

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

RAFAEL DE SOUZA ALVES

INTERAÇÕES ENTRE FATORES E ELEMENTOS DO CLIMA NO PERCURSO PONTE
NOVA – VIÇOSA – UBÁ, ZONA DA MATA MINEIRA: IDENTIFICAÇÃO DE
DIFERENTES AMBIENTES TERMOHIGROMÉTRICOS

VIÇOSA – MINAS GERAIS
2015

RAFAEL DE SOUZA ALVES

INTERAÇÕES ENTRE FATORES E ELEMENTOS DO CLIMA NO PERCURSO PONTE
NOVA – VIÇOSA – UBÁ, ZONA DA MATA MINEIRA: IDENTIFICAÇÃO DE
DIFERENTES AMBIENTES TERMOHIGROMÉTRICOS

Monografia, apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Edson Soares Fialho

Co-orientador: Afonso de Paula dos Santos

VIÇOSA – MINAS GERAIS
2015

RAFAEL DE SOUZA ALVES

INTERAÇÕES ENTRE FATORES E ELEMENTOS DO CLIMA NO PERCURSO PONTE
NOVA – VIÇOSA – UBÁ, ZONA DA MATA MINEIRA: IDENTIFICAÇÃO DE
DIFERENTES AMBIENTES TERMOHIGROMÉTRICOS

Monografia, apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Edson Soares Fialho

Co-orientador: Afonso de Paula dos Santos

Aprovada em:

Banca Examinadora

Prof. Edson Soares Fialho (orientador)
Departamento de Geografia - UFV

Prof^a. Cássia de Castro Martins Ferreira
Departamento de Geociências - UFJF

Prof. Afonso de Paula dos Santos
Departamento de Engenharia Civil, setor de Agrimensura e Cartografia - UFV

VIÇOSA – MINAS GERAIS
2015

Dedico esse trabalho a minha família, com todo amor e gratidão. Juntos, conseguimos perpassar as dificuldades diversas e fortalecer ainda mais nossos laços.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Celso e Maria (“Nem”), pelo carinho, amor, educação, respeito, amizade e apoio incondicional em todas as minhas escolhas. Sei que nunca mediram esforços para que meus irmãos e eu pudéssemos estudar. Vocês foram minha fonte maior de força e propósito para lutar pela vida.

Aos meus irmãos Adriano e Renato, por terem me apoiado e incentivado no momento em que optei por retornar a estudar e também quando precisei interromper a graduação por motivos de saúde. Encontrei em vocês amor, amizade, fraternidade, companheirismo, orientações e fortes laços familiares. Vocês são meus espelhos.

A minha namorada Bruna, companheira e amiga de graduação. Verdadeiro divisor de águas em minha vida. Seus incentivos, apoio e exemplos de determinação e coragem foram fundamentais para essa conquista, sobretudo nos momentos finais deste trabalho. Amo você!

Aos amigos de curso e, especialmente, a todos os integrantes do Laboratório de Biogeografia e Climatologia – BIOCLIMA UFV por terem contribuído para a construção do conhecimento, a cada reunião e momento de debate. Dentre esses, um agradecimento especial aos meus fieis doadores de sangue Robson Quina, Guilherme Galvão, Saymom, Gabriel (Biel), William Xisto, Vitor Rosado e demais companheiros. Obrigado por cada gesto e momentos compartilhados.

Ao meu professor, orientador e amigo Edson Soares Fialho, por sempre me dar oportunidades de crescimento profissional e amparo nas mais diversas sinuosidades da vida, ao longo desses 7 anos de parceria. Sempre presente, motivador, franco, compreensivo, companheiro.

Ao meu co-orientador e amigo Afonso de Paula dos Santos pelas valiosas dicas, leituras e empenho. Sou grato por ter me ajudado a ingressar no ensino superior com suas valiosas aulas particulares nos tempos de república, e hoje, por me ajudar a concluir o curso por meio desse trabalho monográfico.

“Já vi borboletas voarem faltando um pedaço da asa e rosas incríveis desabrocharem num copo com água. E é disso que me nutro pra acreditar que a meteorologia nem sempre está certa e que dias cinzentos podem ser prefácios de noites com Sol” (Marla de Queiroz).

RESUMO

Nas áreas de relevo movimentado, como nos de Mares de Morros Florestados, a baixa atmosfera comprometida ou não com o tecido urbano é objeto de estudo complexo e desafiador na climatologia geográfica, por envolver fatores como declividade, exposição do relevo, variações altimétricas, que redimensionam a energia recebida e singularizam a circulação do ar ao nível local. O presente trabalho monográfico tem como hipótese a existência de três ambientes termohigrométricos distintos ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá, situados na Zona da Mata Mineira, que se individualizam não apenas em função da variação altimétrica do relevo, mas também pela incidência da radiação solar, orientação das vertentes e morfologia do relevo. Dessa forma, o objetivo geral é contribuir para o entendimento da relação entre clima e relevo ao longo de tal percurso, com ênfase na relação entre fatores e elementos do clima e a identificação de diferentes ambientes termohigrométricos. Para isso, foram analisados dados de temperatura e umidade relativa do ar do mês de janeiro de 2014, obtidos com a utilização de 11 termohigrômetros datalogger configurados para realizar registros horários e simultâneos, fixados em locais distantes dos centros urbanos. A análise do campo termohigrométrico do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá foi realizada com auxílio de mapas temáticos de temperatura, umidade, relevo, exposição das vertentes, incidência da radiação solar, morfologia local e também um produto cartográfico síntese, elaborados nos *softwares Surfer 10* e *ArcGIS 10.1*. Observou-se a existência de três ambientes diferentes no que se refere à temperatura e umidade relativa do ar, cujas áreas de abrangência guardam estreita relação com as unidades morfológicas locais, sendo elas a Depressão de Ponte Nova, o Planalto de Viçosa e o “Golfão de Ubá”. Não foi possível avaliar como a exposição das vertentes contribui efetivamente na configuração dos três ambientes termohigrométricos, bem como estabelecer concretas correlações entre elas e a incidência da radiação solar. Embora seja possível observar as diferenças na quantidade de radiação solar e nas altitudes predominantes em cada ambiente destacado, não foi possível denotar qual fator climático mais influencia na configuração termohigrométrica do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá. No entanto, aponta-se que a morfologia do relevo exerça papel preponderante na individualização dos três ambientes climáticos identificados.

Palavras-chave: Zona da Mata Mineira, Ambientes Climáticos, Relevo.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG) E REPRESENTAÇÃO DA HIPÓTESE DE DIFERENTES AMBIENTES TERMOHIGROMÉTRICOS.....	16
FIGURA 2. TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL.	19
FIGURA 3. RELAÇÕES ENTRE HIPSOMETRIA, DENSIDADE DEMOGRÁFICA, MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS.....	24
FIGURA 4. FAIXA DE NEBULOSIDADE ORIENTADA NO SENTIDO NOROESTE-SUDESTE DEVIDO A ATUAÇÃO DA ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL (ZCAS).....	25
FIGURA 5. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA MESORREGIÃO DA ZONA DA MATA MINEIRA E MUNICÍPIOS COMPREENDIDOS ENTRE O PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG)...	30
FIGURA 6. MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE E PERFIL TOPOGRÁFICO AO LONGO DO TRAJETO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG).....	32
FIGURA 7. REPRESENTAÇÃO DO RELEVO DE PARTE DA ZONA DA MATA MINEIRA.....	34
FIGURA 8. TERMOHIGRÔMETRO DATALOGGER DA MARCA HOBO, MODELO U10-003.....	35
FIGURA 9. AFERIÇÃO DOS TERMOHIGRÔMETROS DATALOGGERS HOBO EM LOCAL FECHADO.	37
FIGURA 10. MINIABRIGOS METEOROLÓGICOS ALTERNATIVOS FIXADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE VIÇOSA-MG A 1,5 METROS DE ALTURA.....	38
FIGURA 11. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PONTOS DE COLETA DOS PARÂMETROS CLIMÁTICOS (TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR) AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG).	42
FIGURA 12. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR DO MÊS DE JANEIRO DE 2014, AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG).	51
FIGURA 13. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA DO MÊS DE JANEIRO DE 2014, AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG).	52
FIGURA 14. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR DO DIA 03 DE JAN. 2014, AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG).	53

FIGURA 15. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA DO DIA 03 DE JAN. 2014, AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG).	54
FIGURA 16. MAPA COM O MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE (MDS) AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG) E PONTOS DE COLETA DE DADOS CLIMATOLÓGICOS POR TERMOHIGRÔMETROS DATALOGGER.	56
FIGURA 17. MAPA DE FACES DE EXPOSIÇÃO DO RELEVO AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG) E PONTOS DE COLETA DE DADOS CLIMATOLÓGICOS POR TERMOHIGRÔMETROS DATALOGGER.	59
FIGURA 18. MAPA DE INCIDÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR DURANTE O MÊS DE JANEIRO DE 2014 AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG) E PONTOS DE COLETA DE DADOS CLIMATOLÓGICOS POR TERMOHIGRÔMETROS DATALOGGER.	61
FIGURA 19. RADIAÇÃO SOLAR DURANTE O MÊS DE JANEIRO DE 2014 EM CADA PONTO DE REGISTRO E EXPOSIÇÃO DO RELEVO ONDE OS MESMOS SE ENCONTRAM.	62
FIGURA 20. SOMBREAMENTO DE ENCOSTAS VOLTADAS PARA OS QUADRANTES OESTE E LESTE NO INTERIOR DO “GOLFÃO DE UBÁ”, REGISTRADO POR VOLTA DAS 17:00 HORAS, EM FEV. 2014, COM VISTA DO ALTO DA SERRA DE SÃO GERALDO (P7).	63
FIGURA 21. MAPA SÍNTESE DOS AMBIENTES CLIMÁTICOS AO LONGO DO PERCURSO PONTE NOVA – VIÇOSA – UBÁ (MG), COM BASE NA INTERAÇÃO ENTRE A ALTITUDE (MDS), A RADIAÇÃO SOLAR, A EXPOSIÇÃO DAS VERTENTES E AS UNIDADES MORFOLÓGICAS LOCAIS.	64

LISTA DE TABELAS E QUADRO

TABELA 1. MÉDIA DOS DESVIOS DE CADA TERMOHIGRÔMETRO DATALOGGER HOBO.....	37
TABELA 2. DIFERENÇA MÉDIA ENTRE OS DATALOGGERS HOBO E A ESTAÇÃO AUTOMÁTICA DO INMET, PARA A TEMPERATURA DO AR (°C).....	39
TABELA 3. DIFERENÇA MÉDIA ENTRE OS DATALOGGERS HOBO E A ESTAÇÃO AUTOMÁTICA DO INMET, UMIDADE RELATIVA DO AR (UR%).....	40
TABELA 4. PADRONIZAÇÃO DA ESCALA DE VALORES DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS CONSIDERADAS NO MAPA SÍNTESE.....	49
TABELA 5. ATRIBUIÇÃO DE PESOS ENTRE AS VARIÁVEIS CONSIDERADAS NA ELABORAÇÃO DO MAPA SÍNTESE.	50
QUADRO 1. DESCRIÇÃO E ILUSTRAÇÃO DOS PONTOS ONDE SE ENCONTRAM OS DATALOGGERS.	43

SUMÁRIO

1. Introdução.....	12
2. Justificativa e Hipótese.....	13
3. Objetivos	16
3.1. Objetivo Geral.....	16
3.2. Objetivos Específicos	17
4. Fundamentação Teórica	17
4.1. Características climáticas do sudeste brasileiro: interações entre elementos e fatores geográficos do clima.	17
4.2. Estudos da influência do relevo sobre os atributos do clima.	26
5. A área de Estudo	30
6. Material e Métodos.....	34
6.1. Termohigrômetros Dataloggers e Processo de Aferição.	35
6.2. Instalação dos Equipamentos em Campo e Obtenção dos Dados de Temperatura e Umidade.	41
6.3. Elaboração dos Mapas Temáticos.....	46
7. Resultados e Discussões.....	50
8. Considerações Finais e Desdobramentos Futuros	65
Referências Bibliográficas.....	68
APÊNDICE	74

1. Introdução

Nas áreas de relevo movimentado, como nos de Mares de Morros Florestados (AB’SABER, 2003), a baixa atmosfera comprometida ou não com o tecido urbano é objeto de estudo complexo e desafiador na climatologia geográfica, por envolver fatores como declividade, exposição do relevo, variações altimétricas, que redimensionam a energia recebida e singularizam a circulação do ar ao nível local. Em tais áreas, a análise do sítio com vista à compreensão do relevo e suas interações com a atmosfera é fundamental para o entendimento da dinâmica climática.

O sítio, ou espaço físico sobre o qual a cidade se ergue é revelador das características geo-ecológicas do lugar, como define Monteiro (1990a), expressa as condições predominantes do relevo e sua topografia.

Dado ao número crescente de habitantes nas áreas urbanas e os efeitos provocados pela dinâmica das cidades nas condições climáticas e meteorológicas do ambiente próximo, o estudo do clima urbano tem atraído pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento. Os objetivos subjacentes a esses estudos são diversos, como compreender o meio urbano no que tange a seus aspectos físicos, químicos e biológicos, para melhor desenvolver previsões do tempo e modelos operacionais de qualidade do ar; alcançar a sustentabilidade ambiental; gerenciar e otimizar o consumo de energia e água nos espaços urbanos (SOUCH e GRIMMOND, 2006).

Com base em trabalhos publicados em inglês no período de 2004 a 2005, Souch e Grimmond (2006) afirmam que a ilha de calor continua a ser a característica climática das cidades mais estudada. Os autores colocam que a análise crítica do sítio e da morfologia do entorno das cidades têm recebido atenção continuada.

Na Climatologia os estudos sobre áreas naturais sempre foram quantitativamente inferiores aos relacionados às áreas urbanas. Embora se tenha notado um aumento de pesquisas sobre as áreas não urbanizadas no escopo da Geografia, os trabalhos de Climatologia Urbana ainda são mais frequentes (ARMANI, 2009).

A área estudada no trabalho monográfico que se segue, compreendida ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), de relevo movimentado dos Mares de Morros Florestados, contém localidades urbanizadas e também não urbanizadas, bem como fragmentos de áreas naturais. O propósito com este trabalho é de verificar as interações entre

fatores e elementos do clima e identificar a existência de diferentes ambientes termohigrométricos ao longo do percurso analisado. Espera-se com isso contribuir para a compreensão do clima da Zona da Mata Mineira e de suas paisagens no que tange à temperatura e umidade.

2. Justificativa e Hipótese

A cidade de Viçosa, por ser referência na área educacional, atrai migrantes de diversas localidades que se deslocam em busca de acesso na educação superior e melhores oportunidades empregatícias. Ao dialogar com pessoas que residem em Viçosa e que vieram de cidades vizinhas como Ubá, Ponte Nova, Visconde do Rio Branco, não é raro escutar que tais localidades são mais “quentes” que Viçosa.

Os estudos de Rocha (2007), Santos (2007), Genaro (2008), Andrade (2008) e Fialho (2009) apontam a existência de ilhas de calor (diurnas e noturnas) e diferenças termohigrométricas entre o rural e o urbano em Viçosa. Mesmo diante de tais observações, Fialho (2009) não afirma haver um “clima urbano” estruturado na localidade, pois suas análises o levaram ao entendimento de que a configuração climática da cidade é mais influenciada pelo sistema atmosférico atuante e suas interações com o sítio urbano do que pela massa edificada.

Genaro (2008) e Fialho (2009) mostram que o sítio atua na conformação e dissipação da ilha de calor e influencia nas temperaturas de Viçosa, de modo mais preponderante do que o tipo de uso e ocupação do solo. Eles reconhecem o papel dos constituintes urbanos nos padrões térmicos intraurbano, porém, destacam que o sítio sobre o qual a cidade se ergue, e as dinâmicas do ar a ele vinculadas, exercem maior influência que os equipamentos e fluxos urbanos nos padrões térmicos. Sendo assim, Fialho (2009) defende que o sítio deve ser o ponto de partida para os estudos de clima nessa região. Essa observação do autor e os dizeres dos migrantes, de que Ponte Nova, Visconde do Rio Branco e Ubá possuem temperaturas mais elevadas que Viçosa, motivou a busca por uma melhor compreensão da relação entre clima e sítio ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG).

No ano de 2011 foram iniciados os primeiros registros de parâmetros climáticos ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), a partir do projeto de pesquisa intitulado “A Importância do Sítio no Caráter Climático das Cidades Localizadas na Zona da

Mata Mineira”, estruturado no Laboratório de Biogeografia e Climatologia – BIOCLIMA UFV, sediado no Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa (UFV). As primeiras informações obtidas em campo indicavam a existência de variações significativas de temperatura e umidade na área estudada. No entanto, as dificuldades na realização de trabalhos de campo, envolvendo questões financeiras, instrumentais e de equipe, impunham limites à escolha dos pontos amostrais e padronização das formas de obtenção dos dados. Devido a isso, as análises realizadas a partir de tais dados (ALVES et al., 2011; FIALHO et al., 2011; ALVES et al., 2012; ALVES e FIALHO, 2012; SILVA et al. 2012) foram sempre cautelosas e não generalistas, evitando afirmações duvidosas.

As dificuldades na aquisição de dados, a falta de recursos e infraestrutura para realização de pesquisas em Climatologia Geográfica são conhecidas pelos pesquisadores e já foram discutidas de forma plausível em Monteiro (1990b, 1990c), Sezerino e Monteiro (1990). Embora tais pesquisadores tenham se pautado numa realidade outra, suas colocações refletem as condições ainda enfrentadas por muitos que buscam a compreensão do clima, comprometido ou não com o tecido urbano. Diante desse cenário, as orientações dadas por Monteiro (1990b) é que, mesmo valendo-se de aparelhagem simples, é preciso ousar e adentrar o fato geográfico a ser investigado, pois embora não seja possível obter “certezas”, os equipamentos singelos poderão conduzir às “hipóteses”.

No ano de 2013 o Laboratório de Biogeografia e Climatologia – BIOCLIMA UFV, junto ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, adquiriu registradores automáticos de temperatura e umidade relativa do ar (termohigrômetros dataloggers), a serem utilizados na pesquisa. Os novos equipamentos permitiram ampliar o número de pontos amostrais ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá, reduzir o intervalo de tempo entre uma observação e outra, escolher locais de medições mais adequados aos objetivos traçados. Esses consistiam na compreensão da relação entre clima e sítio, a fim de identificar as variações térmicas existentes e subsidiar futuros trabalhos de clima urbano na região.

Os estudos recentes realizados ao longo do caminho Ponte Nova – Viçosa – Ubá, como os de Fialho (2012) e Fialho e Paulo (2014), apontam que o comportamento da temperatura e umidade relativa do ar, e suas interações com o sítio, variam segundo o sistema atmosférico em vigência. Em situação de estabilidade atmosférica, a circulação terciária predomina e as particularidades climáticas locais se destacam, em virtude da maior influência

dos fatores geográficos presentes nessa escala. Quando em situação de mudança de sistema sinótico e condições de instabilidade atmosférica as diferenças termohigrométricas tornam-se menores, bem como a influência dos fatores geográficos locais, diante da atuação de sistemas perturbados de larga escala.

A relação entre a altitude e o campo termohigrométrico foi a mais enfatizada na pesquisa das interações entre clima e sítio ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá. Fialho (2012), Fialho e Paulo (2014), apontam que a variação de altitude é um significativo fator a condicionar os padrões de temperatura e umidade na área em estudo. No entanto, esses autores também apontam, sobretudo Fialho e Paulo (2014), que somente as disparidades altimétricas não são suficientes para justificar as variações termohigrométricas existentes, sendo preciso investigar a influência de outros fatores, ou seja, outras variáveis que compõem e são condicionadas pelas especificidades do sítio.

O presente trabalho monográfico tem como hipótese a existência de três ambientes termohigrométricos distintos ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá, que se individualizam não apenas em função da variação altimétrica do relevo, mas também pela incidência da radiação solar, orientação das vertentes e morfologia do relevo.

Acredita-se que a localização dos três ambientes termohigrométricos seja condizente às unidades morfológicas locais, relativas às áreas onde se encontram: a “depressão de Ponte Nova¹” (NUNES et al., 2001; TEIXEIRA, 2005) – Ambiente 1; o “planalto de Viçosa” (VALVERDE, 1958; NUNES et al., 2001; TEIXEIRA, 2005) – Ambiente 2; o “Golfão de Ubá²” (ANDRADE, 1961) – Ambiente 3, sendo este último, mais especificamente, onde situam-se os municípios de São Geraldo, Visconde do Rio Branco e Ubá (Figura 1).

Faz-se necessário destacar que as pesquisas climáticas já desenvolvidas no trecho compreendido entre Ponte Nova – Viçosa – Ubá foram de total relevância para o presente trabalho, sobretudo na elaboração da hipótese. As primeiras investigações, com aparelhagem simples e metodologia menos criteriosa, bem como as análises mais recentes feitas a partir de dados coletados por registradores automáticos (dataloggers), não foram possíveis de nos levar às “certezas”. No entanto, elas ampliaram nossos horizontes e nos guiaram a um novo leque de hipóteses de investigações, reafirmando as orientações dadas por Monteiro (1990a) de que

¹ Trata-se de uma área rebaixada pela ação fluvial.

² Trata-se de um planalto rebaixado em função da atividade tectônica.

é preciso “ousar”, adentrar o fato geográfico, mesmo valendo-se de recursos singelos e discretos, para que novas inquietações possam emergir.

