aspe.es.gov.br/web/atlaseolico/index.htm>, acesso em 09/08/2016.

AZEVEDO, T. R. de. Técnicas de campo e laboratório em climatologia. In.: VENTURI, L. A. B. **Praticando Geografia: Técnicas de Campo e Laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

AZEVEDO, T.R. de. Distribuição espacial de chuva: ensaio metodológico: in.: TARIFA, J. R; AZEVEDO; T. R. de. **Os climas na cidade de São Paulo**. São Paulo: USP, 2001.

BANCO DE DADOS DE IMAGENS. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>, acesso em 30/12/2013.

BARATTO, J; WOLMANN, C. A. Perfil topo-oro-pluviométrico do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Interface**, Edição nº 10, dezembro de 2015 – p. 40-55.

BARATTO, J; WOLLMANN, C. A; HOPPE, I. L. Distribuição da Precipitação Pluviométrica no Período Veranil e Invernal de 2013/2014 na Área Urbana de Santa Maria/Rs e seu Entorno. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez 2015, p. 577-593.

BARBIERI, P. R. B. **Caracterização da estação chuvosa nas regiões Sul e Sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica**. Dissertação (mestrado em meteorologia). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia do INPE. São José dos Campos, SP, 2007.

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

BARROS, J. R; ZAVATINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, ano 08, número 16, 2009.

BERNARDES, L. M. C. Tipos de clima do estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geografia**, nº 04, ano XIII, 1951, p. 619-621.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **R. RA'E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR.

BEZERRA F.H.R., MELLO C.L., SUGUIO K. A Formação Barreiras: recentes avanços e antigas questões. **Geologia USP Série Científica**, 2006.

BLANCO, C. M. R. Processos de intensificação orográfica da precipitação na Serra do Mar em São Paulo. Dissertação (mestrado em meteorologia). Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo/USP, 2000.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.; D'alge, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2003.

CANDIDO, D. H.; NUNES, L. H. Influência da orografia na precipitação da área entre o Vale do Rio Tietê e a Serra da Mantiqueira. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 24, 2008, p. 08 – 27.

CARVALHO, L. M. V. de; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. (p. 95-109).

CARMELLO, V.; ELY, D. F. ; SANT'ANNA NETO, J. L. . Estiagem no ano agrícola de 2005/06: Possíveis impactos na cultura da soja no município de Londrina (PR). In: **XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2011**, Dourados. Anais do XIV SBGFA, 2011.

CASTRO, E; LOPES, A. O Conforto Térmico Urbano e o Ordenamento do Território na Cidade da Guarda: Utilização dos Sistemas de Informação Geográfica e da

Geoestatística. **Revista de Engenharia Civil**, Nº40, Universidade do Minho, 2011.

CAVALCANTI, I. F. A; KOUSKY, V. E. Frentes Frias no Brasil. In.: CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. (p. 135-147).

Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. **Banco de Dados de Imagens**. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes/formulario.logic;jsessionid=2F14750C7B7340831972478990AFCA32>>, acesso em 20/01/2017.

COELHO, A. L. N. Modelagem Hidrológica da Bacia do Rio Doce (MG/ES) com Base em Imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). **Caminhos de Geografia** (UFU), v. 8, p. 116-131, 2007.

COELHO, T. A. S; SOUZA, P. H. de. Precipitação no município de Rio Claro/SP: uma análise metodológica de classificação de anos padrões. **I Simpósio Mineiro de Geografia** – Alfenas 26 a 30 de maio de 2014.

COHEN, J; CAVALCANTI, I. F. A; BRAGA, R. H. M; NETO, L. S. Linhas de Instabilidades na Costa N-NE da América do Sul. In.: CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. (p. 75 – 93).

CONTI, J. B. **Circulação secundária e o efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista**. Tese (Livre Docência) Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. Porto Alegre – RS, Bookman, 2012.

Defesa Civil do Estado do Espírito Santo. **Histórico de Desastres do Estado do Espírito Santo 2000 – 2009**. Disponível em: http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/historico_de_desastres.pdf, acesso em 08/08/2013.

