

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – UECE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA – CCT
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PROP GEO

LAURO PESSOA MAIA JÚNIOR

ESTUDO DOS IMPACTOS DO DESMATAMENTO SOBRE OS
MICROCLIMAS DA MICROBACIA DO RIACHO DO BOQUEIRÃO
(SOBRAL - CE)

FORTALEZA
2011

LAURO PESSOA MAIA JÚNIOR

ESTUDO DOS IMPACTOS DO DESMATAMENTO SOBRE OS MICROCLIMAS
DA MICROBACIA DO RIACHO DO BOQUEIRÃO (SOBRAL - CE)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Geoambiental Integrada e Dinâmica das Paisagens Semiáridas e Litorâneas.

Orientadora: Dr^a. Isorlanda Caracristi.

FORTALEZA
2011

M217e Maia Júnior, Lauro Pessoa
Estudo dos Impactos do Desmatamento Sobre os Microclimas da Microbacia do Riacho do Boqueirão (Sobral - CE) / Lauro Pessoa Maia Júnior. – Fortaleza, 2011.
126 f. ; il.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Isorlanda Caracristi.
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciência e Tecnologia.
1. Semiárido brasileiro. 2. Microclima. 3. Sistema ambiental. 4. Microbacia hidrográfica. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciência e Tecnologia.

CCD: 631.4



Governo do Estado do Ceará
Universidade Estadual do Ceará – UECE
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa – PROPGPq
Centro de Ciência e Tecnologia – CCT
Programa de Pós-Graduação em Geografia – PROP GEO



LAURO PESSOA MAIA JÚNIOR

ESTUDO DOS IMPACTOS DO DESMATAMENTO SOBRE OS MICROCLIMAS
DA MICROBACIA DO RIACHO DO BOQUEIRÃO (SOBRAL - CE)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Análise Geoambiental Integrada e Dinâmica das Paisagens Semiáridas e Litorâneas.

Aprovado em 22 de fevereiro de 2011.

Profª Drª Isorlanda Caracristi (Orientadora – UVA/UECE)

Profª Drª Maria Elisa Zanella (UFC)

Profª Drª Lidriana de Souza Pinheiro (UFC/UECE)

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo o apoio.

À professora Dr^a. Isorlanda Caracristi, pela cooperação e orientação ao longo do curso.

Aos alunos integrantes do grupo de pesquisa *Sociedade, Natureza e Ensino de Geografia* (curso de Geografia - UVA), pelo auxílio em todas as atividades necessárias à obtenção dos dados de campo.

Às professoras Dr^a. Maria Elisa Zanella e Dr^a. Lidriana de Souza Pinheiro, pela contribuição durante o processo de qualificação e pela composição da banca de avaliação final.

À Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), especialmente, ao meteorologista Paulo Ricardo Bardou Barbieri, pela entrevista concedida e pela colaboração com a análise das imagens de satélite.

Aos professores Ms. Érika Gomes Brito, Ms. Cleuton Almeida da Costa e Dr. Flávio Rodrigues do Nascimento, pela ajuda durante a fase de elaboração do projeto de pesquisa inicial.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão do auxílio financeiro.