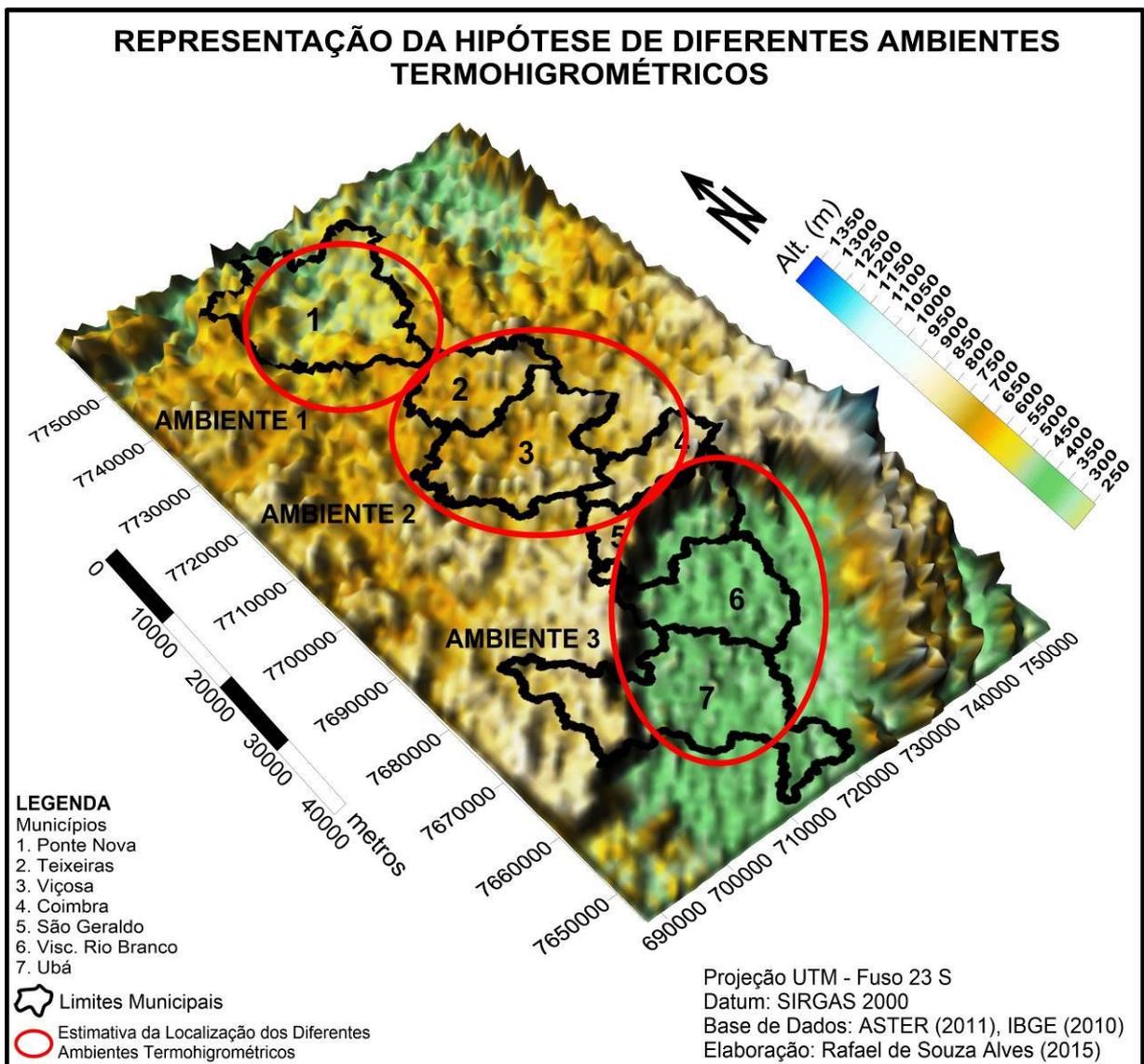


Figura 1. Modelo Digital de Elevação do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) e representação da hipótese de diferentes ambientes termohigrométricos.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Geral

Contribuir para o entendimento da relação entre clima e relevo ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá, enfocando a relação entre fatores e elementos do clima e a identificação de diferentes ambientes termohigrométricos ao longo do mesmo.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar as variações de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (UR%) existentes ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá, a partir de dados coletados *in loco*, na estação de verão;
- Relacionar o campo termohigrométrico com a incidência de radiação solar, orientação das vertentes e variações de altitude existente ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá.
- Elaborar um produto cartográfico síntese, a partir da interação entre as variáveis que contribuem para formação de diferenças ambientes climáticos, ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá.

4. Fundamentação Teórica

4.1. Características climáticas do sudeste brasileiro: interações entre elementos e fatores geográficos do clima.

Os elementos do clima são atributos físicos que simbolizam as propriedades da atmosfera, ou seja, caracterizam as condições sinóticas de um dado local, sendo a temperatura, a umidade e a pressão as mais comumente utilizadas. Manifestam-se por meio da precipitação, vento, nebulosidade, ondas de calor e de frio (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A atuação dos elementos do clima varia no espaço, por serem influenciados pelos fatores geográficos do clima, também conhecidos por controladores climáticos. Os fatores do clima, peculiares de cada local ou região, revelam a diversidade geográfica e explicam as singularidades climáticas de cada porção da superfície da Terra. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007) eles correspondem às características geográficas estáticas que contribuem para a diversificação das paisagens, como latitude, altitude, relevo, vegetação, continentalidade/maritimidade e atividades humanas. Somam-se a esses as correntes oceânicas, massas de ar e sistemas frontais.

A região sudeste do Brasil, composta pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais, é “palco de conflito” entre diferentes sistemas atmosféricos

atuantes no território nacional que se relacionam em equilíbrio dinâmico (NIMER, 1989; SANT'ANNA NETO, 2005).

O sudeste caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas quentes das latitudes baixas e os climas frios mesotérmicos das latitudes médias. No entanto, sua principal característica climática é a existência de duas estações do ano bem definidas, sendo uma seca (abril a setembro) e outra chuvosa (outubro a março), mais coincidentes com os períodos de inverno e verão, respectivamente. Observa-se que o início e o fim da estação chuvosa apresentam variações de um ano para outro (BARBIERI, 2005). É a região mais diversificada do país em termos climáticos. Suas características topográficas e localização latitudinal em áreas de transição de controladores do clima de grande e meso-escala são os principais fatores responsáveis por tal diversidade (SANT'ANNA NETO, 2005; CÂNDIDO e NUNES, 2008).

Nimer (1989) discute a diversidade climática existente no sudeste brasileiro como sendo produto da interação entre um conjunto de fatores estáticos e um conjunto de fatores dinâmicos regionais peculiares. O primeiro conjunto de fatores diz respeito à posição latitudinal, a posição na borda ocidental do oceano Atlântico e a topografia acidentada. Já o segundo conjunto de fatores diz respeito aos sistemas de circulação atmosférica atuantes.

A posição latitudinal do sudeste brasileiro entre os paralelos de 14° a 25° sul faz com que quase todas as suas terras estejam localizadas na zona tropical, exceto pequenas áreas territoriais no sul de São Paulo. Por esse motivo, compreende-se que a região é submetida à significativa energia solar e aquecimento das superfícies devido à incidência mais perpendicular da radiação de onda curta, sobretudo quando comparada as latitudes médias (NIMER, 1989). A grande extensão norte/sul da região contribui para significativas variações térmicas e pluviométricas ao longo de seu território, que em grande parte são explicadas pelo efeito latitudinal, pois à medida que a latitude aumenta, diminui a temperatura e aumenta os totais anuais de precipitação. Desse modo, temos que a temperatura média anual varia de 14 °C a 25 °C e precipitação varia de 700 mm a 2000 mm (Figura 2) (SANT'ANNA NETO, 2005).

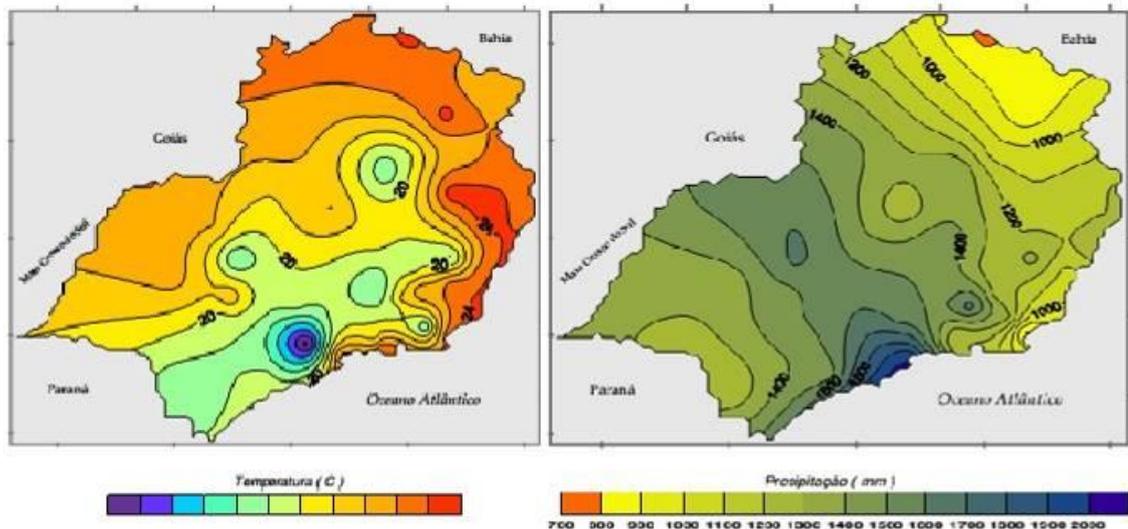


Figura 2. Temperatura e precipitação média anual na região sudeste do Brasil.
 Fonte: Sant'Anna Neto (2005, p. 53-54. Adaptado).

A posição na borda ocidental do oceano Atlântico, que banha toda a extensão leste da região, oferece ao sudeste brasileiro uma considerável superfície hídrica disposta a processos de evaporação. Esta condição, aliada a significativa incidência da radiação solar e existência de expressivos centros urbanos, propicia a formação de núcleos de condensação na baixa atmosfera e aumento da precipitação, sobretudo quando da passagem de sistemas frontais, que potencializam as atividades convectivas (NIMER, 1989).

O vasto litoral do sudeste de mais de 1500 km de norte a sul permite a penetração dos ventos alísios que alimentam com umidade porções do seu território, sobretudo nas vertentes a barlavento (SANT'ANNA NETO, 2005).

De acordo com Sant'Anna Neto (2005) nenhuma outra região do Brasil tem suas configurações climáticas mais influenciadas pela altimetria e disposição do relevo do que o sudeste. A topografia acidentada contribui para existência de contrastes térmicos, principalmente em decorrência do fator altitude, e incremento da precipitação, devido ao aumento da turbulência do ar pela ascendência orográfica. Essa condição "acidentada" da topografia, nas palavras de Nimer (1989, p. 268) se exprime da seguinte forma:

Embora caracterizado por altas superfícies cristalinas e sedimentares, com predomínio de 500 a 800 m em São Paulo e 500 a 1.200 m em Minas Gerais, entre essas aparecem vales amplos e muito rebaixados como o do São Francisco, Jequitinhonha, Doce, Paraíba do Sul, Paranaíba, Grande e Paraná. Sobre aquelas superfícies erguem-se numerosas serras onde são comuns os níveis de 1.200 a 1.800 m como no Espinhaço, Mantiqueira e Serra do Mar, cujos pontos culminantes estão

acima de 2.700 m na Mantiqueira, e 2.200 na Serra do Mar, contrastando violentamente com as amplas baixadas litorâneas do Espírito Santo e Rio de Janeiro.

A presença das serras do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço, dos Órgãos, da Canastra e de Caparaó propicia a ocorrência de um clima tropical de altitude e influenciam na distribuição espacial das chuvas, gerando ilhas úmidas a barlavento e ilhas secas (sombra de chuva) nas vertentes a sotavento. Localidades acima de 1500 metros de altitude, como Campos do Jordão (SP) e Itatiaia (RJ), o efeito altimétrico sobre a temperatura do ar condiciona registros mínimos de 0 °C. Por outro lado, nas áreas de vales fluviais, com altitudes de 500 metros em média, as temperaturas máximas de verão podem chegar a 40 °C ou mais (SANT'ANNA NETO, 2005).

O clima da região sudeste é influenciado pelas massas (sistemas) de ar equatorial continental, polar atlântica, tropical atlântica, tropical continental. As atuações das mesmas variam ao longo do ano e repercutem de maneira diferente na temperatura e precipitação³. O Anticiclone Polar Atlântico e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, geradores das massas de ar polar atlântica e tropical atlântica, respectivamente (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007), são os mais influentes no tempo e clima do sudeste (NIMER, 1989), por isso, faz-se necessário melhor analisá-los por nos interessar mais diretamente.

O Anticiclone Polar Atlântico deriva do Anticiclone Migratório Polar que se forma na zona subpolar do Pacífico Sul, a partir da sua subdivisão ao sofrer atrito e bloqueio da cordilheira dos Andes. Na medida em que o Anticiclone Polar Atlântico se desloca para as baixas latitudes por condições barométricas, sendo por isso caracterizado como “migratório”, recebe umidade e calor. Ele exerce maior influência no clima da região sudeste durante o inverno, devido a sua maior expressividade nessa época do ano e menores bloqueios causados pelos sistemas atmosféricos tropicais, provocando queda das temperaturas médias. Sua atuação desencadeia processos frontogênicos (sistemas frontais) que participam ativamente no dinamismo das chuvas do Brasil, incluindo da região sudeste (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

³ Informações a respeito das massas de ar atuantes no Brasil e, por conseguinte, na região sudeste, podem ser encontradas em Nimer (1989) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007), sobretudo nos capítulos 1 e 6 intitulados “Circulação Atmosférica do Brasil” e “Brasil – aspectos termopluiométricos e tipos climáticos”, respectivamente.

Os sistemas frontais são definidos como área de transição (descontinuidade térmica) entre dois sistemas atmosféricos vizinhos de características distintas (densidade e temperatura). No núcleo desses sistemas desencadeiam-se atividades convectivas, mudança na direção dos ventos e grandes possibilidades de ocorrência de chuvas. São representados especialmente pelas Frentes Frias decorrentes da invasão do Anticiclone Polar Atlântico na região sudeste. Atuam nas regiões sul e sudeste do Brasil por todo o ano (NIMER, 1989; VAREJÃO-SILVA, 2006; ASSIS, 2010; ALVARENGA, 2012).

As Frentes Frias se definem pelo avanço de sistemas que causam a substituição do ar quente pelo ar frio. São mais frequentes durante o inverno devido a maior força de ação do Anticiclone Polar Atlântico e do forte gradiente térmico equador-polo nessa época do ano. Após a sua passagem, o Anticiclone Polar Atlântico vigora provocando queda de temperatura e condições de tempo estáveis. Durante o verão, contribuem de maneira significativa para a ocorrência de chuvas no sudeste, sobretudo quando associadas a Linhas de Instabilidade e Zona de Convergência do Atlântico Sul, sendo essa última mais bem abordada adiante (NIMER, 1989; CALVANCANTI e KOUSKY, 2009; ASSIS, 2010).

As Linhas de Instabilidade se propagam precedendo a Frente Fria e se caracterizam por alongadas depressões barométricas, onde o ar realiza convergência dinâmica, podendo levar à ocorrência de chuvas e trovoadas. Nimer (1989, p. 273) coloca que:

“Sua origem parece estar ligada ao movimento ondulatório que se verifica na frente polar ao contato com o ar quente da zona tropical. A partir dessas ondulações formam-se, ao norte da frente polar, uma ou mais Linhas de Instabilidade sobre o continente”.

Baseando-se também em Nimer, Assis (2010) diz que as Linhas de Instabilidade são centros de baixa pressão relacionados à passagem de Frentes Frias no litoral do sudeste do Brasil ou pela atuação da convecção tropical. Após se formarem deslocam-se muito rapidamente numa velocidade de até 60 km/h, embora possam permanecer estacionárias. São as principais responsáveis pelas chuvas em Belo Horizonte (MG) durante o verão, a maioria de caráter torrencial e de curta duração, conhecidas como “chuva de verão”.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul é o principal sistema atmosférico atuante na região sudeste, sobretudo no estado de Minas Gerais. Ocasiona ventos predominantes de leste e nordeste, temperaturas típicas da zona tropical devido à radiação solar, umidade para o ar atmosférico decorrente da relação com o oceano Atlântico Sul (NIMER, 1989, FIALHO,

2009). É considerado um centro de ação semifixo por apresentar oscilação sazonal leste-oeste em sua posição, encontrando-se mais ao oceano durante o verão e mais ao continente durante o inverno (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A massa tropical Atlântica resultante do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul apresenta maior desempenho no verão, reforçando as características das elevadas temperaturas na região sudeste nessa estação do ano. Também no verão, contribui para os totais pluviométricos por meio da emissão de ondas de calor de leste e de nordeste (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul mantém condições de estabilidade atmosférica com tempo ensolarado, devido aos fortes movimentos subsidentes (NIMER, 1989; ASSIS, 2010). Essa estabilidade se cessa com a passagem de correntes perturbadas de sul, de oeste e de leste, responsáveis por condições de instabilidades e mudanças de tempo, normalmente acompanhadas de chuva (NIMER, 1989).

As correntes perturbadas de sul derivam da dinâmica de atuação do Anticiclone Polar do Atlântico. São caracterizadas por sistemas frontais e por causarem modificações na direção preferencial dos ventos dominantes, pois passam a ser de sul e sudeste (NIMER, 1989). A esse respeito Sant'Anna Neto (2005) diz que o avanço das mesmas é beneficiado pela disposição das serras do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço, dos Órgãos, da Canastra e do Caparaó, todas orientadas praticamente no sentido norte-sul, formando calhas de penetração do sistema polar atlântico.

As correntes perturbadas de oeste são mais comuns de meados da primavera a meados do outono e decorrem da invasão de ventos de oeste a noroeste, trazidos por Linhas de Instabilidade Tropicais. As chuvas causadas por elas são mais frequentes no verão e, geralmente, acontecem no final da tarde ou início da noite. Constituem as chamadas “chuva de verão”, que consistem em episódios fugazes (NIMER, 1989).

As correntes perturbadas de leste se caracterizam por ventos que se deslocam de leste para oeste, típicos dos litorais das regiões tropicais atingidos pelos alísios. São mais frequentes no verão. Provocam chuvas e a atuação deste fenômeno é muito restrita a áreas do sudeste brasileiro, sensivelmente percebido ao norte do estado do Rio de Janeiro. Em Minas Gerais são pouco identificadas e normalmente não ultrapassam a serra do Espinhaço (NIMER, 1989). A esse respeito, Sant'Anna Neto (2005) considera que no verão o sudeste do Brasil

recebe maior influência das correntes de leste que são favorecidas pelos ventos alísios e pelo sistema tropical atlântica.

A dinâmica climática do estado de Minas Gerais está intimamente ligada aos componentes da circulação atmosférica atuantes na região sudeste do Brasil. As especificidades térmicas e pluviométricas no território mineiro derivam da conjugação entre essa dinâmica atmosférica e a sua geografia.

Para Fonseca et al. (2006) a Climatologia do estado de Minas Gerais é complexa e ainda pouco conhecida, devido às especificidades da dinâmica da atmosfera na porção sudeste do país e aos múltiplos fatores presentes no território mineiro.

Vianello e Maia (1986, p. 186) explicam que a diversidade de fatores climáticos existente no estado mineiro – topografia, altitudes dominantes, latitude, longitude, continentalidade – faz com o mesmo seja diversificado, indo “[...] dos úmidos aos semi-áridos, dos continentais quentes aos climas amenos montanhosos”. As altitudes oscilantes de 250 metros até níveis superiores a 2700 metros, bem como as paisagens fisiográficas formadas por florestas exuberantes, cerrados, caatingas, campos, interagem com a circulação atmosférica justificando os variados climas existentes.

Grande parte do estado de Minas Gerais está situada no Planalto Atlântico. Sua altitude média é de 700 metros e é o mais elevado do país, visto que 93% de seu território estão acima de 300 metros de altitude, 57% acima de 600 metros e praticamente 20% entre 900 e 1500 metros de altitude (FERREIRA e NERY, 2002).

Os dobramentos presentes no território mineiro, como as serras da Mantiqueira e do Espinhaço, atuam como barreiras a ação de sistemas de ar originados no oceano Atlântico, aumentando a frequência das chuvas nas regiões a barlavento das mesmas (CUPOLILLO et. al., 2008; FONSECA et. Al., 2006). Para Cupolillo et al. (2008) ambas as serras são de influência continental.

Ferreira e Nery (2002), com base nos dados de precipitação de 45 estações selecionadas, com série temporal de 1968 a 1999, dizem que em Minas Gerais há uma relação entre a distribuição espacial da precipitação e o relevo, não necessariamente na quantidade. Inferem ainda sobre uma possível relação entre a variabilidade da precipitação e a concentração populacional, visto que as áreas de maior variabilidade são também as de maior concentração demográfica (Figura 3). No entanto, os autores não discorrem de maneira detalhada tais relações, muito embora seja possível apontar, com base nas discussões

anteriores, que os maiores valores pluviométricos nas áreas mais elevadas do território mineiro estejam associados ao aumento da turbulência do ar devido ao fator altitude.

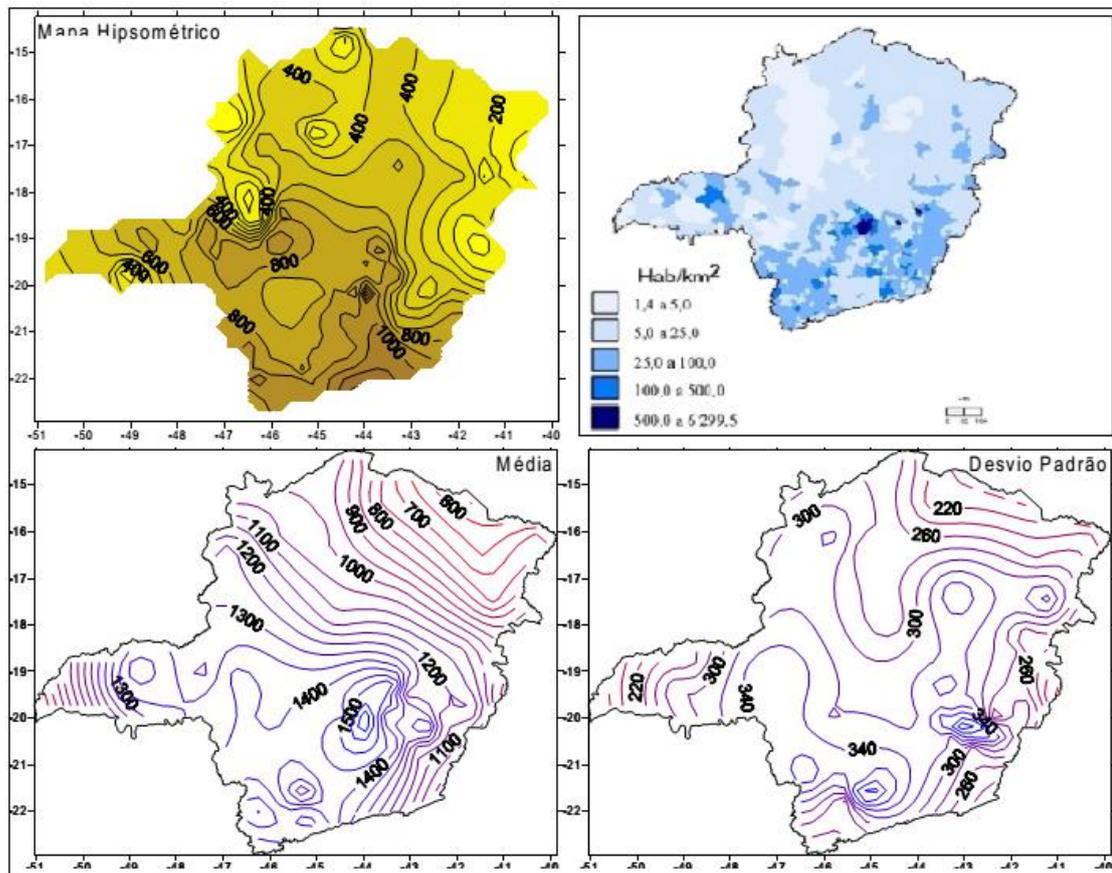


Figura 3. Relações entre hipsometria, densidade demográfica, média e desvio padrão da precipitação no estado de Minas Gerais.