Diretoria de Hidrografia e Navegação: Centro de Hidrografia da Marinha – serviço meteorológico da marinha. **Cartas Sinóticas**. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>, acesso em 20/01/2017.

DOLFUSS, O. **A análise geográfica**. Coleção Saber Atual: São Paulo, 1973.

ELY, D. F. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira**: uma abordagem sobre seus discursos e práticas. Tese (doutorado em geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Presidente Prudente, 2006.

ESCOBAR, G. Jatos de Altos Níveis. In.: CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo:

Oficina de Textos, 2009. (p. 127-134).

FEITOZA, L. R. et al. **Mapa das unidades naturais do Estado do Espírito Santo**. Vitória-ES: EMCAPA; Viçosa-MG: UFV; Norwich-RU: Eastia Anglia University; Brasília-DF: SAE; Rio de Janeiro: PRÓ-NATURA. Escala 1:400.000, a cores. 1999.

FERRAZ, J. S. O homem e a chuva. **Boletim Geográfico**. Ano IX, nº 103, 1951.

FERREIRA, J. T. P. et al. Avaliação da fertilidade dos solos cultivados com café Conilon (*Coffea canephora*) no município de Santa Teresa – ES. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 356-366, 2013.

FERREIRA, N. J; RAMÍRES, M. V; GAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. In.: CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte**: caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (USP), 2009.

FIALHO, E. S; PAULO, M. L. S. Clima e Sítio: a variabilidade termohigrométrica, ao longo do transeto Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira/Brasil. In.: SILVA et al. Experimentos em climatologia geográfica. Dourados, MS: UFGD, 2014.

FORSDYKE, A. G. **Previsão do tempo e clima**. São Paulo: Melhoramentos/EDUSP, 1969.

FORGIARINI, F. R; VENDRUSCULO, D. S; RIZZI, E. S. Análise de chuvas orográficas no centro do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36 n. 2 mai-ago. 2014, p. 193–200.

GAN, M. A; SELUCHI, M. H. Ciclones e ciclogênese. In.: CAVALCANTI, et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. (p. 111-125).

GLOSSÁRIO TÉCNICO CPTEC. **Clima**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#9>>, acesso em 27 abril 2014.

_____. **Tempo Atmosférico**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#9>>, acesso em 27 abril 2014.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Espírito Santo**, Vitória: UFES, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006 (1ª ed. 1978). Mapa colorido. Escala 1:5.000.000.
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Banco de dados meteorológicos. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>, acesso em 20/12/2016.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER. **Últimas notícias sobre o tempo no Espírito santo.** Disponível em <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=ultimasnoticias>>, acesso em 20/01/2017.

JARDIM, C. H. “Médias” e “desvios” na análise geográfico-climatológica: o episódio de chuva concentrada do dia 23 de novembro de 2010 e o veranico de janeiro/fevereiro de 2011 em Belo Horizonte - MG. **Geografias**. Belo Horizonte 08(2) 35-49 janeiro-junho de 2012.

KAYANO, M. T. et al. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. *Climanálise*, CPTEC/INPE, 2016.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 18, p. 95 - 111, 2006.

LIMA, K. C.; FERNANDES J. P. R.; SATYAMURTY, P. Chuvas intensas no Sudeste do Brasil: influência das anomalias de temperatura da superfície do mar e da topografia. In: **XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 2010, Belém do Pará. Anais... Belém do Pará, 2010. p. 309-319.

MAY, S. Estudo a viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação (mestrado em engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

MARTONNE, E. de. *Traité de Géographie Phisique*. In: **Panorama da Geografia. Edições Cosmos**, Paris, 1948.

MEGALE, J. F. (org.) **Max Sorre**. São Paulo: Ática, 1984.

MELO JÚNIOR, J. C. F. de; SEDIYAMA, G. C; FERREIRA, P. A; LEAL, B. G; MINUSI, R. B. Distribuição espacial da frequência de chuvas na região hidrográfica do Atlântico, Leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Vol. 10, n.2, p.417 – 425, 2006.

MELO, A. B; CAVALCANTI, I. F. A; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. In.: CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MENDONÇA, A. P. et al. Variações mensais e interanuais de precipitação pluviométrica no município de Ouro Preto D'Oeste-RO, Amazônia Ocidental. **Revista de Desenvolvimento e Inovação**, v. 1, n. 1, 2013.

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

MILANESI, M. A. **Avaliação do Efeito Orográfico na Pluviometria de Vertentes Opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela - SP)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia da USP - São Paulo, 2007.

MILANESI, M. A; GALVANI, E. Efeito orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP). **Revista Brasileira de Climatologia**. N. 9 – Jul/Dez/2011. ISSN: 1980-055x.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Panorama sobre a desertificação no estado do Espírito Santo**, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/panorama_espiritosanto.pdf> acesso em 03/05/2016.

MINUZZI, R. B; SEDIYAMA, G. C; BARBOSA, E. da M; MELO JUNIOR, J. C. F. de. Climatologia do comportamento chuvoso da região Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, nº 3, v.22, 2007, p. 338-344.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**. São Paulo: USP-IG, 1971.

_____. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IG06-USP, 1976. (Série Teses e Monografias n.25).

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano: um projeto e seus caminhos. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, CARLO S. A. F. (org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2002.

MONTEIRO, A; FERNANDES, A. Geoestatísticas: uma incursão exploratória a considerar no domínio da climatologia urbana? Coimbra: **Cadernos de Geografia**, nº 15, 1996, p. 61, 73.

NASCIMENTO, F. H; SARAIVA, A. L. B. da C; COELHO, A. L. N; CORREA, W. C. Espacialização e análise das temperaturas e precipitações Médias anuais do Espírito Santo com o uso de geotecnologias. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.1328 – 1338, 2012.

NERY, J. T; MARTINS, M. de L. O. F; SANT'ANNA NETO, J. L. Variabilidade da precipitação no Brasil Meridional. **Maringá**, v. 24, n. 6, p. 1687-1695, 2002.

NETTO, A. L. C; AVELAR, A. de S. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In.: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

NIMER, E. Circulação atmosférica do Brasil (contribuição ao estudo da climatologia do Brasil). **Revista Brasileira de Geografia**, ano 28, n. 3, p. 48-66, jul./set. 1966.

NIMER, E. Clima da Região Sudeste. In: NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE 1989.

NOBREGA, N. E. F. da; SILVA, J. G. F. da; POSSE, S. C. P; RAMOS, H. E. dos A. Classificação climática e balanço hídrico climatológico para a Região produtora de uva do município de Santa Teresa – ES. **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura – Vitória/ES, 2008**. Disponível em: <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=publicacoes>>, acesso em 31/12/2013.

NOBREGA, N. E. F. da; SILVA, J. G. F. da; RAMOS, H. E. dos A; PAGUNG, F. dos S. Análise da distribuição sazonal e espacial da precipitação no Sul do estado do Espírito Santo. **XV Congresso Brasileiro de Meteorologia** – São Paulo – SP, 2008. Disponível em:

<<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/?pagina=publicacoes>>, acesso em 31/12/2013.

NUNES, L. H; VICENTE, A. K; CANDIDO, D. H. Clima da Região Sudeste. In: CAVALCANTI, I. F. de A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J. da; DIAS, M. A. F. da. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 243-258.

OLIVEIRA, A. G. de. **A importância dos dados das variáveis climáticas nas pesquisas em Geografia**: um estudo de caso empregando a precipitação pluviométrica. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 10, n. 32, p. 9 – 21, 2009.

PASSOS, P. N. C. de. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais e Democracia**, Vol. 6, 2009, p. 1-25.

PELLEGATTI, C. H. G. **Avaliação espaço-temporal da precipitação no perfil da Baixada Santista-Vertentes Oceânicas-Rebordo Interiorano da escarpa da Serra do Mar-SP**. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP, São Paulo, 2007.

PINTO, P. H. P. **As chuvas no estado do Tocantins**: distribuição geográfica e gênese das variações rítmicas. Dissertação (mestrado em geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP – campus Rio Claro/SP, 2013.