Fonte: Ferreira e Nery (2000, p. 2 e 6. Adaptado).

Para Vianello e Maia (1986) a atuação predominante em Minas Gerais do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), tanto no verão quanto no inverno. Esse sistema favorece a ocorrência de ventos oriundos dos quadrantes norte e leste. No verão, o ASAS por posicionar-se mais ao oceano Atlântico, induz a circulação de ventos de norte, quente e úmido, que propicia a ocorrência das chuvas de verão. No inverno, o ASAS por posicionar-se mais ao continente, induz a circulação de ventos de leste, causando fenômenos de subsidência, céu azul e ausência de nuvens e chuva. Já Ferreira e Nery (2002) dizem que em Minas Gerais na estação seca (inverno) atuam de modo predominante a Frente Polar Atlântica e o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Já na estação chuvosa (verão) predominam os sistemas convectivos associados ao aquecimento continental e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul é uma entidade climatológica e representa uma interação entre as latitudes médias (frentes) e tropicais (Linhas de Instabilidade Tropicais, depressões ou calhas induzidas). Manifesta-se por uma banda de nebulosidade convectiva de direção preferencial noroeste/sudeste (Figura 4) e é mais atuante no mês de maior convecção tropical (novembro a março). É responsável por elevar os totais pluviométricos na região centro-sul do Brasil, abrangendo as regiões sudeste, centro-oeste, norte do Paraná e sul da Bahia (ABREU, 1998).

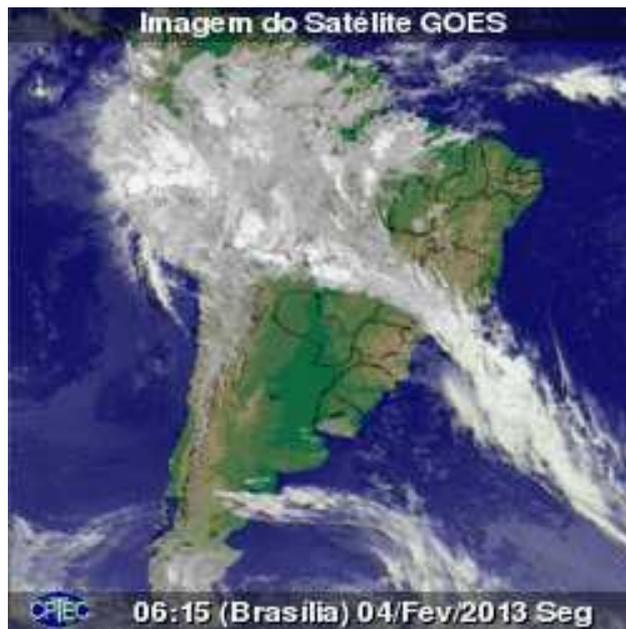


Figura 4. Faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste devido a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Fonte: CPTEC/INPE.

A formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul ocorre na associação de quatro principais fatores, sendo eles a Instabilidade Tropical, a Frente Fria, a cordilheira dos Andes e o giro anticiclônico dos ventos no território brasileiro (ABREU, 1998).

Durante o verão a disponibilidade de umidade na região amazônica é elevada, bem como a temperatura. Devido ao forte aquecimento do continente, Instabilidades Tropicais são formadas naquela região favorecendo processos convectivos da umidade (ABREU, 1998).

Não raramente, no verão a Frente Fria pode se tornar estacionária devido à menor força de gradiente entre o polo sul e o equador, mantendo uma posição noroeste-sudeste (CALVANCANTI e KOUSKY, 2009; FIALHO, 2009). Quando isso acontece, ela pode desencadear uma descontinuidade barométrica organizando a convecção amazônica,

direcionando-a no sentido noroeste-sudeste. A participação da Frente Fria na formação da ZCAS é descrito por Abreu⁴ (1998, p.19) da seguinte maneira:

O papel da FPA na dinâmica de formação da ZCAS é essencial. Ela funciona como um canalizador da convergência do ar nos baixos níveis da atmosfera que alinha, na sua direção as IT e, conduz a umidade originada na região amazônica, para sudeste. O ar úmido e quente sobe, resfria e condensa, formando nuvens ao longo da FPA. A orientação noroeste-sudeste da ZCAS é determinada pela contribuição da FPA, que sobre o continente, apresenta esta mesma direção preferencial.

A cordilheira dos Andes na região central do continente sul americano apresenta orientação noroeste-sudeste, atuando como uma barreira para os ventos alísios na baixa atmosfera. Dessa forma, a umidade da Amazônia é transportada para leste e sudeste do Brasil em função do giro anticiclônico dos ventos no território nacional e da presença dos Andes, que também força os ventos a girarem para sudeste em suas proximidades. Estes dois fatores, juntamente com a Frente Fria que forma uma “calha” de escoamento do ar, funcionam como catalizadores da umidade para região sudeste do país (ABREU, 1998).

A ZCAS é responsável por chuvas prolongadas que ocorrem no sudeste do Brasil, e por assim, em Minas Gerais, popularmente conhecidas por invernadas. As precipitações decorrentes de sua atuação duram em média 7 dias, podendo perdurar até 10 dias (ABREU, 1998). Podem acarretar consequências socioambientais que se manifestam com as inundações por transbordamento de rios, deslizamentos, perda de lavouras por excesso hídrico. Sobretudo em áreas urbanas, as inundações e os deslizamentos levam a prejuízos econômicos e até perda de vidas humanas. Em cidades como Ponte Nova e Ubá, inseridas na área de estudo do presente trabalho monográfico, situações semelhantes a essas já foram vivenciadas, como constam nos trabalhos de Silva (2009) e Santos (2013), respectivamente.

4.2. Estudos da influência do relevo sobre os atributos do clima.

A variação da temperatura do ar em função da altitude – importante atributo do relevo nos estudos climatológicos – foi o objetivo de Lima et al. (2010) ao estudarem o clima no

⁴ Em seu trabalho a autora refere-se a Frente Fria como Frente Polar Atlântica (FPA) e Instabilidade Tropical pela abreviação “IT”.

Pico da Bandeira, Parque Nacional Alto Caparaó, entre altitudes de 1106 a 2892 metros. Para isso, os autores utilizaram oito miniabrigos meteorológicos de 1,5 metros de altura, com sensores previamente aferidos e calibrados para fazer leituras horárias, semelhante aos procedimentos de coleta de dados adotados no presente trabalho monográfico. A temperatura média registrada em cada ponto amostral foi relacionada com a altitude por meio da regressão linear simples. Faz-se necessário destacar que uso da regressão linear simples, com intuito de relacionar a variação da temperatura em função da altitude, foi também empregado por Fialho et al. (2011) e Fialho e Paulo (2014) em estudos realizados ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá.

Dentre os resultados encontrados por Lima et al. (2010) destacam-se a existência de um gradiente térmico adiabático de $0,4^{\circ}\text{C}$ a cada 100 metros para o ar úmido. As temperaturas mais baixas não foram registradas nos pontos mais altos como o esperado, devido ao escoamento do ar frio noturno para as partes mais baixas do relevo e a configuração de episódios de inversão térmica. A altitude mostrou-se como um importante controlador da temperatura na localidade, haja vista que o coeficiente de correlação (r) da equação de regressão linear foi de 0,96.

Buscando também investigar a relação entre temperatura e relevo, com destaque para a variação da altitude, Mora (2009) realizou estudos na Serra da Estrela, Portugal, a partir de dados coletados durante o ano de 2000 nas áreas de planalto e no alto vale do Zêzere. As medições foram feitas por 7 pontos amostrais, em intervalos de duas horas, utilizando sensores contidos em miniabrigos meteorológicos de PVC, semelhantes aos adotados no presente trabalho monográfico e indicados por Castelhana e Roseguini (2011).

Mora (2009) observou que em determinados momentos as áreas de fundo de vale apresentaram temperaturas mais baixas que os planaltos, sobretudo durante a noite, devido ao escoamento do ar frio e processos de inversão térmica, assim como Lima et al. (2010) descreveram. No entanto, Mora (2009) ressaltou que os vales localizados em maiores altitudes obtiveram temperaturas mais baixas que os vales situados em menores altitudes, evidenciando a influencia da altitude na variação da temperatura e morfologia do sítio na circulação atmosférica terciária. Em linhas gerais, os planaltos se destacaram por serem 6°C mais frios que os fundos de vale, aproximadamente. Embora a variação de altitude tenha se mostrado influente, no Alto Vale do Zêzere os principais fatores controladores dos padrões de temperatura são a incidência da radiação solar, a velocidade do vento, a umidade do ar e a

ascensão das massas de ar. Dessa forma, acredita-se que o relevo e seus atributos se destacam na configuração climática dos espaços.

Castán et al. (1999) realizaram estudos na serra da Cartagena, sudeste da Espanha, disposta no sentido leste-oeste e situada próxima ao mar Mediterrâneo. Tinham como objetivo analisar as variações espaço-temporais do clima da serra. Para isso, elaboraram diagramas climáticos de acordo com as indicações de Walter, utilizando-se dados de 8 estações meteorológicas com séries de 1946 a 1992, situadas no interior e no entorno da área assistida. Os autores constataram a ocorrência de variações espaciais da precipitação média anual em função da exposição das vertentes da serra, uma vez que a face oriental, voltada para o Mar Mediterrâneo, recebe maiores quantidades de chuva do que a face ocidental, voltada para o continente. Embora a variação mensal da precipitação entre as vertentes seja pouca, as diferenças ambientais e paisagísticas são apontadas como sendo significativas.

De acordo com Castán et al. (1999), na serra da Cartagena há um gradiente térmico paralelo ao gradiente de precipitação, pois os locais mais frios coincidem com os locais mais chuvosos. No leste da serra, mais chuvoso, a temperatura média anual é de 17°C, já no oeste, menos chuvoso, a temperatura média anual é de 18°C. A temperatura do ar é influenciada pela radiação solar incidente, que por sua vez afeta as taxas de evapotranspiração. Numa mesma latitude, segundo os autores, podem ser observadas variações da densidade do fluxo de radiação solar devido às diferenças de orientação, declividade e altitude do terreno.

Na serra da Cartagena as maiores discrepâncias dos dados de temperatura do ar registrados pelas estações meteorológicas são decorrentes dos desníveis topográficos vigentes, sendo a maior diferença altimétrica entre os postos de medições cerca de 217 metros (CÁSTAN et al., 1999), semelhante ao observado na serra da Estrela (MORA, 2009) e no Pico da Bandeira (LIMA et al., 2010). O gradiente térmico adiabático identificado foi de 0,54°C a cada 100 metros, para o ar úmido.

Os estudos de Roldão et al. (2012), na mesorregião sul e sudoeste de Minas Gerais, mostraram que o relevo e suas variações altimétricas não são dos principais fatores a influenciar na distribuição espacial da precipitação, e sim a dinâmica das massas de ar atuantes. Esse resultado foi alcançado a partir do objetivo de correlacionar o fator climático altitude com dados de temperatura (bulbo seco) e precipitação registrados por seis estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas nas mesorregiões destacadas e em cotas altimétricas distintas. As Estações meteorológicas

adotadas foram a de Maria da Fé (1276 m), Poços de Caldas (1150 m), São Lourenço (953 m), Passa Quatro (920 m), Lambari (878 m) e Machado (873 m), com série histórica de 31 anos (1980-2011).

Para identificar a correlação da altitude com os valores de temperatura e de precipitação, Roldão et al. (2012) utilizaram o coeficiente de correlação de Pearson. Destacaram que “[...] os valores resultantes da correlação entre duas variáveis lineares estarão sempre entre +1 e -1, o que irá indicar se a correlação é positiva e negativa e a força da correlação” (ROLDÃO et al. 2012, p. 518-519). Dessa forma, a correlação se estratifica em forte (acima de 0,70), moderada (entre 0,30 e 0,70) e fraca (de 0,0 a 0,30). Os resultados apresentados na pesquisa mostram que na mesorregião sul e sudeste de Minas Gerais não há correlação direta entre precipitação e altitude. Os valores de chuva quantificados pelas estações meteorológicas são aproximados e o gráfico de correlação linear apresentou um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,2453, que segundo os autores, é classificado como fraco. Quanto à relação entre temperatura e altitude, foi encontrado coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9081, que segundo os autores, denuncia forte magnitude.

Milanesi e Galvani (2011) contribuem para um melhor entendimento da relação entre clima e relevo investigando o efeito da orografia sobre a precipitação, na ilha de São Sebastião, localizada no município de Ilhabela, litoral norte do Estado de São Paulo. A ilha possui orientação geral sudoeste – nordeste, relevo predominantemente planáltico e pontos altimétricos de até 1379 metros. Para realização do estudo foram instalados três pluviômetros na vertente a sotavento e outros três na vertente a barlavento, em faixas de altitude contemplando planície, meia vertente e adjacências do divisor de águas. Os equipamentos foram monitorados durante o Ano Hidrológico 2004/2005.

As colocações de Milanesi e Galvani (2011) enfatizam que a influência do relevo na distribuição espacial das chuvas na ilha de São Sebastião, se revela ao ser quantificado que a vertente a barlavento, ativa no processo de chuva orográfica, recebe 60,1% do total da precipitação mensurada, enquanto a vertente a sotavento recebe 39,9%. Aliado à morfologia do relevo, a altitude é outro atributo a condicionar a distribuição espacial do fenômeno. As áreas mais elevadas mostraram-se mais chuvosas e o acréscimo de chuva apresentou ser de 2,25 mm por metro de altitude. O cálculo de regressão linear reforçou a influência do relevo na distribuição da precipitação, haja vista que no barlavento o coeficiente de determinação

(R^2) foi de 0,99 e a sotavento foi de 0,96. Segundo a classificação apresentada por Roldão et al. (2012) tal correlação é considerada como sendo forte.

5. A área de Estudo

Em decorrência da localização geográfica e características do relevo, tanto a mesorregião da Zona da Mata Mineira quanto os municípios situados no percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (Figura 5), assumem aspectos climatológicos legítimos da dinâmica climática do Sudeste do Brasil, e mais especificamente do Estado de Minas Gerais.

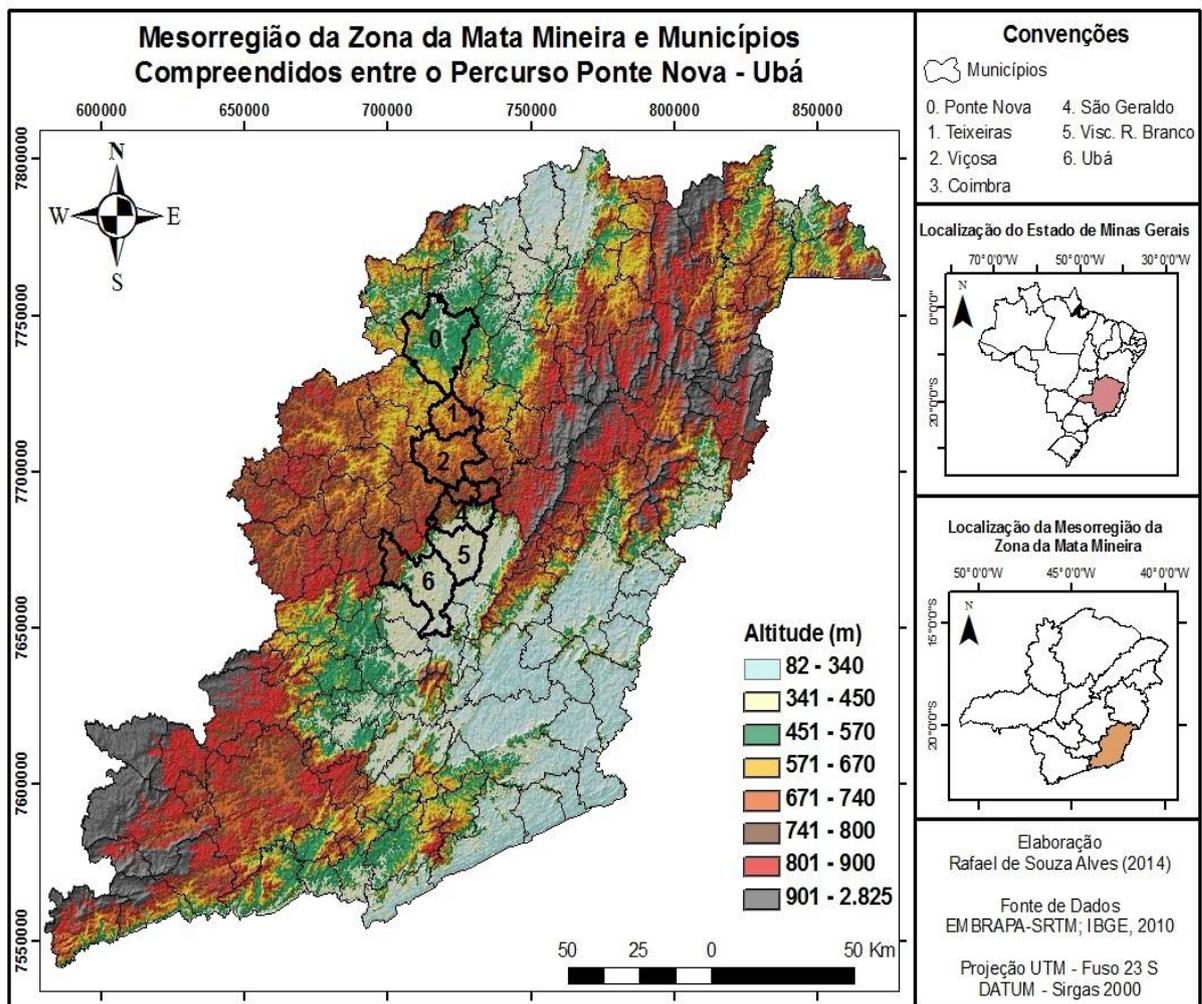


Figura 5. Localização geográfica da mesorregião da Zona da Mata Mineira e municípios compreendidos entre o percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG).

Faz-se presente duas estações bem definidas, o verão quente e chuvoso e o inverno seco com temperaturas amenas.

No verão, diante de chuvas intensas e concentradas, bem como atuação de entidades climáticas que proporcionam maiores totais pluviométricos, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), as cidades de Ponte Nova, Visconde do Rio Branco e Ubá são frequentemente afetadas por enchentes e deslizamentos de terra que por vezes geram danos à população local, como mostraram Silva (2009) e Santos (2013). Esses acontecimentos denunciam a relação desarmônica entre as características climáticas e geomorfológicas da região, o processo de ocupação e as políticas públicas.

Durante o verão, podem ocorrer períodos de dias com ausências de chuvas, que recebem o nome de veranicos, ou seja, sucessivos dias secos em meio à estação chuvosa. No entanto, ressalta-se que a definição do conceito de “veranico” em regiões tropicais é ainda conflituosa, a começar pelas divergências existentes na literatura quanto ao que seria um “dia seco” (MINUZZI et al., 2005; CUPOLILLO et al., 2008).

De acordo com Valverde (1958) a Zona da Mata Mineira tem o relevo como principal fator geográfico a influenciar em seu clima. Durante o outono, inverno e primavera, a massa tropical atlântica (mTa) é o sistema atmosférico predominante em virtude do rebaixamento da parte oriental da Serra da Mantiqueira. Já no verão, a mesorregião fica sobre domínio da massa equatorial continental (mEc).

O nome “Zona da Mata” foi atribuído em decorrência da fisionomia da vegetação natural, hoje praticamente inexistente em consequência do processo de ocupação, marcado, sobretudo no seu início, pela forte atividade agrária que levou a uma devastação vegetal generalizada (VALVERDE, 1958).

Situa-se morfologicamente na porção do território brasileiro denominada por Ab’Sáber (2003) de Domínio Morfoclimático de Mares de Morros Florestados. Apresenta relevo dissecado e movimentado, rico em colinas, vales e morros em meia-laranja, resultantes de dissecação fluvial (ROCHA e FIALHO, 2010; MARCHI et al., 2005; NUNES et al., 2001).

O processo de ocupação das cidades iniciou-se próximo a seus respectivos níveis de base local, nas áreas de fundos de vales, espraiando-se posteriormente pelas vertentes dos morros. Esse processo é característico de cidades que possuem sítio urbano movimentado.

O percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá é área de transição entre duas importantes bacias hidrográficas do Estado de Minas Gerais, a do Rio Doce e a do Rio Paraíba do Sul, que se assentam sobre o embasamento cristalino de rochas gnáissicas (NUNES et al., 2001).

Ponte Nova, Teixeira, Viçosa e Coimbra localizam-se na bacia do Rio Doce. Já São Geraldo, Visconde do Rio Branco e Ubá situam-se na bacia do Rio Paraíba do Sul. O interflúvio das duas bacias é a escarpa de São Geraldo, que tem aproximadamente 800 metros de altitude nos pontos mais elevados. O desnível altimétrico entre o “Golfão de Ubá” e o planalto de Viçosa é cerca de 300 metros. Dessa forma, temos a sotavento da escarpa de São Geraldo os municípios de Ponte Nova, Teixeira, Viçosa e Coimbra, e a barlavento os municípios de São Geraldo, Visconde do Rio Branco e Ubá (Figura 6).