PROATER - **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Fundão e Santa Tereza-ES (2011 – 2013)**. Planejamento e Programação de Ações. Governo do Estado do Espírito Santo / Incaper. 2011. Disponível em

<http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Santa_Teresa.pdf>. Acesso em 13 agosto de 2013.

KAYANO, M. T; ANDREOLI, R. V., de; SOUZA, R. A; GARCIA, S. R; CALHEIROS, A. J. **El Niño e La Niña dos últimos 30 anos**: diferentes tipos. Disponível em <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Kayanoetal.pdf>, acesso em 20/02/2017.

REBOITA, M. S; KRUSCHE, N; AMBRIZZI, T; ROCHA, R. P. da. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terra e Didática**, nº 08, vol. 1, 2012, p. 34-50.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.P. & AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 25:185-204, 2010.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. (1998). Planilhas no ambiente

EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, decendial, sequencial, cultura e produção real e produção potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, p. 133-137.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SALVADOR, M. de A; SANTOS, L. S. F. C. dos. Análise da Precipitação na Cidade de São Paulo no Período 1961-2009. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 7, 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L. **História da Climatologia no Brasil**: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2001.

_____. A análise geográfica do clima: produção de conhecimento e considerações sobre o ensino. **Geografia** - Volume 11 - Número 2 - Jul/Dez. 2002.

_____. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**. V. 16, nº 1, 1998b, p.119-131.

_____. Da climatologia geográfica à geografia do clima gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**. v. 4, 2008, p.51-72.

_____. Decálogo da climatologia do Sudeste brasileiro. **Revista brasileira de climatologia**, V. 1, Nº 1. 2005, p.43-60.

SANTOS, A. R. dos. **Zoneamento agroclimatológico para a cultura do café Conilon (*coffea canephora* L.) e arábica (*coffea arábica* L.) na bacia do rio Itapemirim, ES**. (Dissertação) – mestrado em meteorologia agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, 1999.

SANTOS, A. R. dos. O fenômeno El Niño. In.: SANTOS, A. R. dos. **Apostila de Climatologia**. Vitória: UFES, 2002. P. 180-186. Disponível em <http://www.mundogeomatica.com.br/Cl.htm>, acesso em 23/03/2017.

SARAIVA, A. L. B. da. C. **O clima urbano de Mossoró (RN)**: o subsistema termodinâmico. Dissertação (mestrado em geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFES, Vitória, 2014.

SILVA, K. R. da.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. de O. Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, 18 (4), 2011. P. 417-427.

SILVA, L. M. Gestão ambiental de recursos hídricos: pressupostos básicos, conceitos, modelos e instrumentos. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia – MG, v. 11, n. 36, p. 207 – 223, 2010.

SILVA, C. A; FIALHO, E. S; STEINKE, E. T. **Experimentos em climatologia geográfica**. Dourados, MS: Editora da UFGD, 2014.

SILVA, V. P. R. da; PEREIRA, E, R. R. P; AZEVEDO, P. V. de; SOUSA, F. de A. S; SOUSA, I. F. de. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **R. Bras. Eng.**

Agríc. Ambiental, v.15, n.2, p.131–138, 2011.

SILVA, E. D. **Estudo Climático e Morfológico dos Municípios da Região Serrana do Estado do Espírito Santo**. Monografia (Bacharel em Geografia). Departamento de Geografia – UFES, Vitória, 2005.

SIMÕES, R. M. A. Distribuição das normais de chuvas no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geografia**, Ano XIII, 1951, p.102-106.

STRAHLER, A. N; STRAHLER, A. H. **Geografía física**. 3. ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1994.

SOARES, F. S; FRANCISCO, C. N; CARVALHO, C. N. de. Análise dos fatores que influenciam a distribuição espacial da precipitação no litoral sul fluminense, RJ. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p.3365-3370.

SORRE, M. **Objeto e método da climatologia**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 18, p. 89 – 94, 2006.

SOUZA, P. de. **Estudo da variabilidade da precipitação no estado do Paraná associado à anomalia da TSM no Oceano Pacífico**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UEM, Maringá, PA, 2006.