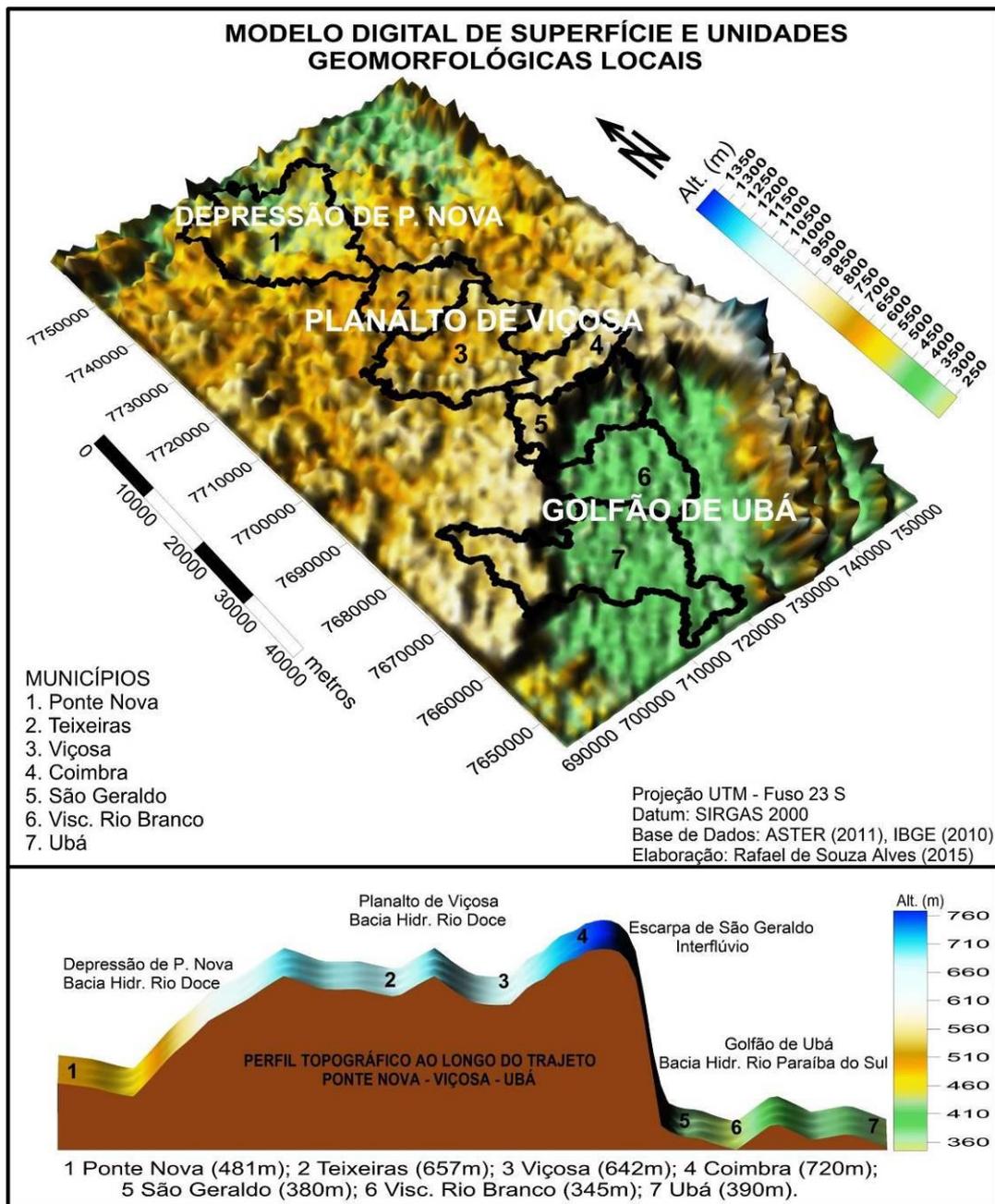


Figura 6. Modelo Digital de Superfície e perfil topográfico ao longo do trajeto Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG).

“Golfão de Ubá” foi a denominação utilizada por Andrade (1961) ao desenvolver seus estudos na região. Segundo ele, o mesmo possui origem tectônica e é derivado de uma reentrância do complexo da Mantiqueira nessa localidade.

O termo “Golfão”, embora seja mais apropriado para áreas litorâneas, é aqui assumido como um artifício analítico para expressar a feição côncava do relevo onde se encontram São Geraldo, Visconde do Rio Branco e Ubá.

Ao discorrer sobre o “Golfão de Ubá” Andrade (1961) afirmou que a forte atividade erosiva vem se fazendo sentir na morfogênese do mesmo, carreando quantidades significativas de sedimentos para o Rio Paraíba do Sul. A região de clima quente, como assim caracterizou o autor, foi no passado coberto por espessas florestas tropicais antes da implantação do café no século XIX.

A expressão “planalto de Viçosa” foi utilizada por Orlando Valverde (1958) para definir o trecho em forma de “sela” que liga a Serra do Brigadeiro ao Planalto do Alto Rio Grande. Interpretando os estudos de Valverde (1958), Teixeira (2005) coloca que de um lado da “sela” encontra-se a parte rebaixada, onde se situam São Geraldo, Visconde do Rio Branco, Ubá e demais municípios (referida nesse trabalho como “Golfão de Ubá”), e do outro lado da “sela”, a depressão de Ponte Nova. A Figura 7 contribui para ilustrar o planalto de Viçosa e os aspectos morfoclimáticos de Mares de Morro da área em estudo, assim como o local de relevo rebaixado que abriga os municípios de Ponte Nova (área de número 2 na figura), São Geraldo, Visconde do Rio Branco e Ubá (área de número 3 na figura). Observa-se que esses três últimos são envolvidos por cadeias de montanhas e separados do planalto de Viçosa pela escarpa de São Geraldo.

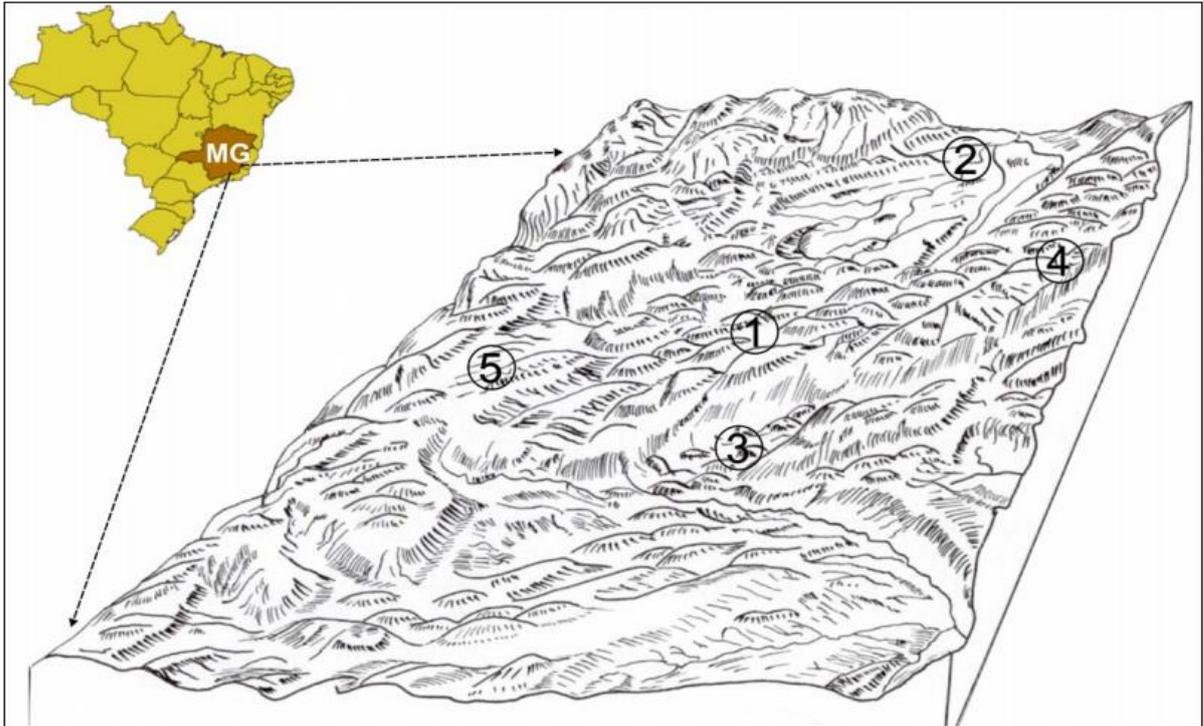


Figura 7. Representação do relevo de parte da Zona da Mata Mineira.

(1) Planalto de Viçosa; (2) Bacia do Rio Doce, próximo a depressão de Ponte Nova; (3) Escarpa da depressão formada pela Bacia do Rio Paraíba do Sul; (4) Prolongamento da Serra do Caparaó; (5) Serra da Mantiqueira. Extraído de Teixeira (2005, p. 33), adaptado por Rafael de Souza Alves.

A escarpa de São Geraldo pertence ao complexo da Mantiqueira localizado na borda do Cráton São Francisco, de rochas predominantemente ortognaisses bandeadas. “[...] sua formação se deu por falhamentos decorrentes de movimentos basculantes ocasionados pela orogênese andina, que provocaram a epirogênese na placa sul americana” (OLIVEIRA, 2012, p. 24). A disposição do complexo da Mantiqueira é preferencialmente no sentido NE – SW com extensão de aproximadamente 750 Km, constituindo a mais importante formação orográfica do chamado Brasil Sudeste (ANDRADE, 1961; ROCHA, 2009).

6. Material e Métodos

As pesquisas em Climatologia Geográfica baseiam-se em trabalhos de campo como uma das formas de obtenção de dados para alcançar os objetivos desejados e subsidiar as análises pretendidas. Eles tornam-se estratégias fundamentais e alternativas, principalmente

diante do número insuficiente de redes de Postos e Estações Meteorológicas capazes de atender à realidade territorial e social do Brasil.

O levantamento de dados em campo permite monitorar *in loco* o elemento climático almejado e suas variações temporais e espaciais. “Caracteriza-se pela investigação amostral e episódica do elemento climático em estudo a partir de pontos localizados em transetos [...]” (DANNI-OLIVEIRA, p. 76, 2002).

A forma de obtenção de dados, mesmo a partir de instrumentos simples, compõe o cerne da pesquisa climatológica, permeando a qualidade e a fidedignidade dos resultados. Por isso, ressalta-se a necessidade de uma elaboração metodológica fundamentada, criteriosa e condizente à realidade a ser investigada.

Sobre a elaboração metodológica, Monteiro (1990c) afirma ser imprescindível a uniformidade dos aparatos utilizados em campo. Cada ponto amostral deve ter o mesmo tipo de abrigo, distância do solo, orientação do relevo.

No presente trabalho foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa do ar referente ao mês de janeiro (verão) de 2014. Foi adotado procedimentos metodológicos semelhantes aos utilizados por Fialho e Paulo (2014), sobretudo no que se refere à escolha dos pontos amostrais, fixação dos equipamentos em campo e aferição dos mesmos.

6.1. Termohigrômetros Dataloggers e Processo de Aferição.

Foram utilizados 11 termohigrômetros datalogger da marca Hobo, modelo U10-003 (Figura 8). Cada aparelho registra dados de temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e umidade relativa. As faixas de medição vão de -20 a 70°C e de 25% a 95% (sem condensação), para a temperatura e umidade relativa do ar, respectivamente. Os mesmos têm capacidade de armazenar até 52.000 valores de cada parâmetro climático.



Figura 8. Termohigrômetro datalogger da marca Hobo, modelo U10-003.
Foto: Rafael de Souza Alves.

A configuração do aparelho e extração dos dados armazenados foi feita por interface USB e por intermédio de um software disponibilizado pelo fabricante do datalogger. A precisão do equipamento é de $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ entre 0 a 40°C de temperatura, e de $\pm 3,5\%$ entre 25% a 85% de umidade relativa do ar. O tempo de resposta (estabilização do aparelho), com velocidade do ar de aproximadamente 1 m/s, é de 10 minutos para a temperatura e de 6 minutos para a umidade relativa do ar. O aparelho utiliza bateria de Lítio com vida útil de aproximadamente 1 ano a depender do ciclo de medições adotado pelo usuário. Não possui intervalos de tempo de medidas predeterminados pelo fabricante, permitindo o pesquisador estipular a frequência das medições livremente.

Os termohigrômetros dataloggers, antes de serem fixados em campo, foram numerados, testados e aferidos com intuito de verificar se todos estavam funcionando adequadamente e as possíveis oscilações nos dados por eles registrados. A confiabilidade dos equipamentos foi averiguada em duas etapas, a primeira em local fechado e a segunda em local aberto, seguindo em determinados momentos as indicações de Danni-Oliveira (2002) e Assis (2010).

A aferição dos termohigrômetros datalogger Hobo em local fechado teve como objetivo maior avaliar as disparidades dos valores por eles mensurados, ou seja, a variação quantitativa dos dados registrados entre 2 ou mais dataloggers de mesma marca, submetidos a um ambiente comum. Para isso, os aparelhos foram colocados sobre uma mesa de madeira de 75 cm de altura em uma sala do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa. Esta sala permaneceu fechada durante todo o período de coleta de dados, proporcionando um ambiente sem incidência direta da radiação solar e ausência de luz artificial. Não houve presença de pessoas em seu interior durante o tempo de registro dos equipamentos, mantendo janelas, cortinas e porta fechadas (Figura 9). Buscou-se com isso reduzir a ventilação e estabilizar as condições atmosféricas no interior da sala, diminuindo as interferências externas, semelhante ao feito por Assis (2010).



Figura 9. Aferição dos termohigrômetros dataloggers Hobo em local fechado.
Fotos: Rafael de Souza Alves.

Os equipamentos permaneceram na sala fechada realizando registros de temperatura e umidade relativa do ar a cada hora. Iniciaram suas medições às 17:00 horas do dia 19 de abril de 2013 (sexta-feira) e foram desligados às 14:00 horas do dia 22 de abril de 2013 (segunda-feira), totalizando 70 observações cada aparelho.

Ao cessar os registros de todos os termohigrômetros dataloggers os dados por eles armazenados foram exportados para planilhas do programa Microsoft Office Excel 2007, para melhor serem analisados e manejados. Os resultados mostraram que a máxima variação de temperatura e umidade relativa entre os termohigrômetros dataloggers da marca Hobo foi de 0,3°C e 8,1%, respectivamente. A Tabela 1 mostra a média dos desvios de cada termohigrômetro datalogger Hobo obtidos a partir dos procedimentos de aferição de termohigrômetros indicados por Danni-Oliveira (2002).

Tabela 1. Média dos desvios de cada termohigrômetro datalogger Hobo

Hobo	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Temp. (°C)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Umid. (UR%)	-0.1	-0.1	4.9	4.9	-0.5	-1.4	-0.1	-0.4	-1.2	-2.3	-2.2	-1.3

Elaborado por Rafael de Souza Alves, 2013.

A aferição em local aberto ocorreu na Estação Meteorológica da Universidade Federal de Viçosa. O objetivo foi de contrastar os dados registrados pelos dataloggers com os registrados pela Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática do INMET (Estação Viçosa – A510), localizada no campus da UFV. Sendo assim, buscou-se identificar

as disparidades entre ambos os dados e avaliar, na prática, os miniabrigos meteorológicos alternativos, feitos com PVC, construídos⁵ para utilização dos dataloggers em campo (Apêndice A).

Os miniabrigos meteorológicos alternativos com os termohigrômetros dataloggers Hobo foram fixados no interior da Estação Meteorológica a 1,5 metros de altura do chão (Figura 10), permanecendo no local do dia 7 ao dia 13 de maio de 2013, realizando registros simultâneos aos da Estação Automática.



Figura 10. Miniabrigos meteorológicos alternativos fixados na Estação Meteorológica de Viçosa-MG a 1,5 metros de altura.

Foto: Guilherme Lopes Galvão.

Os dados registrados por cada datalogger foram comparados aos registrados pelas Estação Meteorológica Automática, fazendo a seguinte operação: $Dif = (T_{INMET}) - (T_{HOBO})$. Assim, foi permitido identificar para cada horário de registro a diferença (Dif) entre os sensores dos dataloggers Hobo e da Estação Automática do INMET, bem como o desvio médio de cada datalogger.

A Tabela 2 e a Tabela 3 contém a diferença média que cada datalogger Hobo apresentou em relação à Estação Automática do INMET, referente a cada horário de registro. Baseado na equação utilizada “ $Dif = (T_{INMET}) - (T_{HOBO})$ ” infere-se que quando a diferença é negativa, significa que o valor registrado pelo datalogger Hobo foi superior ao registrado pela

⁵ O processo de fabricação dos miniabrigos meteorológicos alternativos feitos com PVC encontram-se no Anexo – A.

Estação Automática do INMET. Quando a diferença é positiva, significa que o valor registrado pelo datalogger Hobo foi inferior ao registrado pela Estação Automática do INMET. Para a temperatura (Tabela 2) e para a umidade relativa do ar (Tabela 3) as maiores diferenças entre os dataloggers Hobo e a Estação Meteorológica Automática foram de $-4,1^{\circ}\text{C}$ e de 8,9%, respectivamente. Para ambos os parâmetros climáticos as distorções entre a Estação e os dataloggers Hobo são mais acentuadas entre os horários de 10:00 às 16:00 horas.

Tabela 2. Diferença média entre os dataloggers Hobo e a Estação Automática do INMET, para a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Hora(s)	Hobo 01	Hobo 02	Hobo 03	Hobo 04	Hobo 05	Hobo 06	Hobo 07	Hobo 08	Hobo 09	Hobo 10	Hobo 11	Hobo 12
00:00	-0,4	-0,4	-0,1	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,4	-0,3	-0,4
01:00	-0,4	-0,5	-0,1	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,3	-0,4
02:00	-0,2	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,2	-0,3
03:00	-0,3	-0,4	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	0,0	0,0	-0,1	-0,4	-0,3	-0,3
04:00	-0,3	-0,4	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,4	-0,3	-0,4
05:00	-0,3	-0,5	0,1	-0,2	0,0	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,4	-0,3	-0,4
06:00	-0,4	-0,6	-0,2	-0,3	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,2	-0,5	-0,4	-0,5
07:00	-0,4	-0,5	-1,1	-0,3	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,5	-0,3	-0,4
08:00	-0,8	-0,9	-2,4	-0,8	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-1,0	-0,7	-0,8
09:00	-1,9	-1,9	-3,4	-1,9	-1,6	-1,7	-1,7	-1,5	-1,6	-2,0	-1,3	-1,3
10:00	-3,1	-2,9	-4,1	-3,2	-3,0	-3,0	-3,0	-2,9	-2,9	-3,2	-2,4	-2,3
11:00	-3,8	-3,6	-3,8	-3,8	-3,8	-3,7	-3,6	-3,5	-3,5	-3,9	-3,0	-2,8
12:00	-3,8	-3,6	-4,1	-3,7	-3,8	-3,7	-3,6	-3,5	-3,6	-3,9	-3,1	-3,0
13:00	-4,0	-3,9	-2,6	-3,8	-3,8	-3,7	-3,6	-3,7	-3,7	-4,0	-3,2	-3,0
14:00	-3,5	-3,4	-2,1	-3,4	-3,3	-3,2	-3,1	-3,3	-3,2	-3,5	-2,7	-2,5
15:00	-3,2	-3,4	-2,5	-3,2	-3,2	-3,1	-3,1	-3,1	-3,2	-3,2	-2,6	-2,5
16:00	-2,7	-2,9	-1,6	-2,9	-2,9	-2,9	-2,8	-2,7	-2,7	-2,9	-2,4	-2,6
17:00	-1,8	-1,4	1,1	-2,0	-2,0	-2,0	-1,9	-1,9	-1,4	-2,0	-1,1	-1,8
18:00	-0,7	-0,8	0,2	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-0,8	-0,7	-0,6	-0,7
19:00	-0,5	-0,6	-0,2	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,5	-0,5	-0,4	-0,5
20:00	-0,5	-0,6	-0,2	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
21:00	-0,3	-0,4	-0,1	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,4
22:00	-0,4	-0,5	-0,2	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
23:00	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3

Elaborado por Rafael de Souza Alves, 2013.

Tabela 3. Diferença média entre os dataloggers Hobo e a Estação Automática do INMET, umidade relativa do ar (UR%).

Hora(s)	Hobo 01	Hobo 02	Hobo 03	Hobo 04	Hobo 05	Hobo 06	Hobo 07	Hobo 08	Hobo 09	Hobo 10	Hobo 11	Hobo 12
00:00	-2,8	-1,2	-5,6	-0,4	-1,4	-1,7	-2,5	-1,1	-0,4	-0,7	-1,9	-1,7
01:00	-2,8	-1,4	-5,3	-0,5	-1,7	-1,5	-2,7	-1,0	-0,4	-0,9	-2,3	-1,9
02:00	-2,8	-1,2	-5,1	-0,3	-1,6	-1,5	-2,5	-0,9	-0,1	-0,9	-2,3	-2,1
03:00	-3,0	-1,7	-5,9	-0,2	-1,5	-1,6	-2,9	-1,2	-0,4	-1,1	-2,5	-2,5
04:00	-3,4	-2,1	-5,9	0,0	-1,6	-1,0	-2,8	-1,3	-0,2	-1,4	-2,3	-2,3
05:00	-3,7	-1,9	-5,7	-0,2	-1,8	-2,1	-3,4	-1,1	0,0	-1,9	-2,9	-2,3
06:00	-3,6	-2,1	-5,7	-0,2	-1,8	-2,0	-3,6	-1,5	0,0	-2,3	-3,6	-2,6
07:00	-3,6	-2,3	-6,1	0,4	-1,4	-2,0	-3,3	-1,2	0,2	-2,3	-3,3	-2,5
08:00	-3,8	-3,6	-6,6	-1,2	-2,7	-2,8	-4,7	-2,5	-1,1	-3,4	-4,9	-4,1
09:00	-5,9	-4,4	-2,9	-3,0	-4,5	-6,2	-4,9	-4,1	-3,9	-3,2	-7,9	-8,2
10:00	4,6	4,7	3,2	4,9	3,8	2,8	3,6	4,0	4,1	6,3	3,1	1,1
11:00	6,2	5,8	2,2	6,8	6,1	5,5	4,8	5,6	5,6	8,0	4,4	3,2
12:00	7,5	7,3	2,9	7,8	7,5	6,7	6,1	6,8	7,2	8,9	6,2	5,3
13:00	7,3	7,4	0,1	7,6	7,2	7,6	5,9	6,8	7,2	8,7	6,0	5,2
14:00	5,6	5,8	-2,1	6,0	5,2	5,4	4,2	5,2	5,6	6,9	4,5	3,5
15:00	5,2	6,1	0,2	5,8	5,2	6,1	4,2	5,1	5,8	6,6	4,6	3,8
16:00	6,0	6,9	-3,4	7,4	6,8	8,7	5,7	6,0	6,8	7,9	6,3	6,1
17:00	4,7	4,0	-8,8	6,5	5,9	6,9	4,8	5,2	4,2	7,1	3,8	5,6
18:00	2,6	2,8	-5,4	3,7	3,4	4,3	2,6	2,5	3,5	4,5	3,3	3,2
19:00	-0,2	0,6	-4,9	1,3	0,6	2,3	0,0	0,3	0,8	1,9	0,8	0,8
20:00	-1,1	0,2	-4,6	0,7	0,3	0,9	-0,5	0,0	-0,1	1,2	0,0	0,2
21:00	-1,1	-0,1	-4,8	0,6	-0,1	0,2	-1,0	-0,1	0,0	0,8	-0,5	-0,1
22:00	-2,0	-0,7	-5,2	-0,7	-1,0	-0,4	-1,8	-0,8	-0,5	-0,4	-1,6	-1,1
23:00	-2,6	-1,6	-5,5	-0,6	-1,6	-0,8	-2,4	-1,6	-0,9	-0,9	-2,0	-1,5

Elaborado por Rafael de Souza Alves, 2013.

Os dados das Tabela 2 e da Tabela 3 permitiram realizar correções a nível horário dos dados registrados em campo por cada termohigrômetro utilizado na pesquisa, aplicando a equação $y = a + (b)$, onde “y” é o valor aferido, “a” é o dado registrado em campo e “(b)” é a diferença média.

6.2. Instalação dos Equipamentos em Campo e Obtenção dos Dados de Temperatura e Umidade.

Após a devida aferição de cada termohigrômetro datalogger os mesmos foram fixados em campo utilizando-se os miniabrigos meteorológicos alternativos construídos com PVC.

Para fixação de equipamentos termohigrométricos em campo, normalmente são utilizados abrigos de madeira que mantem os registradores a 1,5 metros de altura do solo, buscando com isso criar condições de obtenção de dados que se assemelham aos adotados nas Estações Meteorológicas, que por sua vez, seguem ordenações da Organização Meteorológica Mundial (OMM), como coloca Varejão-Silva (2006). Na presente pesquisa, os 11 termohigrômetros datalogger utilizados foram fixados em campo utilizando-se miniabrigos meteorológicos alternativos de policloreto de vinila (PVC), a 1,5 metros de altura do solo, em pontos localizados distantes de áreas urbanas.

Ao propor a utilização de miniabrigos meteorológicos confeccionados a partir de PVC, como os utilizados na presente pesquisa, Castelhana e Roseguini (2011) apontam que esse material destaca-se por ser leve ($1,4 \text{ g/cm}^3$), de fácil manuseio e aplicação. O PVC é resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores; bom isolante térmico e elétrico; impermeável a gases e líquidos; resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia); durável (em construção civil chega a durar mais de 50 anos) (CASTELHANO e ROSEGUINO, 2011; PVC, 2013).

Os miniabrigos com os dataloggers foram colocados em campo com o auxílio de um mourão de eucalipto tratado. A escolha dos pontos de medições ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá foi balizada pelos critérios:

- Segurança dos equipamentos, para evitar furtos e interferências nos registros. Por isso, privilegiou-se a instalação em propriedades privadas.
- Acesso ao local, que possa ser possível de chegar carregando ferramentas e materiais como computador, cavadeira, soquete, alicate, rolo de arame, mourão de eucalipto tratado, GPS.
- Locais mais afastados possível da mancha urbana, para evitar interferências das edificações e dinâmicas da cidade nos registros.
- Locais altos, preferencialmente nos topos dos morros, para evitar sombreamento.

A distância aproximada entre os dataloggers, distribuídos ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá, é 11 a 12 km (Figura 11) (Quadro 1). Cada equipamento foi calibrado para realizar medições em intervalos de 1 hora.

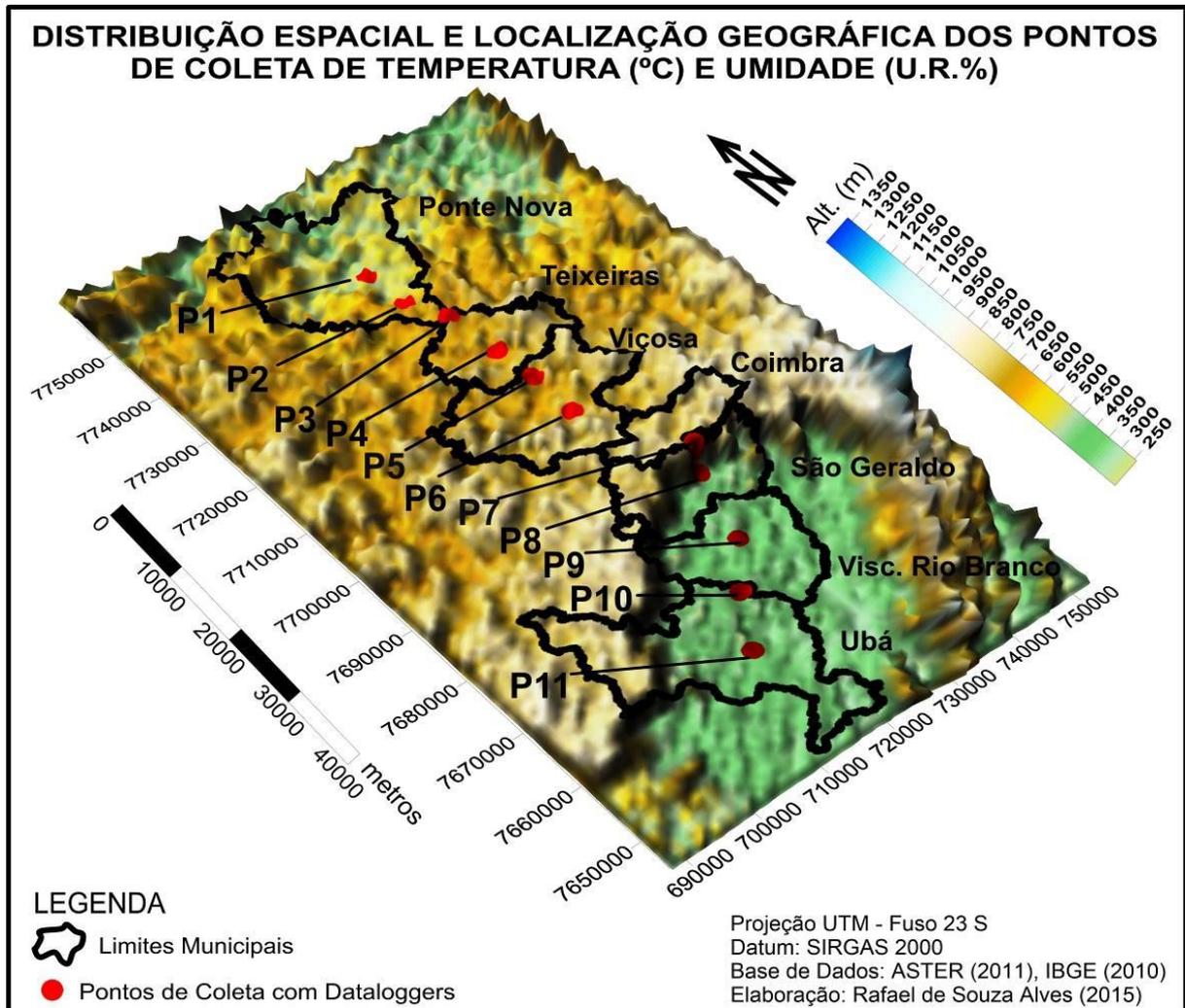


Figura 11. Distribuição espacial dos pontos de coleta dos parâmetros climáticos (temperatura do ar e umidade relativa do ar) ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG).

Quadro 1. Descrição e ilustração dos pontos onde se encontram os dataloggers.

PONTO	ALTITUDE	FOTO
<p>P1</p> <p>Munic. de Ponte Nova</p> <p>Fazenda Vargem Linda</p>	<p>461(m)</p>	
<p>P2</p> <p>Munic. de Ponte Nova</p> <p>Sítio Mantiqueira</p>	<p>563(m)</p>	
<p>P3</p> <p>Limite entre Ponte Nova e Teixeira</p> <p>Sítio Dona Albertina</p>	<p>720(m)</p>	
<p>P4</p> <p>Munic. de Teixeira</p> <p>Sítio Museu da Vovó</p>	<p>667(m)</p>	

<p>P5</p> <p>Munic. de Teixeira</p> <p>Sítio do Tiago</p>	<p>699(m)</p>	
<p>P6</p> <p>Munic. de Viçosa</p> <p>Estação Meteorológica</p>	<p>712(m)</p>	
<p>P7</p> <p>Munic. de São Geraldo</p> <p>Alto da Serra de São Geraldo</p>	<p>779(m)</p>	
<p>P8</p> <p>Munic. de São Geraldo</p> <p>Sopé da Serra de São Geraldo</p>	<p>375(m)</p>	

<p>P9</p> <p>Munic. de Visc. do Rio Branco</p> <p>Cohab III/Copasa</p>	<p>444(m)</p>	
<p>P10</p> <p>Munic. de Visc. do Rio Branco</p> <p>Sítio Tomba Morro</p>	<p>412(m)</p>	
<p>P11</p> <p>Munic. de Ubá</p> <p>Bairro Industrial</p>	<p>408(m)</p>	

Elaborado por Rafael de Souza Alves (2015)

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar, do mês de janeiro de 2014, foram selecionados para a análise nesta pesquisa por não apresentarem descontinuidade nos registros, haja vista que em determinados momentos a série de leituras foi interrompida por motivos de furto e/ou problemas na configuração dos dataloggers. Sendo assim, os dados climáticos aqui analisados são referentes a 31 dias de registros, de leituras horárias e de maneira ininterrupta nos 11 pontos amostrais.

Após aferição dos dados calculou-se a temperatura média do mês de janeiro, em cada ponto de registro, para tornar possível a confecção do mapeamento da distribuição espacial do fenômeno ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG). Um segundo mapeamento da temperatura do ar foi elaborado com base na média do dia 03 de janeiro de 2014, que segundo informações obtidas junto ao banco de dados do BIOCLIMA-UFV, as condições atmosféricas eram de estabilidade. O propósito disso foi de verificar se há significativa variação na magnitude do campo térmico ao restringir a análise a nível episódico, de menor escala temporal e de médias menos abrangentes. Os mesmos procedimentos foram adotados para umidade relativa do ar.

6.3. Elaboração dos Mapas Temáticos

Os mapas temáticos foram elaborados a partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados em campo; coordenadas UTM da localização dos termohigrômetros dataloggers (obtidas com um GPS 60 CSx); arquivos *shapefiles* de municípios, estados (unidades federativas) e mesorregiões do Brasil disponibilizados pelo IBGE no ano de 2010; imagens ASTER GDEM de 30 metros de resolução espacial. Os *softwares* utilizados foram o *Surfer* e o *ArcGIS*, nas versões 10 e 10.1, respectivamente.

Foi elaborado um Modelo Digital de Superfície⁶ (MDS) da área em análise com a finalidade de representar e discutir as particularidades altimétricas e morfológicas da mesma, bem como estimar *a priori* o comportamento climatológico esperado. Para isso, utilizou-se um mosaico de quatro cenas de imagens ASTER GDEM referentes ao percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), manuseadas com auxílio do software *ArcGIS 10.1*, sendo elas:

⁶ Neste trabalho, adotou-se a definição de modelo digital do terreno (MDT), modelo digital de elevação (MDE) e modelo digital de superfície (MDS) de acordo com as definições propostas por Li et al. (2005). “Um MDT é um conjunto ordenado de pontos amostrais que representam a distribuição espacial de vários tipos de informação sobre o terreno”. A expressão matemática de um MDT pode ser expressa em função das coordenadas planimétricas (X_p , Y_p) de um ponto p , com o seu atributo K que representa alguma informação sobre o terreno no ponto p , dessa forma $K = f(X_p, Y_p)$. Percebe-se que o termo MDT é genérico, sendo utilizado para diversos atributos do terreno, como inclinação, temperatura, pluviosidade, geologia, entre outros. O termo MDE é caracterizado como uma particularização do MDT, onde o atributo K representa a altitude do terreno. É um modelo que representa a superfície do terreno imersa ou emersa sem cobertura vegetal ou edificações. Já o termo MDS é utilizado para modelos que consideram as elevações do terreno e de qualquer objeto acima dele, como edificações e cobertura vegetal.

- ASTGMT_S22WO43_DEM.TIF
- ASTGMT_S22WO44_DEM.TIF
- ASTGMT_S21WO43_DEM.TIF
- ASTGMT_S21WO44_DEM.TIF

De posse do mosaico de imagens ASTER GDEM, fez-se o recorte da região estudada e, em seguida, corrigiu inconsistências no MDS quanto à presença de depressões espúrias. Para isso, adotou-se os procedimentos indicados por Fernandes Filho et al. (2011).

Os mapeamentos de temperatura e umidade relativa do ar foram feitos no *software Surfer 10*, utilizando a Krigagem como método de interpolação. Para melhor representar a espacialização dos dados climáticos, os mesmos foram sobrepostos a um mapa base, contendo informações do relevo, extraídas das imagens ASTER GDEM no *software ArcGIS 10.1* e importadas para o *software Surfer 10* através da ferramenta *New 3D Surface*.

Com intuito de avaliar o total de energia que cada unidade morfológica – Depressão de Ponte Nova, Planalto de Viçosa, “Golfão de Ubá” – recebeu durante o mês de janeiro de 2014, foi elaborado no *software ArcGIS 10.1* um mapa da incidência da radiação solar, a partir do Modelo Digital de Superfície anteriormente confeccionado. A ferramenta utilizada no *ArcGIS 10.1* para gerar o produto cartográfico foi *Area Solar Radiation*. De acordo com Fernandes Filho et al. (2011), ao utilizá-la é preciso atentar-se aos ajustes dos parâmetros de modo a atender os objetivos desejados. Sendo assim, a latitude estipulada foi de $-20^{\circ} 45'$ (condizente a área de estudo) e a escala temporal foi de 01/01/2014 (*Start Day*) a 31/01/2014 (*End Day*).

No mapa de radiação solar, cada célula apresenta valor em Watt hora por metro quadrado mês (Wh/m^2 mês). Os valores de radiação nessa unidade não favorece a interpretação instantânea do mapa ao visualizá-lo rapidamente. Portanto, foi realizado a divisão dos valores por 10^4 utilizando a ferramenta *Raster Calculator*, tal como indicado por Fernandes Filho et al. (2011). Em seguida, aplicou-se ferramenta *Extract Values to Points* com intuito de identificar a radiação recebida em cada ponto de registro dos termohigrômetros datalogger.

No ambiente computacional do *ArcGis 10.1* calcula-se a quantidade de radiação direta, difusa e global na superfície do terreno. A radiação direta é a parcela da energia que chega inteiramente na superfície do solo sem interferência, a difusa compreende a radiação

refletida por alvos do entorno e que incide sobre a superfície, a global refere-se ao somatório da direta com a difusa. O resultado que se tem é um mapa com a distribuição da radiação para a área, estimado em função da latitude, altitude, declividade, efeitos de sombra provocados pelo relevo, período do ano (POELKING et al. 2009; SILVA, 2011).

O mapa de exposição das vertentes foi elaborado a partir do Modelo Digital de Superfície. O objetivo foi identificar para qual quadrante (norte, sul, leste, oeste) a maioria das vertentes estão voltadas e melhor compreender a energia nelas incidente. Para isso, foi utilizado no *ArcGIS 10.1* a ferramenta *Aspect*, obtendo um mapa com 10 classes de posições cardeais. Para tornar sua leitura mais adequada tais classes foram reclassificadas utilizando a ferramenta *Reclassify*. Foi adotado 4 posições cardeais de modo que todas as classes tenham 45 graus, conforme Fernandes Filho et al. (2011), além das áreas de topografia plana. Em seguida, foi empregada a ferramenta *Extract Values to Points* para identificar o quadrante que cada termohigrômetro datalogger encontra-se posicionado.

Após analisar e discutir o comportamento termohigrométrico da área de estudo, a partir dos produtos cartográficos gerados, foi feito o mapa síntese com base na variação de altitude (MDS), incidência da radiação solar (Rad. Solar), exposição das vertentes (Exp. Vert.) e delimitação das unidades morfológicas locais (Uni. Morf.). Para isso, utilizou-se o *software ArcGIS 10.1* adotando uma análise multicritério utilizando a técnica de combinação ponderada, onde os dados são uniformizados em uma mesma escala e agregados a partir de um conjunto de peso (SANTOS et al., 2013).

A primeira etapa da elaboração do mapa síntese foi o “recorte” das variáveis altitude (MDS), incidência da radiação solar (Rad. Solar) e exposição das vertentes (Exp. Vert.), em função do limite dos municípios compreendidos ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), utilizando a ferramenta *Extract by Mask*. Em seguida, foi criado um arquivo *shapefile* com a delimitação das unidades morfológicas locais (Uni. Morf.).

A segunda etapa foi padronizar o valor/classes das variáveis em uma escala de 0 a 100, utilizando as ferramentas *Raster Calculator* (para os arquivos “MDS” e “Rad. Solar”) e *Reclassify* (para os arquivos “Uni. Morf.” e “Exp. Vert.”). Na escala de 0 a 100, quanto maior o valor atribuído aos componentes da legenda dos arquivos de cada variável, maior a contribuição do mesmo na formação de um ambiente de maior potencial térmico, ou de maiores temperaturas. Para as variáveis altitude (MDS) e radiação solar (Rad. Solar) foram adotados uma relação linear entre seus valores e a escala de 0 a 100.

A padronização da escala da altitude (MDS) foi balizada pela relação inversa entre altitude e temperatura, sendo os locais mais baixos favoráveis à existência de um ambiente de maiores temperaturas, ou, de maior potencial térmico. A padronização da escala de exposição das vertentes (Exp. Vert.) foi feita com base na literatura, que afirma serem as vertentes voltadas para norte e oeste mais aquecidas que as vertentes voltadas para leste e sul. A padronização da escala da incidência da radiação solar (Rad. Solar) foi feita com base no indicativo de que as áreas que recebem maior quantidade de energia tendem a ser mais quentes. Já a padronização da escala de unidades morfológicas locais (Uni. Morf.) foi feita a partir do conhecimento da área de estudo (Tabela 4).

Tabela 4. Padronização da escala de valores das variáveis climáticas consideradas no mapa síntese.

ALTITUDE (m)		RAD. SOLAR (WH/M2 MÊS X 1000)	
VALORES	ESCALA	VALORES	ESCALA
289	100	18,596	100
963	10	11,7699	10
EXPOSIÇÃO DAS VERTENTES		UNIDADES MORFOLÓGICAS	
CLASSES	ESCALA	CLASSES	ESCALA
Norte	100	Golfão de Ubá	100
Oeste	75	Planalto de Viçosa	30
Leste	50	Depressão de P. Nova	60
Plano	25		
Sul	10		

Elaborado por Rafael de Souza Alves, 2015.

A terceira etapa da elaboração do mapa síntese foi a atribuição de pesos entre as variáveis consideradas na criação do mesmo (Tabela 5) e a efetivação da análise multicritério, a partir da média ponderada, com inserção da equação “ $mapa_síntese = (Unid.Morf. * 0,4) + (MDS * 0,3) + (Exp. Vert. * 0,2) + (Rad. Solar * 0,1)$ ” na ferramenta *Raster Calculator*.

Tabela 5. Atribuição de pesos entre as variáveis consideradas na elaboração do mapa síntese.

VARIÁVEL	PESO
Unidades Morfológicas	0,4 (40%)
Altitude (MDS)	0,3 (30%)
Exposição das Vertentes	0,2 (20%)
Radiação Solar	0,1 (10%)

Elaborado por Rafael de Souza Alves, 2015.

Foi atribuído maior peso às Unidades Morfológicas porque a análise dos resultados nos faz considera-las como sendo as mais preponderantes na configuração dos três ambientes termohigrométricos distintos, ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG). O peso atribuído à variação de altitude (MDS) foi baseado nos estudos já realizados sobre a área de estudo (FIALHO et al., 2011; FIALHO, 2012 e FIALHO e PAULO, 2014), onde se afirma que a mesma exerce influência significativa na variação da temperatura, porém, não o bastante para justificar a intensidade da magnitude do campo térmico, assim como observado no presente trabalho. O peso atribuído à Exposição das Vertentes foi com base na pouca relação verificada entre tal variável e as oscilações de temperatura e umidade da área de estudo. Já o menor peso atribuído para a Radiação Solar foi por considera-la dependente das variáveis anteriores.

Faz-se necessário destacar que o mapa síntese não expressa valores de temperatura do ar. Ele expressa as áreas cuja interação dos fatores analisados lhes torna favoráveis a um ambiente mais quente ou menos quente. O intuito com o mesmo é de identificar diferentes ambientes climáticos a partir interação dos fatores climáticos analisados no trabalho.

7. Resultados e Discussões

O comportamento da temperatura média do ar no mês de janeiro de 2014 evidencia as variações espaciais desse parâmetro climático ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá. Os pontos P8 (375m), P9 (444m), P10 (412m) e P11 (408), sobretudo os 3 primeiros, indicam que o “Golfão de Ubá” foi a área mais quente ao longo do percurso, condizentes ao ambiente 3 da hipótese do trabalho. Os pontos P4 (667m), P5 (669m), P6 (712m) e P7 (779m) indicam que o planalto de Viçosa foi a área menos quente, condizentes ao ambiente 2 da

hipótese do trabalho. Já os pontos P1 (461m) e P2 (563m) indicam que a depressão de Ponte Nova, condizentes ao ambiente 1 da hipótese do trabalho, apresenta temperaturas inferiores às registradas no “Golfão de Ubá” e superiores às registradas no Planalto de Viçosa (Figura 12).

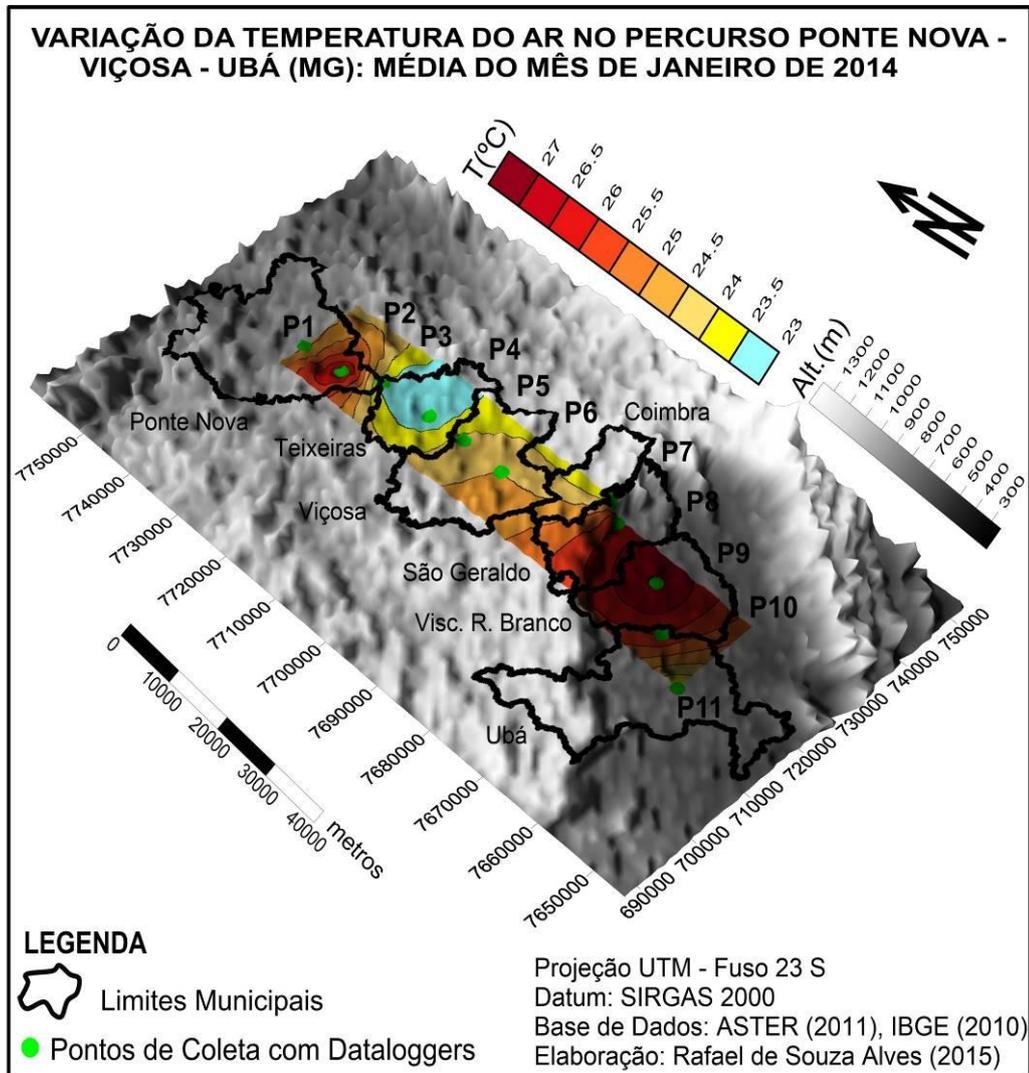


Figura 12. Distribuição espacial da temperatura média do ar do mês de janeiro de 2014, ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG).