TUBELIS, A; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Nobel, 1980.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. **Normalização e apresentação de trabalhos científicos e acadêmicos**. Vitória (ES): EDUFES, 2015.

_____. Normalização de referências: NBR 6023:2002. Vitória (ES): EDUFES, 2015.

VALE, C. C. **Séries geomórficas costeiras do estado do Espírito Santo e os habitats para o desenvolvimento dos manguezais: uma visão sistêmica**. São Paulo, 2004, 386 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

VALERIANO, M. de M; PICINI, A. G. **Geoprocessamento de informações agroclimáticas**. São José dos Campos: INPE, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital. Recife – PE, 2006.

VENTURI, L. A. B. O papel das técnicas no processo de produção científica. In: VENTURI, L. A. B. (org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

ZAVATTINI, J. A. O uso das cartas sinóticas nos estudos de climatologia geográfica. In.:

_____, J. A. **As chuvas e as massas de ar no estado do Mato Grosso do**

Sul: estudos geográficos com vistas à regionalização climática. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

_____, J. A. **Estudos do Clima no Brasil.** Campinas, SP: Alínea, 2004.

ANEXO I

Coletas realizadas ao longo do ano hidrológico 2015/2016

Novembro/2015

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2	C3
1	54,195	33,25	0,045	20,9
2	73,62	46,55	3,32	23,75
3	97,85	53,2	25,65	19
4	82,64	51,3	9,97	21,37
5	106,44	52,25	43,7	10,49
6	142,72	51,77	77,42	13,53
7	76,94	52,01	22,56	2,37

Dezembro/2015

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2
1	38,47	21,37	17,1
2	82,175	47,025	35,15
3	90,915	46,075	44,84
4	59,08	55,76	3,32
5	42,74	38,47	4,27
6	60,8	53,2	7,6
7	9,21	9,21	0

Janeiro/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2	C3
1	74,10	38,95	30,4	14,25
2	237,18	57	171,95	24,7
3	234,33	57	169,1	24,7
4	217,87	67,45	142,5	23,75
5	223,62	67,45	148,67	22,51
6	227,05	65,075	154,85	21,37
7	64,94	20,9	39,42	13,87

Fevereiro/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)
1	13,2
2	160,8
3	102
4	174
5	84
6	73,2
7	78,6

Marcço/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2
1	24,22	5,22	19
2	93,1	63,65	29,45
3	59,84	40,37	19,47
4	182,39	68,87	113,52
5	91,67	33,25	58,42
6	77,42	28,97	48,45
7	38,71	31,11	7,6

Abril/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2
1	19	19	0
2	49	49	0
3	33	33	0
4	14	14	0
5	23	23	0
6	19	19	0
7	21	21	0

Mai/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2
1	0	0	0
2	9,025	45	50
3	0	0	0
4	4,75	50	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0

Junho/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1
1	4,75	50
2	1,26	13,3
3	0,00	0
4	9,03	95
5	0,00	0
6	0,00	0
7	0,00	0

Julho/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2	C3
1	57,95	50	270	290
2	102,79	140	540	402
3	95,95	0	560	450
4	146,78	95	900	550

5	101,65	0	540	430
6	103,55	0	770	320
7	50,07	0	325	202

Agosto/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1
1	27,55	290
2	38,19	402
3	42,75	450
4	52,25	550
5	40,85	430
6	30,40	320
7	19,19	202

Setembro/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2
1	0,00	0	0
2	17,10	140	40
3	12,83	135	0
4	14,73	155	0
5	12,83	135	0
6	9,50	0	100
7	0,00	0	0

Outubro/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2
1	53,69	510	0
2	121,28	812	340
3	42,85	335	72
4	115,81	1020	80
5	26,85	255	0
6	96,65	835	83
7	71,59	680	0

Novembro/2016

Postos pluviométricos	Precipitação (mm)	C1	C2	C3
1	100,02	325	325	300
2	173,92	630	715	307
3	435,86	630	3055	455
4	435,54	1375	2217	545
5	85,80	270	275	270
6	384,48	710	2360	582
7	207,09	670	725	572