De acordo com o mapeamento do campo térmico do mês de janeiro de 2014, ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) há uma variação térmica de no máximo 4,5°C. Em se tratando de médias e áreas específicas do percurso em análise, os menores valores localizam-se no planalto de Viçosa (ambiente 2), no município de Teixeira, no entorno do ponto P4 (667m). Já os maiores valores localizam-se no interior do “Golfão de Ubá” (ambiente 3), no município de Visconde do Rio Branco, no entorno do ponto P9 (444m). Vale

ressaltar que o ponto P3 (720) marca a transição entre a depressão de Ponte Nova (ambiente 1) e o planalto de Viçosa (ambiente 2) (Figura 12).

A relação entre temperatura e a umidade relativa do ar obedeceu a uma lógica inversa, uma vez que os locais mais quentes denotaram menores valores de umidade (Figura 13).

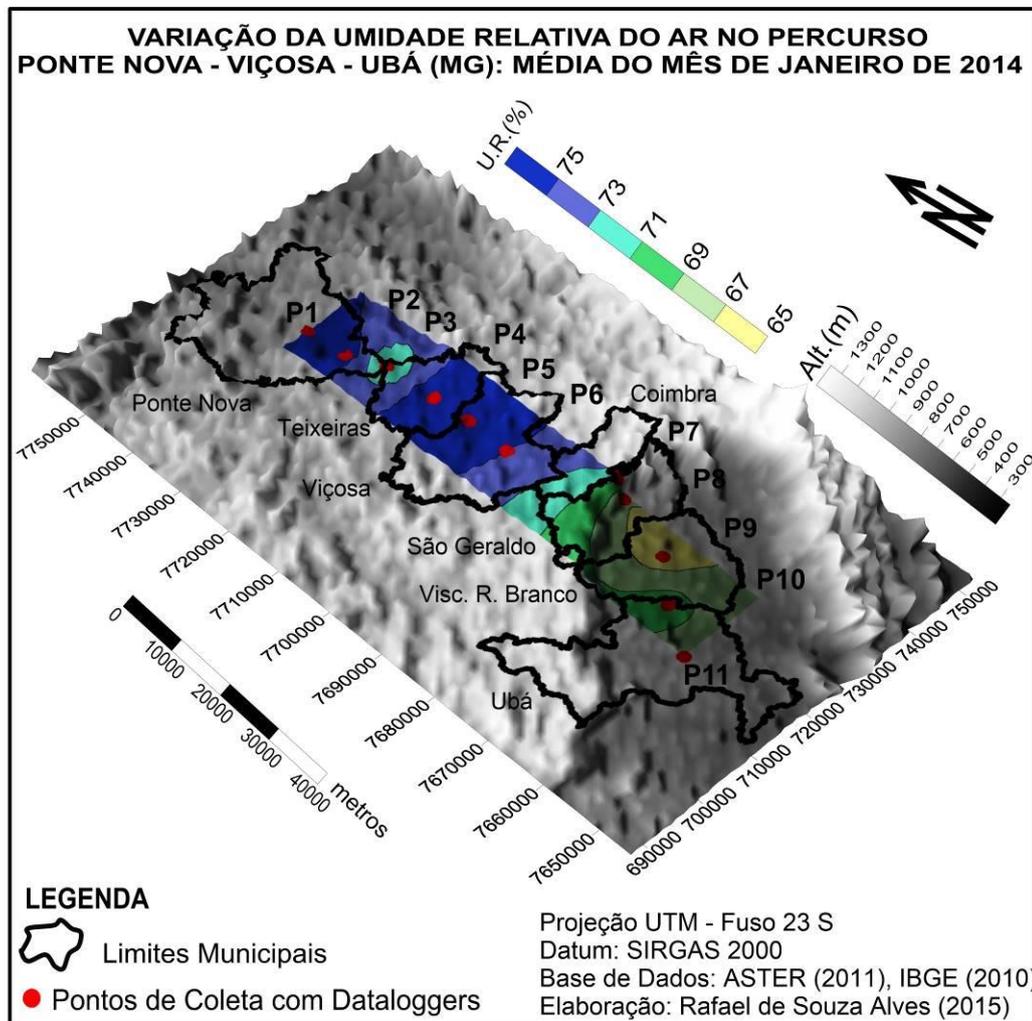


Figura 13. Distribuição espacial da umidade relativa do ar média do mês de janeiro de 2014, ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG).

A utilização de médias para análise do comportamento do campo térmico trás implicações quanto à identificação da magnitude do mesmo. De acordo com Alcoforado (1993), embora a utilização de médias facilite o manuseio e representação dos dados, elas apresentam de modo estático a variabilidade climática da área estudada, empobrecendo as informações. Por isso, os dados diários são uma aproximação mais concreta da realidade, enfatizando o caráter dinâmico do clima. Segundo a autora

A sucessão dos valores quotidianos dos vários elementos meteorológicos tem a vantagem de mais facilmente ser relacionada com a sucessão das situações

aerológicas (uma vez que elas têm uma apresentação diária), dando uma dimensão dinâmica e explicativa do clima, na sua diversidade temporal e geográfica (ALCOFORRADO, 1993, p. 97).

As médias do mês de janeiro de 2014 englobam dados adquiridos em condições atmosféricas de estabilidade e de instabilidade, o que contribui para obscurecer a influência dos fatores climáticos locais e a magnitude do campo térmico. Segundo Mendonça (2003) as condições de tempo anticiclônico são as que mais denunciam as particularidades climáticas locais condicionadas pelos fatores geográficos.

Pautadas em médias menos abrangentes e dados obtidos em situação sinótica de estabilidade, as variações térmicas (Figura 14) e higrométricas (Figura 15) ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) são mais expressivas em comparação aos valores médios do mês de janeiro, obtidos em condições de estabilidade e também de instabilidade atmosférica. Observa-se que a magnitude do campo térmico chega aos 7 °C, acentuando os padrões termohigrométricos verificados nas Figura 12 e Figura 13 e mantendo as ocorrências espaciais de distribuição dos parâmetros climáticos, indo ao encontro das colocações de Alcoferrado (1993) e Mendonça (2003).

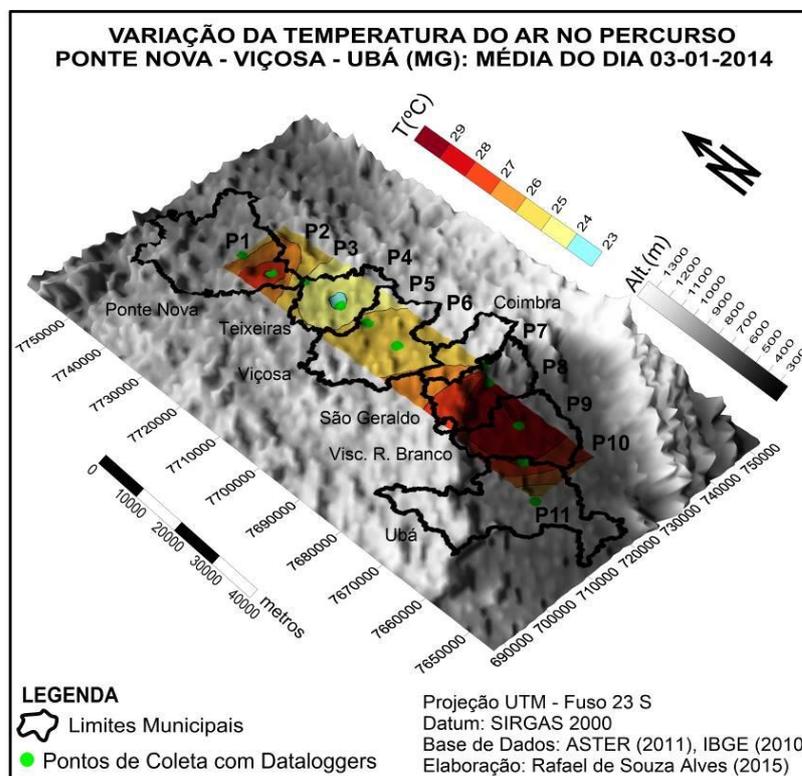


Figura 14. Distribuição espacial da temperatura média do ar do dia 03 de jan. 2014, ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG).

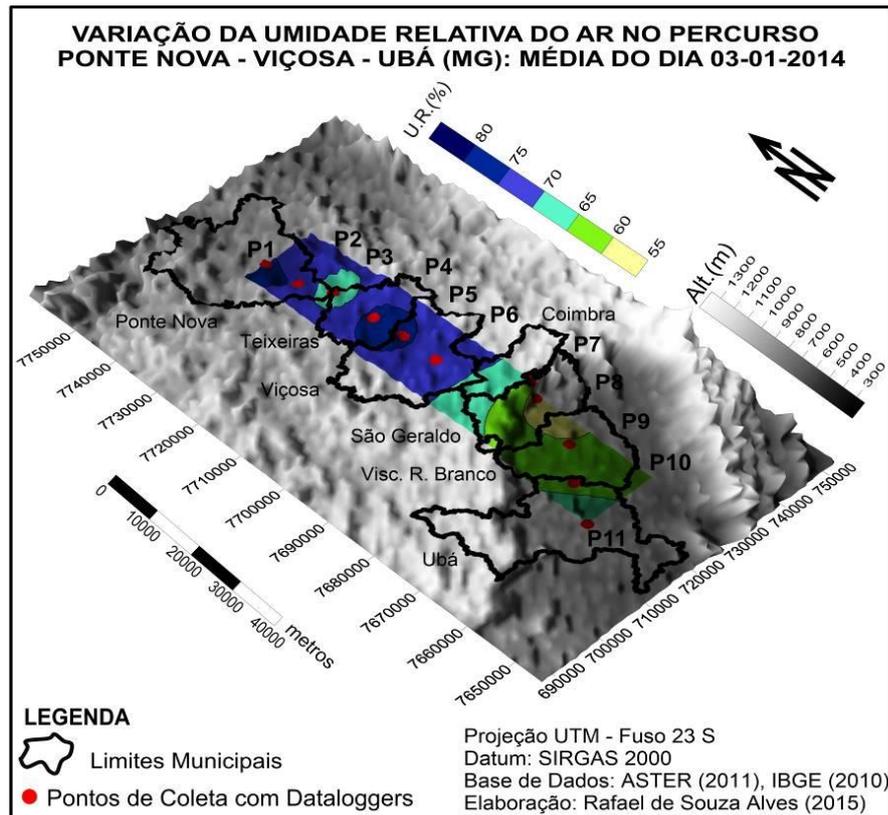


Figura 15. Distribuição espacial da umidade relativa do ar média do dia 03 de jan. 2014, ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG).

Os mapeamentos do campo termohigrométrico realizados com dados referentes ao mês de janeiro de 2014, reafirmam as observações feitas em trabalhos anteriores acerca do comportamento climático da área em estudo, destacando-se Fialho et al. (2011), cujas análises se remeteram a situação sazonal de verão do ano de 2011; Fialho (2012), com base em dados de verão do ano de 2012; Fialho e Paulo (2014), em situação sazonal de primavera do ano de 2013. Em suma, verifica-se dois núcleos mais aquecidos e de menores taxas de umidade relativa do ar – depressão de Ponte Nova (ambiente 1) e o “Golfão de Ubá” (ambiente 3) – interceptados pelo planalto de Viçosa, menos aquecido e mais úmido (ambiente 2).

Para os estudos de Climatologia Geográfica em áreas de superfície ondulada como as dos mares de morros, a análise do relevo a partir de um produto cartográfico consistente torna-se indispensável. Haja vista, que as variações altimétricas podem propiciar sensíveis modificações no clima entre localidades próximas, como destacam Fritzsons et. al. (2008).

O relevo atua como “redimensionador” de energias e afeta todos os ecossistemas terrestres, participando na formação de diferentes ambientes físicos e bióticos. Por exemplo, a água da chuva tem sua energia cinética de escoamento superficial redimensionada em função

das características do relevo, podendo ser potencializada em áreas íngremes e desestimulada em áreas de menor declividade. A energia solar, ao atingir a superfície da Terra, pode ser redimensionada pela influência da exposição das vertentes, que propiciam áreas sombreadas e outras mais bem “iluminadas”, afetando os padrões de umidade relativa do ar, sobretudo nos microclimas. As variações de altitude, aliadas as faces de exposição e morfologia do relevo, por seu turno, propiciam a existência de áreas mais quentes e outras menos, uma vez que a temperatura do ar decresce com a altitude. Sendo assim, as observações atenciosas das feições topográficas do relevo propiciam uma compreensão holística do sítio e a inferência de comportamentos climáticos.

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Varejão Silva (2006) o gradiente térmico adiabático do ar úmido é de $0,6^{\circ}\text{C}$ a cada 100 metros de altitude. Isso significa que na troposfera a temperatura do ar tende a decrescer a uma razão de $0,6^{\circ}\text{C}$ a cada 100 metros acima do nível do mar.

Tendo por base apenas a razão adiabática entre temperatura e altitude, esperava-se que as diferenças térmicas registradas pelos termohigrômetros dataloggers Hobo ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) fossem de aproximadamente $2,5^{\circ}\text{C}$. Isso, porque a diferença máxima de altitude entre os registradores é de 404 metros, sendo P7 (alto da Serra de São Geraldo, 779 metros) o ponto de maior altitude e P8 (sopé da Serra de São Geraldo, 375 metros) o ponto de menor altitude (Figura 16).

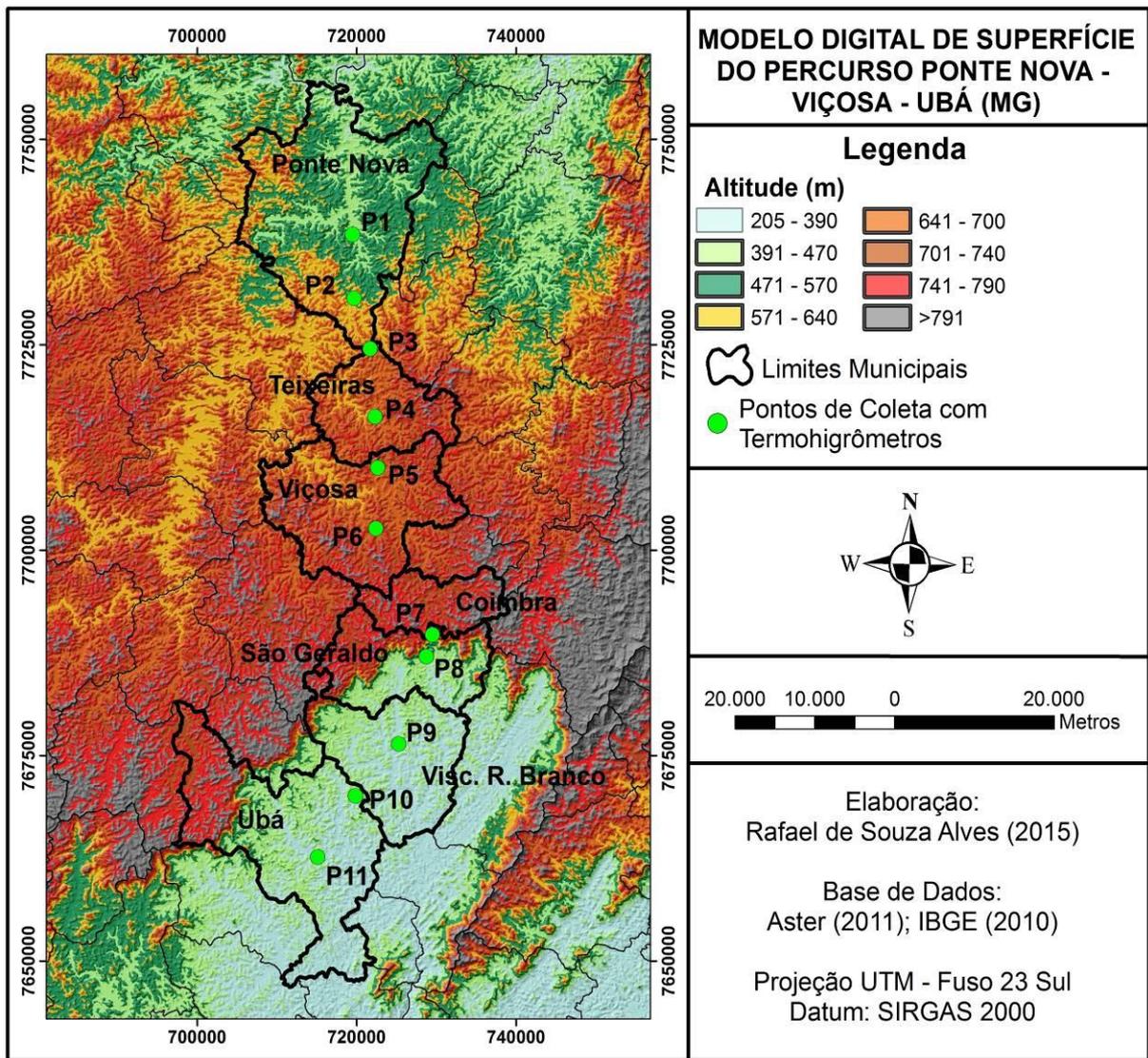


Figura 16. Mapa com o Modelo Digital de Superfície (MDS) ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) e pontos de coleta de dados climatológicos por termohigrômetros datalogger.

Ao analisarem o comportamento da temperatura média diária no percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), entre os dias 26/10/2013 e 10/11/2013, valendo-se do mesmo material e métodos de coleta de dados aqui empregados, Fialho e Paulo (2014) observaram variações de até 6,9 °C. Utilizando a Correlação de Pearson, identificaram valores de $R^2 = -0,91$ e um coeficiente de determinação $R^2 = 0,84$, demonstrando haver forte correlação inversa entre temperatura e altitude, e que 84% das variações térmicas são justificadas pela variação altimétrica da região.

As temperaturas médias do mês de janeiro de 2014 (Figura 12) e do dia 03/01/2014 (Figura 14) indicaram que a variação térmica espacial na área de estudo foi 4,5 °C e 7 °C,

respectivamente, ultrapassando a diferença de 2,5 °C já esperada em decorrência da razão adiabática para o ar úmido. Sendo assim, aponta-se que apenas a mudança de altitude não justifica o comportamento térmico espacial do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), principalmente no que diz respeito ao identificado no planalto de Viçosa (ambiente 2) em comparação ao “Golfão de Ubá” (ambiente 3). Tal apontamento reafirma as colocações de Fialho et al. (2011), Fialho (2012) e Fialho e Paulo (2014) acerca da relação entre temperatura e altitude para esse mesmo percurso. As diferenças altimétricas exercem papel considerável na oscilação de temperatura e sua influência deve ser discutida, porém, ao lado de outros atributos do relevo, para um maior entendimento do campo termohigrométrico da área de estudo.

A influência do relevo no clima não se restringe apenas à variação de altitude, sendo este um de seus atributos, ao lado da morfologia e feições topográficas. Sobre o assunto Milanesi e Galvani (2011, p. 68) afirmam que

[...] os efeitos orográficos do clima são quaisquer controles que exerce o relevo sobre os atributos do clima em uma determinada localidade. As interações entre essas duas componentes podem gerar perturbações naturais na dinâmica atmosférica regional e local de acordo com a morfologia do relevo. De modo geral observa-se que independentemente do porte do relevo, este exerce algum notável controle sobre as dinâmicas climáticas locais”.

A face de exposição das vertentes pode proporcionar diferenças térmicas entre localidades próximas assim como a altitude. No hemisfério sul, encostas voltadas para o quadrante norte recebem maior quantidade de energia solar do que aquelas voltadas para o quadrante oposto, propiciando ambientes mais quentes e de menor umidade. No hemisfério norte, encostas voltadas para o quadrante sul recebem maior quantidade de energia solar do que aquelas voltadas para o quadrante oposto. Já as encostas voltadas para os quadrantes leste e oeste recebem quantidades semelhantes de energia solar, porém em momentos distintos do dia. No entanto, as encostas voltadas para oeste, normalmente são mais quentes do que aquelas voltadas para leste, pelo fato da camada de ar junto ao solo já se encontrar mais aquecida no período da tarde, concomitante ao período do dia em que elas recebem maior quantidade de radiação (GEIGER, 1961; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, LOPES et al., 2013).

Estudos realizados por Mora (2009) no alto vale do Zêzere, situado na Serra da Estrela, em Portugal, apontam que para além da variação da altitude, a radiação solar, em articulação a orientação dos vales e exposição das vertentes, destaca-se como um dos principais fatores a influenciar nos padrões de temperatura do ar na região estudada. As áreas de vale que recebem maior radiação solar, orientadas no sentido leste-oeste, o ar frio e a inversão térmica dissipam-se mais rapidamente, ao contrário das áreas cujas vertentes são sombreadas.

Ao desenvolver estudos topo e microclimáticos na microbacia hidrográfica do Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), orientada no sentido sudeste/noroeste e cuja cobertura do solo é composta por diferentes tipos de vegetação, Armani (2009) constatou que as vertentes voltadas para sudoeste são em geral mais úmidas e frias (cerca de $0,3^{\circ}\text{C}$) que as voltadas para nordeste. Dentre os fatores que proporcionam essa diferença está a maior irradiação solar recebida pelas vertentes voltadas para nordeste. Entretanto, no verão as diferenças entre as duas vertentes diminuem, devido à posição do disco solar está mais ao sul da bacia, fazendo aumentar a radiação solar nas vertentes direcionadas para sudoeste.

Ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) há predomínio de morros com faces expostas para os quadrantes leste e norte, principalmente para o leste. No entanto, devido à resolução espacial e escala do mapa, bem como o tamanho da área de estudo, não foi possível realizar uma avaliação visual precisa a ponto de afirmar qual município ou unidade geomorfológica local (depressão de Ponte Nova, planalto de Viçosa, “Golfão de Ubá”) recebe maior quantidade de energia em função da exposição da maioria de suas vertentes. Ou ainda, discutir as dinâmicas termohigrométricas das mesmas como fizeram Armani (2009) e Mora (2009) em suas respectivas áreas de estudos. Em virtude do caráter generalista do mapa, a avaliação visual não permite uma análise comparativa a ponto de afirmar, por exemplo, que o “Golfão de Ubá” é mais quente que o planalto de Viçosa porque possui maior quantidade de morros com faces voltadas para os quadrantes norte e oeste (Figura 17).

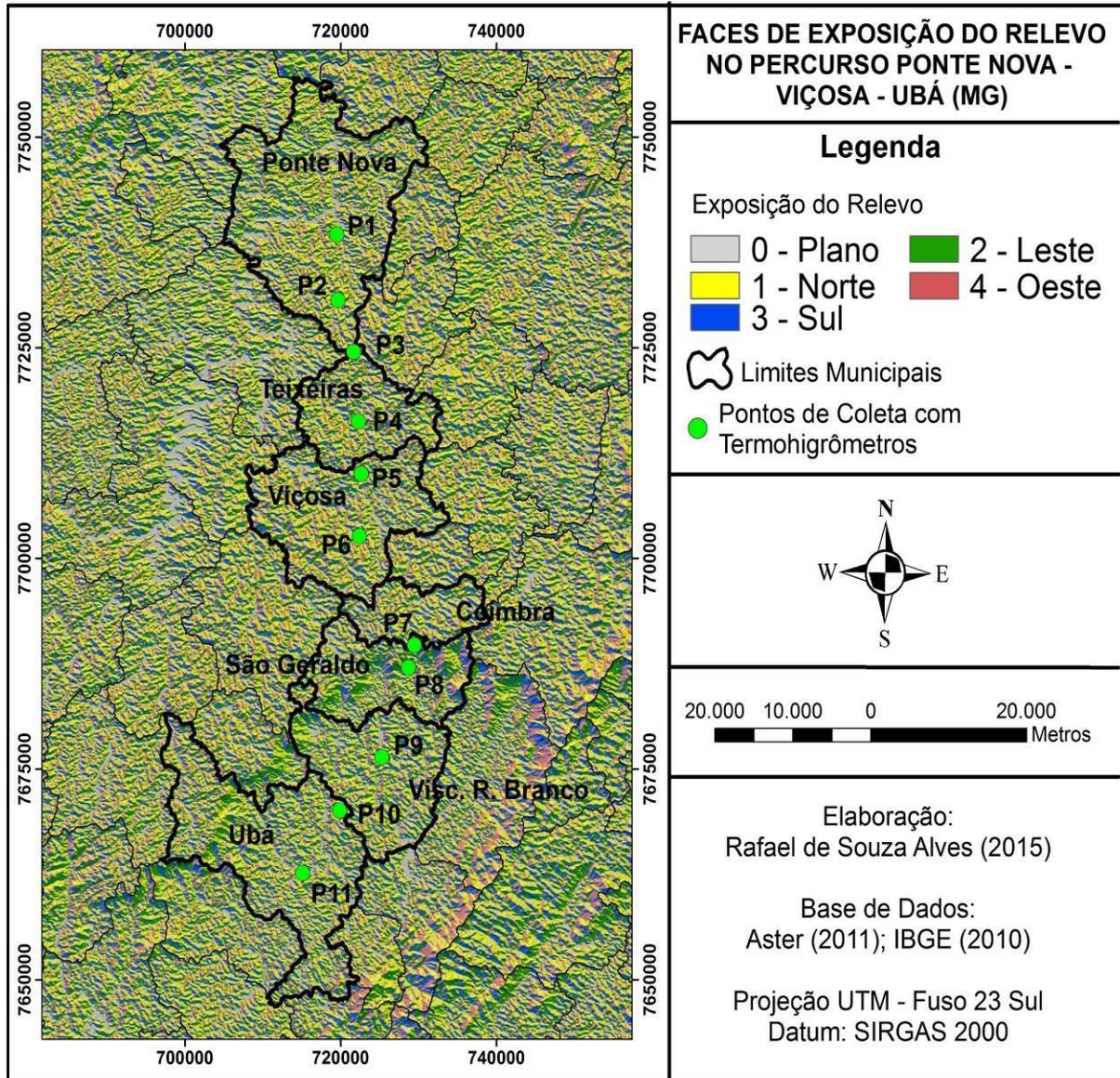


Figura 17. Mapa de faces de exposição do relevo ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) e pontos de coleta de dados climatológicos por termohigrômetros datalogger.

Geiger e Varejão-Silva compartilham de que a radiação solar recebida por uma área é, usualmente, a maior determinante de seu clima. A entrada de energia na superfície depende do ângulo ao qual a radiação atinge a mesma. A forma como os raios solares incidem podem gerar significativas variações térmicas, como por exemplo, em diferentes vertentes de uma encosta. Parte da energia recebida durante o dia, proveniente da radiação de onda curta, é armazenada pelos componentes do espaço (como o solo) e liberada para a atmosfera no período noturno como radiação de longo comprimento de onda (GEIGER, 1961; VAREJÃO-SILVA, 2006; MENDÔNÇA e DANNI-LIVEIRA, 2007).

Ao realizar estudos climáticos na Serra da Cartagena, no sudeste da Espanha, Castán et al. (1999) notificaram que a temperatura do ar é influenciada pela radiação solar incidente, que por sua vez, afeta as taxas de evapotranspiração. Numa mesma latitude podem ser observadas variações da densidade do fluxo de radiação solar devido às diferenças de orientação, declividade e altitude do terreno, além de outros fatores.

No percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) não há uma correspondência entre áreas de maior incidência da radiação solar e maiores temperaturas. No mês de janeiro de 2014 a área compreendida pelo “Golfão de Ubá” (ambiente 3) recebeu menor quantidade de energia em relação ao planalto de Viçosa (ambiente 2), no entanto, apresentou maiores temperaturas (Figura 18).

A radiação solar que se verifica na superfície da terra resulta da interação de energia entre a atmosfera e a própria superfície, sendo que na escala local o relevo apresenta-se como principal fator de distribuição (POELKING et al., 2009). No que confere a variação de altitude decorrente das características do relevo no percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), observa-se uma relação inversa entre a mesma e a radiação solar, uma vez que as áreas mais baixas apresentam receber menor quantidade de radiação, e as áreas mais altas demonstram receber maior quantidade (Figura 18). Segundo Lopes et al. (2013) isso se justifica pelo aumento da radiação solar direta e a diminuição da radiação solar difusa quando em maiores altitudes, tal como verificado por eles na Serra da Mantiqueira.

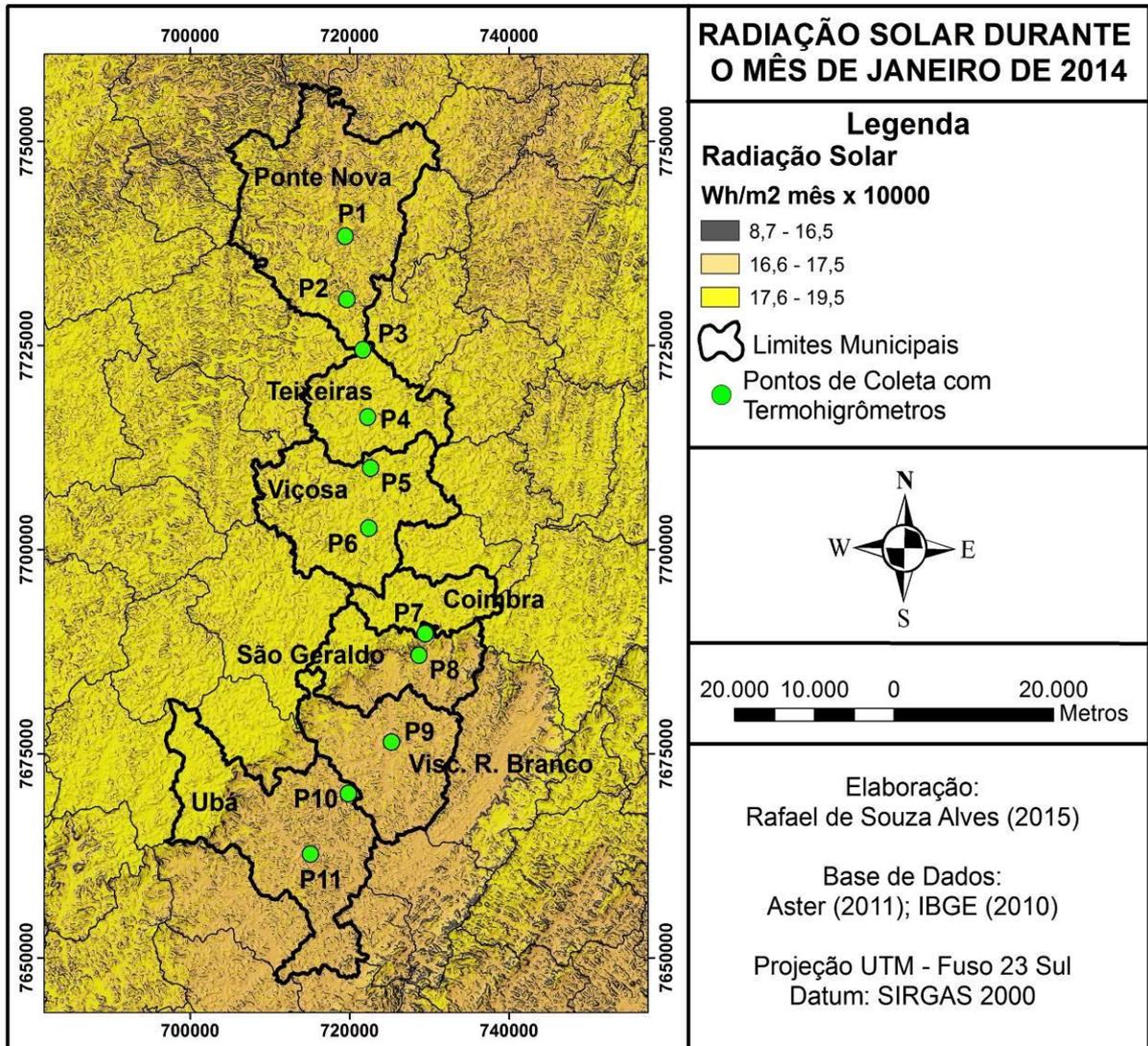


Figura 18. Mapa de incidência da radiação solar durante o mês de janeiro de 2014 ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) e pontos de coleta de dados climatológicos por termohigrômetros datalogger.

A Figura 19 mostra a quantidade de radiação solar recebida durante o mês de janeiro de 2014 em cada ponto onde se encontram os termohigrômetros dataloggers, bem como a exposição do relevo nas localidades. Observa-se que os pontos P4 e P6, situados no Planalto de Viçosa (ambiente 2), receberam menor quantidade radiação embora estando voltados para o quadrante norte. Os mesmos pontos apresentaram temperaturas mais baixas tanto na média mensal (Figura 12) quanto na média diária (Figura 14). Acredita-se que isso possa ser decorrente dos efeitos de sombreamento, pois, mesmo situados em vertentes direcionadas para norte, a existência de morros mais elevados no entorno pode inibir a incidência dos raios solares em horários específicos do dia, semelhante ao ilustrado na Figura 20.

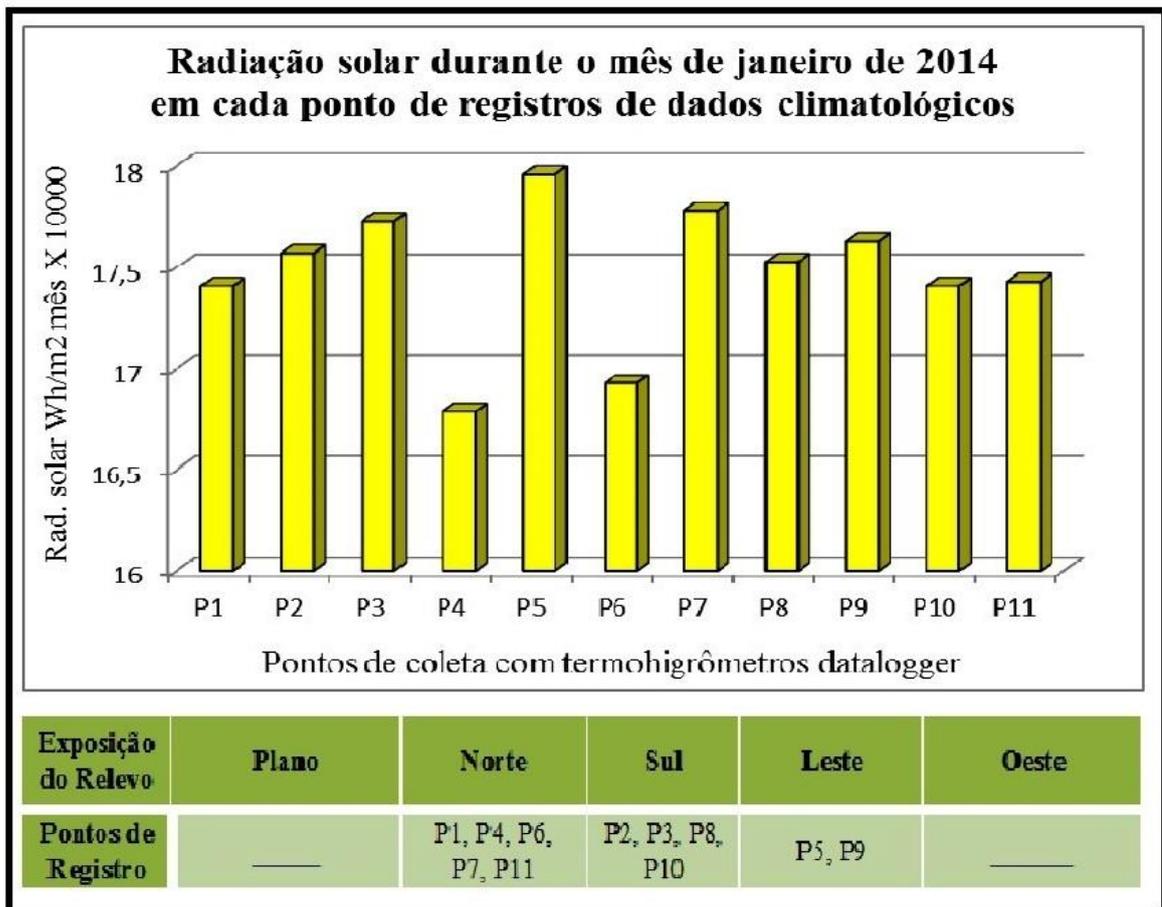


Figura 19. Radiação solar durante o mês de janeiro de 2014 em cada ponto de registro e exposição do relevo onde os mesmos se encontram.

Os pontos P8, P9, P10 e P11, inseridos no “Golfão de Ubá” (ambiente 3) e em altitudes semelhantes, revelam que a quantidade de radiação solar recebida não apresenta ser diretamente condicionada pela exposição do relevo em que se encontram. O ponto P11, voltado para norte, apresentou valores de radiação semelhante ao ponto P10 voltado para sul. O ponto P9 obteve maior quantidade de energia recebida e apresentou maiores temperaturas, estando ele direcionado para o quadrante leste.

Considerando as características topográficas nas áreas de Mares de Morros, estima-se que o “descompasso” verificado na relação entre exposição do relevo, radiação solar e temperatura do ar possa estar sendo ocasionado pelo sombreamento do relevo, corriqueiro no percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) (Figura 20).



Figura 20. Sombreamento de encostas voltadas para os quadrantes oeste e leste no interior do “Golfão de Ubá”, registrado por volda das 17:00 horas, em fev. 2014, com vista do alto da Serra de São Geraldo (P7).

Foto: Rafael de Souza Alves.

Ao avaliar a influência integrada da atitude, da radiação solar, da exposição das vertentes e das unidades morfológicas locais na formação de áreas propícias a serem mais quentes ou menos quentes, observou-se com maior nitidez a configuração de três ambientes distintos, como expressa o mapa síntese (Figura 21).

A partir da interação entre os fatores considerados o mapa síntese denuncia a potencialidade dos ambientes em serem quentes em função das características geo-ambientais dos mesmos. É possível notar que a área de maior potencial térmico (mais quente) aproxima-se do ambiente 3 da hipótese de trabalho, relativo ao “Golfão de Ubá”. A área de menor potencial térmico (menos quente) é condizente ao planalto de Viçosa (ambiente 2) e a área de potencial térmico intermediário (quente) está vinculada a depressão de Ponte Nova (Figura 21).

A divisão dos ambientes categorizados em menor, médio e maior potencial térmico, cuja espacialização reafirma a existência de três ambientes climáticos distintos na área de estudo, não é absoluta e marcada por limites severos. Sendo assim, Assis (2012, p.128) chama atenção de que “[...] o clima, por representar uma ideia complexa e abstrata, sem existência concreta em nenhum lugar, não pode ser medido ou equacionado em termos rígidos”.

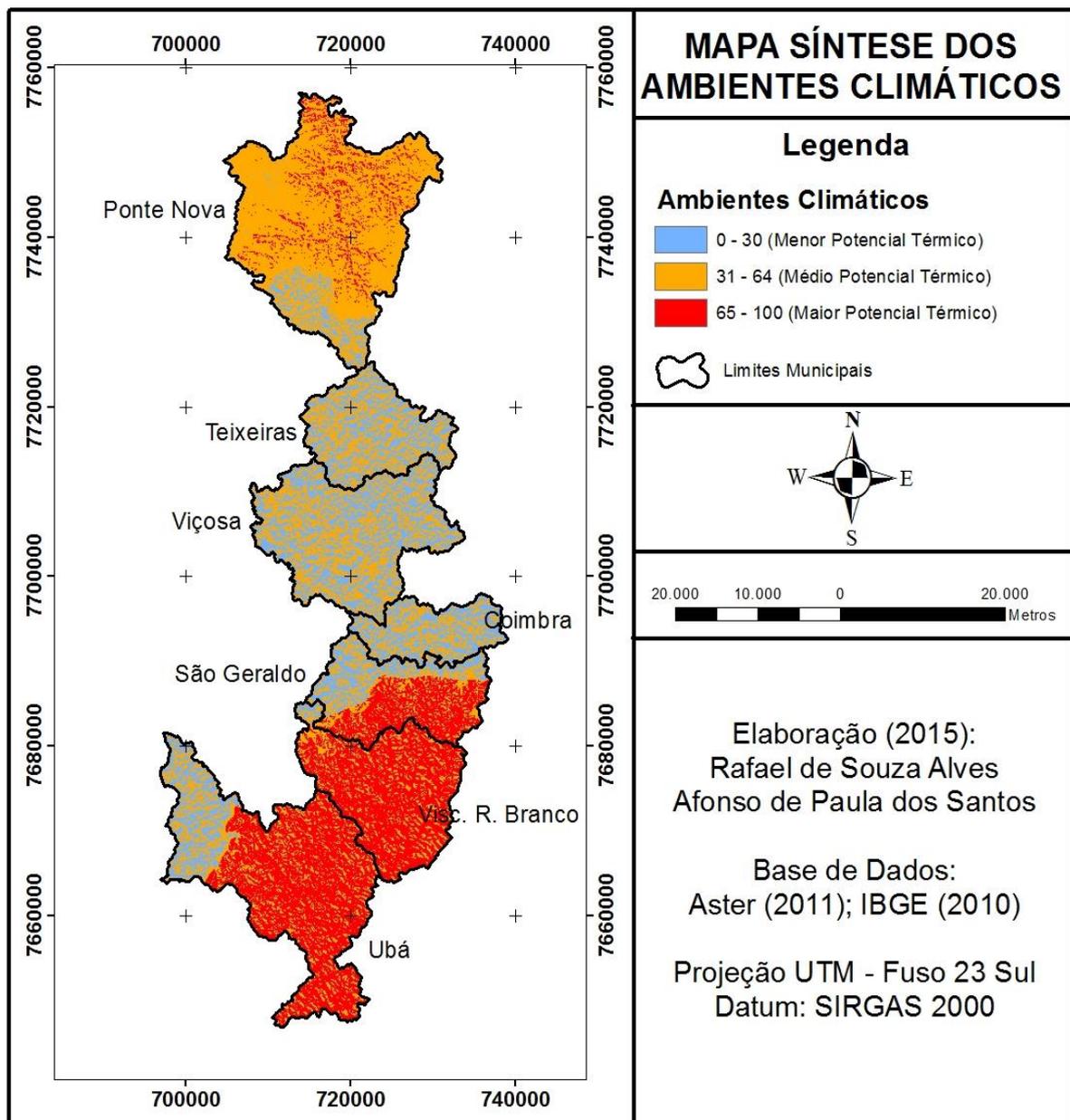


Figura 21. Mapa síntese dos ambientes climáticos ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), com base na interação entre a altitude (MDS), a radiação solar, a exposição das vertentes e as unidades morfológicas locais.

Ao comparar o mapa síntese (Figura 21) com os mapas da distribuição espacial da temperatura média do ar do mês de janeiro (Figura 12) e do dia 03/01/2014 (Figura 14), verifica-se similaridades entre eles, no que se refere à conformação do campo térmico da área de estudo. Percebe-se que os pontos onde foram registrados maiores valores de temperatura do ar (e, por conseguinte, menores taxas de umidade relativa do ar) estão inseridos no ambiente climático de maior potencial térmico segundo o mapa síntese, tal como P8, P9, P10.

O mesmo percebe-se com os pontos que registraram menores valores de temperatura do ar, como P4, P5, P6, localizados em um ambiente de menor potencial térmico no mapa síntese. Isso indica que o modelo proposto no mapa síntese retrata uma situação aproximada da realidade. No entanto, novos esforços devem ser feitos para aumentar a acurácia desse produto cartográfico, sobretudo no que diz respeito à contribuição de cada variável na formação dos ambientes climáticos.

8. Considerações Finais e Desdobramentos Futuros

Observou-se ao longo do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG), para o mês de janeiro de 2014, a existência de três ambientes diferentes, no que se refere à temperatura e umidade relativa do ar. A área de abrangência dos mesmos guarda estreita relação com as unidades morfológicas locais.

Obteve-se dificuldades em avaliar de que forma a exposição das vertentes propiciam a conformação dos diferentes ambientes termohigrométricos, dizer que os locais de maiores temperaturas se justificam pela exposição de suas vertentes, bem como estabelecer correlações entre elas e a incidência da radiação solar. Haja vista que, mesmo estando voltados para o quadrante norte, alguns pontos de observação obtiveram baixos valores de radiação solar em comparação aos demais pontos do entorno, como verificado em P4 e P6.

Embora seja possível observar as diferenças na quantidade de radiação solar e nas altitudes predominantes em cada ambiente destacado, não foi possível denotar qual dessas variáveis mais influencia na configuração termohigrométrica do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG). Essas, ao lado da exposição das vertentes, compõem as características gerais do relevo que deve ser analisado de modo holístico. Acredita-se que a morfologia do relevo exerça papel preponderante na individualização dos três ambientes climáticos identificados.

O Ambiente 1 configura-se com temperaturas, valores de umidade e quantidade de radiação solar intermediárias comparado aos Ambientes 2 e 3. As altitudes nessa localidade também são intermediárias em relação aos demais ambientes e sua área de ocorrência é condizente à depressão de Ponte Nova, de médio potencial térmico.

O Ambiente 2 se caracteriza pelas menores temperaturas, maiores valores de umidade relativa do ar e de radiação solar, numa área de menor potencial térmico em comparação aos

demais ambientes. É a área que apresenta as maiores altitudes, relativo ao planalto de Viçosa. Acredita-se que a condição planáltica favoreça maiores processos de dissipação da energia recebida devido a maior circulação do ar na escala sub-regional, também beneficiada pelo fator altitude que favorece a amenização do calor.

O Ambiente 3 se singulariza por ser o de maiores temperaturas, apresentar menores valores de umidade relativa do ar e incidência de radiação solar, bem como as menores altitudes. Situa-se numa localidade de maior potencial térmico e sua área de manifestação é condizente ao “Golfão de Ubá”. Acredita-se que a estrutura morfológica nessa área, marcada pela concavidade decorrente da reentrância da serra da Mantiqueira e presença de cadeias montanhosas no entorno, retarda o processo de dissipação da energia recebida e armazenada durante o dia, por restringir a circulação dos ventos. As menores altitudes também favorecem a existência das maiores temperaturas, que por sua vez, refletem nas taxas de umidade relativa do ar.

O mapa síntese (Figura 21) aqui discutido foi um primeiro esforço realizado na tentativa de analisar conjuntamente os fatores geográfico-climáticos considerados relevantes na configuração do campo termohigrométrico do percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG). A distribuição dos pesos foi feita de maneira empírica, baseada na literatura e nos conhecimentos da área de estudo.

Sugere-se que as pesquisas futuras busquem estabelecer critérios mais rígidos para a distribuição dos pesos entre as variáveis, bem como identifiquem quanto cada uma delas contribui na formação dos diferentes ambientes termohigrométricos do percurso analisado. O uso dos Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, vem a ser relevante nessa tentativa, por possibilitar o processamento de informações espaciais com intuito estabelecer correlações entre cada um dos fatores climático-geográficos aqui analisados e o campo termohigrométrico da área de estudo.

Para avaliação da influência da exposição das vertentes é sugerido a quantificação das mesmas em cada unidade morfológica, com intuito de realizar comparações com os ambientes termohigrométricos. O uso de imagens termais que abranjam a área de estudo mostram-se relevantes para uma melhor compreensão climática da mesma.

Com o auxílio das ferramentas existentes no *software ArcGis 10.1* identificou-se que há termohigrômetros dataloggers instalados em vertentes voltadas para os quadrantes norte, sul e leste. Com vista à realização pesquisas adiante, sugere-se a realocação dos mesmos com

a intenção de padroniza-los nesse aspecto, e também observar a ocorrência de sombreamento nas áreas de coleta de dados.

Os esforços para ampliação do número de pontos de coleta de dados vem sendo realizados desde as primeiras incursões a campo, iniciadas no ano de 2011, cujos mesmos devem ser mantidos. A elaboração de um zoneamento climático para o percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá (MG) compõe os objetivos das próximas investigações, sendo necessário assim uma maior coleta espaço-temporal dos parâmetros climatológicos. Isso contribuirá para um maior entendimento climático da área, podendo ainda subsidiar estudos de clima urbano ao longo do percurso, a partir da comparação entre registros feitos na escala local (a nível do urbano) e registros feitos na escala sub-regional (percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá), de modo simultâneo.

Referências Bibliográficas

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 17-22, dez./1998.

AB’SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editora, 2003.

ALCOFORRADO, M. J. **O clima da região de Lisboa: contrastes e ritmos térmicos**. Memórias do Centro de Estudos Geográficos, v. 15. Univ. de Lisboa, Lisboa, 1993.

ALVARENGA, L. A. Precipitação no sudeste brasileiro e sua relação com a Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Agrogeoambiental**, v. 4, n. 2, agos./2012.

ALVES, R. S.; FIALHO, E. S. Variações termohigrométricas na Zona da Mata Mineira: uma análise da relação clima-sítio. In: SEGEO – DINÂMICAS DA PAISAGEM, 2., 2012. São Gonçalo-RJ, **CD-ROM**. São Gonçalo: Faculdade de Formação de Professores – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 05 a 06 de dezembro, 2012.

ALVES, R. S.; FIALHO, E. S.; SILVA, A. C. S. Uma análise comparada de parâmetros climáticos em situação de inverno (2011), ao longo do perfil Ubá-Ponte Nova, na Zona da Mata Mineira. **Acta Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, p.87-100, 2012.

ALVES, R. S.; SOUZA, P. O.; FIALHO, E. S. A influência do sítio urbano no comportamento dos atributos climáticos de cinco cidades da Zona da Mata Mineira Norte: uma análise comparativa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14.,2011. Dourados-MS, **Anais...** Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 11 a 15 de julho, 2011.

ANDRADE, M. C. Aspectos Geográficos da Região de Ubá. **Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, São Paulo, Avulso n. 1, 1961.

ANDRADE, P. P. **Análise temporal da ilha de calor noturna, no município de Viçosa em situação sazonal de outono-2008**. 2008. 61f. Monografia (Especialização em Climatologia Urbana) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

ARMANI, G. **Análise topo e microclimática tridimensional em uma microbacia hidrográfica de clima tropical úmido de altitude**. 2009. 123 f., 2v. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2009.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. 299f. Tese (Doutorado em Geografia Física) Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, MG, 2010.

ASSIS, W. L. Os climas naturais do município de Belo Horizonte – MG. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012, p.115-135.

BARBIERI, P. R. B. **Caracterização da estação chuvosa nas regiões sul e sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica**. 118p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José do Campos, SP, 2005.

CÂNDIDO, 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**, n. 24, p. 08-27, 2008.

CASTÁN, D. F.; SELMA, M. A. E.; MARTÍNEZ, A. T. El clima de la sierra de Cartagena (SE. de España): variaciones espacio-temporales a diferentes escalas. **Anales de Biología**, v. 22, n. 11, p. 137-152, 1999.

CASTELHANO, F. J.; ROSEGUINI, W. F. F. A utilização de policloreto de vinila (PVC) na construção de mini-abrigos meteorológicos para aplicação em campo. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 9, jul./dez. 2011.

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

CUPOLILLO, F.; ABREU, M. L.; VIANELLO, R. L. Climatologia da bacia do rio Doce e sua relação com a topografia local. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 45-60, jul./dez. 2008.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Procedimentos de Aferição de Termômetros Utilizados em Trabalhos de Campo de Climatologia Geográfica. **RA EGA (UFPR)**, Curitiba, v. 6, p. 75-80, 2002.

FERNANDES FILHO, E. I.; SOUZA, E.; FARIA, M. M. **Modelo digital de elevação, bacias hidrográficas, atributos do terreno e interpoladores**. Apostila da disciplina SOL 681 – Geoprocessamento Aplicado a Pedologia. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 105p., ago/2011.

FERREIRA, J. H. D.; NERY, J. T. Análises de componentes principais da precipitação do estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12, 2002, Foz do Iguaçu, **Anais...** Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/11-772fd16db27235cd154d2882a7c96176.pdf>. Acessado em: 18 ago. 2014.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. 2009. 259f. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Ciência, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 2009.

FIALHO, E. S. Estudos climáticos em sítios urbanos e rurais. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. (orgs.). **Concepções e ensaios da climatologia geográfica**. 1ªed. Dourados (MS): Editora da UFGD, p. 83–114, 2012.

FIALHO, E. S.; ALVES, R. S.; LOPES, D. I. Clima e sítio na Zona da Mata Mineira: uma análise em episódios de verão. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 7, v. 8, p. 118-136, jan./jun. 2011.

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. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. (orgs.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. 1ªed. Dourados (MS): Editora da UFGD, p.107-127, 2014.

FONSECA, G. L.; ALENVCAR, R. C. C.; PRUDENTE, C. N. O estudo da dinâmica geomorfológica a partir da distribuição pluviométrica no Estado de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 6 a 10 de set./2006, p. 1-9.

FRITZSONS, E.; MANTOVANO, L. E.; AGUIAR, A. V. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado do Paraná. **REA – Revista de estudos ambientais**, v.10, n. 1, p. 49-64, jan./jun. 2008.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo**. 4. ed. Tradução de Ivone Gouveia. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961, 556p.

GENARO, V. **Análise da diferença térmica dentro da área urbana de Viçosa – MG, sob influência de diferentes condições sinóticas, durante o outono de 2008**. 2008. 64f. Monografia (Especialização em Climatologia Urbana) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

LI, Z.; ZHU, Q.; GOLD, C. **Digital Terrain Modelling: principles and methodology**. New York: CRC Press, 2005.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E.; FALCÃO, R. M. Análise da temperatura do ar no perfil topoclimático do Pico da Bandeira, Parque Nacional do Alto Caparaó, Brasil, entre as altitudes de 1106 a 2892 m. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6., SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2., 2010, Coimbra. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. p. 1-11.

LOPES, P. M.O; VALERIANO, D. M.; SILVA, B. B.; MOURA, G. B. A.; SILVA, A. O. Simulação do saldo de radiação na Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 780-789, 2013.

MARCHI, O. A. M.; CALIJURI, M. L.; COSTA, S. H. G.; LUGÃO, W. G.; SOUZA, P. J. A.; Leitura e Caracterização da Paisagem em Auxílio ao Planejamento da Ocupação Urbana de Ponte Nova – MG. **Natureza & Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 41-50, 2005.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina: proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (orgs). Clima Urbano. São Paulo: Contexto, p. 93-120, 2003.

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

MILANESI, M. A.; GALVANI, E. Efeito orográfico na ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP). **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 9, p. 68-79, jul./dez. 2011.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 364-371, 2005.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, n. 9, ano v, 1º semestre, p.7-19, 1990a.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, n. 9, ano v, 1º semestre, p.7-19, 1990b.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, n. 9, ano v, 1º semestre, p. 61-79, 1990c.

MORA, C. Padrões térmicos no alto vale do Zêzere: condicionantes topográficas e meteorológicas. **Finisterra**, n. 87, p. 55-69, 2009.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989, 422 p.

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GOMES, F. H. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do “Mar de Morros”, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 25, p. 341-354, 2001.

OLIVEIRA, A. W. S. Existem montanhas em Minas Gerais? **Colégio de Aplicação - COLUNI**, Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <http://www.coluni.ufv.br/revista/docs/volume02/existemMontanhas.pdf>. Acessado em: 01 de jun. 2012.

POELKING, E. L.; SCHAEFER, C. E. R.; ANDRADE, A. M.; FERNANDES FILHO, E. I. F. Análise espacial integrada da vegetação e radiação solar em Stranger Point, Península Potter, Antártica Marítima. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal, Brasil, 25-30 de abr., p. 5373-5379. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.23.48.50/doc/5373-5379.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2015.

PVC, INSTITUTO DO. Disponível em: http://www.institutodopvc.org/publico/?a=conteudo&canal_id=39&subcanal_id=41. Acessado em: 04 jul. 2013.

ROCHA, P. A. **Diagnóstico de áreas susceptíveis à erosão: uma análise da bacia do rio xopotó (MG)**. 2009. 67f. Monografia (Especialização em Geomorfologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

ROCHA, V. M. **Influência das atividades antrópicas no campo termohigrométrico do município de Viçosa-MG em situações sazonais de primavera no ano de 2006**. 2007. 75f. Monografia (Especialização em Climatologia Urbana) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

ROCHA, V. M.; FIALHO, E. S. Uso da terra e suas implicações na variação termo-higrométrica ao longo de um transecto campo-cidade no município de Viçosa-MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, MG, v. 10, n. 1, p. 64-77, jan./jun. 2010.

ROLDÃO, A. F.; SANTOS, J. G.; OLIVEIRA, L. A. Correlação entre variáveis climáticas (altitude, temperatura e precipitação) na mesorregião sul e sudoeste de Minas Gerais – MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.515-525, 2012.

SANTOS, A. P.; PINTO, S. F.; CARVALHO, C. M. S.; PARO, S. P.; SOUZA, A. Z. Inferência sobre o conforto domiciliar rural município de Viçosa-MG utilizando análises multicritério. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2013, Foz do Iguaçu-PR. Anais... Foz do Iguaçu: 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0213.pdf>. Acessado em: 14 jul. 2015.

SANT'ANNA NETO, J. L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 43-60, dez./2005.

SANTOS, J. A. A. **O campo térmico na área central da cidade de Viçosa-MG em situação sazonal de outono em 2007**. 2007. 57f. Monografia (Especialização em Climatologia Urbana) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SANTOS, V. J. **Episódios pluviiais intensos: um estudo de caso sobre o município de Ubá/MG**. 2013. 116f. Monografia (Especialização em Climatologia Urbana) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico da cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. **Geosul**, Florianópolis, n. 9, ano v, 1º semestre, p. 20-60, 1990.

SILVA, I. A.; FIALHO, E. S.; ALVES, R. S. Análise preliminar do sítio de duas pequenas cidades da Zona da Mata Mineira: uma contribuição aos estudos de clima urbano. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.2, n.5, p. 135– 149, 2012.

SILVA, L. A. O. **A desorganização do espaço urbano em Ponte Nova (MG) frente às grandes enchentes de 1951, 1979, 1997 e 2008**. 2009. 66f. Monografia (Especialização em Climatologia Urbana) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

SILVA, V. A. M. I. **Influência da cobertura do céu na estimativa da Radiação Solar utilizando modelo digital de elevação**. 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

SOUCH, C.; GRIMMOND, S. Applied climatology: urban climate. **Progress in Physical Geography**, v. 30, n. 2, p. 270-279, 2006.

TEIXEIRA, M. I. **Indicadores pedoambientais do planalto de Viçosa como auxílio à educação ambiental**. 85f. Tese (Obtenção do Título de *Magister Scientiae*). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

VALVERDE, O. Estudo regional da Zona da Mata, de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 20, n. 1, p. 3-82, 1958.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital 2, 2006, 463 p.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G. Estudos preliminares da climatologia dinâmica do Estado de Minas Gerais. In: I Congresso Interamericano de Meteorologia, 1986, Brasília. **Anais I**, 1986. p. 185-194. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/15-b54829593da3f5d6971afaabadf515ca.pdf>. Acessado em: 18 abr. 2013.

APÊNDICE

Apêndice A – Processo de fabricação de miniabrigos meteorológicos alternativos de PVC.

Cada abrigo construído armazena apenas um datalogger Hobo e a confecção dos mesmos se deu a partir do modelo fornecido pelo professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Carlos Henrique Jardim. Contou-se com a colaboração dos integrantes do grupo de estudo BIOCLIMA UFV e de alunos matriculados na disciplina “Geografia e Clima Urbano” – GEO 324, oferecida no segundo semestre do ano de 2012 na Universidade Federal de Viçosa, ministrada pelo professor Edson Soares Fialho.

Os materiais e ferramentas utilizadas na construção dos miniabrigos meteorológicos alternativos foram: 1 cano de PVC da cor branca de 150mm (diâmetro de 15cm); 1 cano de PVC da cor branca de 100mm (diâmetro de 10cm.); 1 prato de vaso de flor para cada abrigo, preferencialmente da cor branca, com diâmetro de aproximadamente 20cm; 4 chapas de estanho⁷ para cada abrigo; 9 parafusos⁸ com arruela e porca para cada abrigo; uma chave fhillips e uma chave de boca/estria número 8; cola de sapateiro; polímero EVA da cor branca; 2 pequenos tocos de madeira para cada abrigo, feitos a partir de cabo de vassoura; arco de serra; torno; esmeril; furadeira; brocas de ½ e de ¾ para perfuração de madeira; fita métrica; fita isolante; isopor.

A seguir encontram-se os procedimentos básicos para construção de 1 miniabrigo meteorológico alternativo, sendo ilustrados quando necessário for. As etapas (passos) foram redigidas utilizando-se vocabulário simples, de modo a viabilizar o entendimento. Para a construção de 1 abrigo, gastou-se cerca de 3 horas e estima-se um custo de aproximadamente 40 reais.

⁷ Essas chapas são do mesmo material utilizado em calhas de telhados para captação de água pluvial.

⁸ Foram utilizados parafusos cujas “porcas” possam ser manejadas com chave de boca/estria número 8. O comprimento dos mesmos é de aproximadamente 5 centímetros, comuns de serem utilizados em auto-falantes de som automotivo.

1° Passo.

Corte com o arco de serra os 2 tubos de PVC obtendo um pedaço de 19cm de comprimento. Caso não se consiga fazer o corte de maneira precisa e nivelada, ajuste as medidas no esmeril. Em seguida, cole o polímero EVA na parte interna dos pedaços de cano, no interior do prato de vaso de flor e espere secar (Figura 1). O polímero EVA contribui para isolar termicamente o recipiente, proporcionando medições mais precisas e condizentes com a realidade.



Figura 1: Corte dos canos de PVC; ajuste de medidas; colagem do polímero EVA no interior do prato de vaso de flor. Fotos: Edson Soares Fialho e Rafael de Souza Alves.

2° Passo.

Utilizando a furadeira com a broca de $\frac{1}{2}$ faça 12 furos no cano de PVC de 100mm, 3 orifícios em cada um dos 4 lados de sua circunferência. Em seguida, faça o mesmo com o cano de PVC de 150mm, porém, utilizando a furadeira com broca de $\frac{3}{4}$ (Figura 2). Os orifícios permitirão a circulação do ar no interior de abrigo e evitará registros superestimados ou subestimados.



Figura 2: Abertura de orifícios nos tubos de PVC. Fotos: Rafael de Souza Alves.

Caso o polímero EVA comece a se desprender dos canos no momento de se fazer os orifícios, inverta o processo. Ou seja, faça os 12 orifícios em cada um dos canos de PVC e posteriormente cole o polímero EVA.

3° Passo

O cano de PVC de 100mm deve ser fixado dentro do cano de PVC de 150mm, de modo que os orifícios fiquem “desencontrados” (Figura 3).



Figura 3: Posição do cano interno de PVC em relação ao cano externo de PVC
Foto: Rafael de Souza Alves.

Centralize o cano interno e em seguida corte 2 pequenos tocos de cabo de vassoura, com aproximadamente 2cm de comprimento (prenda o cabo de vassoura em um torno para que o corte seja preciso). Coloque os 2 tocos entre os canos de PVC interno e externo, em seguida, faça um furo utilizando a furadeira com uma broca simples, de pouca espessura, perpassando o cano externo, o toco e o cano interno para que um parafuso com arruela possa prender os 3 componentes (Figura 4).



Figura 4: Fixação dos canos de PVC interno e externo utilizando 2 tocos de madeira.
Fotos: Rafael de Souza Alves.

4° Passo

Corte 3 chapas de estanho com aproximadamente 8 cm de comprimento e dobre a mesma ao meio utilizando um torno como suporte. A função dessas 3 chapas é servir de apoio para o prato de vaso de flor, por isso, elas devem ser furadas nas extremidades para permitir a passagem dos parafusos. Parafuse as chapas no abrigo meteorológico, mantendo uma distância de aproximadamente 2 cm entre cano de PVC externo e a “quina” gerada na dobra da chapa (Figura 5).



Figura 5: Chapas de estanho fixadas no abrigo meteorológico com a função de sustentar o prato de vaso de flor. Foto: Rafael de Souza Alves.

5° Passo

O termohigrômetro datalogger necessita de um suporte para que ele possa ser fixado no interior do miniabrigo meteorológico alternativo, sem riscos de queda e atrito com o cano interno de 100mm. Para isso, corte uma chapa de estanho com aproximadamente 3 cm de largura e 9 cm de comprimento. Faça um furo na parte superior da chapa para que ela possa ser parafusada no centro interno do prato de vaso de flor. Envolve toda a chapa com fita isolante para evitar danos ao equipamento (por atrito) e interferências nos dados registrados (por condução térmica) (Figura 6).



Figura 6: Elaboração da chapa de sustentação do datalogger.
Foto: Rafael de Souza Alves, 2013.

6° Passo

Coloque sobre o prato de vaso de flor um isopor e faça 4 furos perpassando esses 2 componentes, 1 no centro e 3 nas laterais. Os 3 furos nas laterais devem servir para passar os parafusos que vão fixar o prato de vaso de flor nas chapas de apoio elaboradas no 4° passo, por isso, antes de se fazer os furos, marque com pincel no prato de vaso de flor os pontos que vão apoiar sobre as chapas. Já a fura no centro do prato de vaso de flor será utilizada para parafusar a chapa interna de sustentação do datalogger, criada no 5° passo. O revestimento da

parte superior do prato de vaso de flor utilizando isopor contribui para isolar termicamente o abrigo, proporcionando medições condizentes (Figura 7).



Figura 7. Abertura de furas na tampa do prato de vaso de flor juntamente com o isopor. Foto: Rafael de Souza Alves.

7° Passo

A chapa interna deve ser parafusada no centro do prato de vaso de flor, e esse, deve ser parafusado nas chapas de apoio fabricadas no 4° passo. Não é preciso usar cola de sapateiro para fixar o isopor na tampa do abrigo, pois os próprios parafusos com arruela irão exercer esse papel. Para melhorar a estética do abrigo, corte os parafusos a serem utilizados no prato de vaso de flor deixando-os com aproximadamente 2,5 cm, com o devido cuidado para não danificar as suas rosclas (Figura 8).

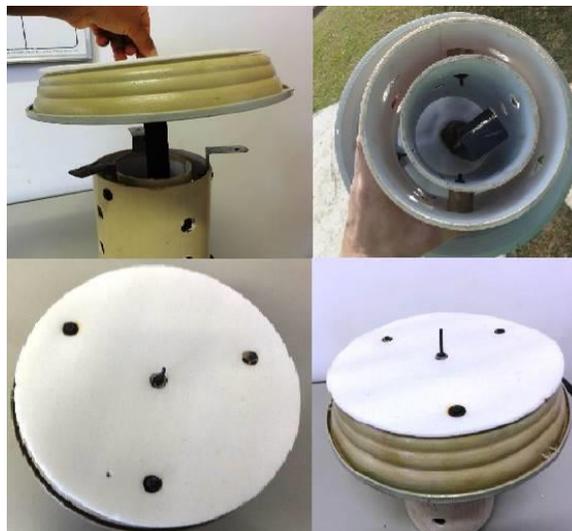


Figura 8: Parafusando a chapa interna no centro do prato de vaso de flor, e esse, nas chapas de sustentação elaboradas no 4° passo. Fotos: Rafael de Souza Alves.

8° Passo

Os miniabrigos meteorológicos alternativos ao serem utilizados em campo podem permanecer por vários dias coletando dados, sob as condições de tempo às mais diversas possíveis, sujeitos à precipitação e radiação solar. É preciso garantir que o datalogger contido pelo miniabrigo não seja influenciado ou até mesmo danificado. Sendo assim, antes de iniciar as coletas em campo, faça um teste para certificar a impermeabilidade dos mesmos (Figura 9).



Figura 9. Teste de impermeabilidade do abrigo meteorológico alternativo.
Fotos: Maria Luzia Silva Paulo.

Para descarregar via USB os dados armazenados pelos termohigrômetros dataloggers basta desprender o parafuso do centro do prato de vaso de flor e retirar a chapa de estanho interna, não sendo necessário desparafusar toda a tampa do abrigo.

Castelhano e Roseguini (2011) realizaram testes comparando os abrigos de PVC com os de madeira mostrando resultados favoráveis à sua utilização, pois os dados coletados por dataloggers neles contidos apresentaram grande similaridade aos registrados pela Estação Automática do INMET.