RESUMO

Pesquisa objetivada no estudo dos impactos causados pela prática do desmatamento sobre os microclimas da microbacia do Riacho do Boqueirão, bem como na análise dos principais fatores condicionantes da dinâmica microclimática associada ao referido sistema ambiental. Sua área, localizada no setor noroeste do estado do Ceará, abrange porções do maciço residual da Serra da Meruoca, da depressão sertaneja e da planície fluvial do Rio Acaraú. O referencial teórico do trabalho fundamenta-se nos princípios sistêmicos, os quais orientam o desenvolvimento da chamada abordagem holística. No interior desta perspectiva, o conceito de sistema ambiental possibilita o exame do inter-relacionamento existente entre os diferentes elementos integrantes do meio físico. Quanto ao conceito de microbacia, sua pertinência advém do fato de as bacias de tamanho menor adequarem-se de maneira mais eficaz a certas necessidades de ordem logística, normalmente associadas aos trabalhos de caráter ambiental. Emprega-se ainda o conceito de microclima, que permite identificar o comportamento dos climas vinculados a espaços de magnitude reduzida, mediante a averiguação dos papéis exercidos pelos agentes controladores locais. A pesquisa também discute os processos relacionados à circulação atmosférica regional, ao destacar a dinâmica dos sistemas meteorológicos que definem a peculiaridade climática da região semiárida do Nordeste brasileiro. Suas principais causas referem-se à inversão térmica da massa de ar que aí atua durante grande parte do ano, ao isolamento da região diante dos sistemas produtores de chuva, e à predominância de certos arranjos entre os padrões de comportamento das temperaturas das superfícies dos oceanos Atlântico e Pacífico. Estruturada a partir do conhecimento do conjunto das características naturais da microbacia, a metodologia adotada constituiu-se na compartimentação do mencionado espaço em três diferentes setores, de acordo com as especificidades geoambientais que os particularizam. Em cada um dos setores foram instalados dois postos meteorológicos, sendo um situado em local submetido à prática do desmatamento, e o outro em local rodeado por uma cobertura vegetal relativamente preservada. A análise comparativa entre os microclimas destes dois espaços baseou-se no processo de se confrontar certos parâmetros estatísticos, calculados para dados de temperatura e umidade relativa obtidos nos respectivos postos. O caráter genético dos microclimas foi abordado segundo a análise do ritmo de sucessão dos estados de tempo, paralelamente à identificação dos sistemas meteorológicos atuantes em cada dia, durante períodos representativos das estações chuvosa e seca do ano de 2010. No que concerne aos resultados, as temperaturas apresentaram padrões de comportamento variados, de acordo com os setores da microbacia. Os impactos negativos mais significativos foram constatados na dinâmica das séries de umidade relativa, variável que apresentou níveis mais reduzidos naqueles locais desprovidos de vegetação.

Palavras-chave: Semiárido brasileiro, Microclima, Sistema ambiental, Microbacia hidrográfica.

ABSTRACT

This investigation is centered in a study about the impacts caused by the action of deforestation over the microclimates of the microwatershed of Boqueirão Creek, as well as in the analysis of the main conditional factories by microclimatical dynamics connected to the related environmental system. Its area is located in the northwest sector of Ceará State, it encloses parts of Meruoca mountain residual massif, *sertaneja* depression and Acaraú River's fluvial plain. The abstract referential of the work bases itself in the systemic principles, that guide the development of the named holistic approach. Inside of this perspective, the concept of the environmental system makes possible the examination of the interrelation that exists among the different elements of physics ambience. About the concept of microwatershed, its pertinence occurs by the fact that the smaller watersheds adjust themselves of manner more effective to certain necessities of logistical order, normally connected to the work of environmental character. The concept of microclimate is still used, that allows to identify the behavior of climates linked to the spaces of reduced magnitude, by means against an inquiry of the performed by the local controlling agents. The investigation also argues about the connected processes to the regional atmospheric circulation, by detaching the dynamic of the meteorological systems that define the climatic peculiarity of the semiarid region of Brazilian northeast. Their main causes refers to the thermic inversion of the air mass that acts there during large part of the year, to the isolation of the region in front of the rain producers systems, and to the predominance of certain arrangements among the behavior standards of the temperatures from the Atlantic and Pacific oceans superficies. It was built from the knowledge of the set microwatershed naturals characteristics, the methodology used was formed in division of the space refered in three different sectors, according to the geoenvironmental specificities that particularize them. In each sectors were installed two meteorological stations, one is fixed on a place exposed to the act of deforestation, and other on a place surrounded to a vegetal covering sufficiently preserved. The comparative analysis among the microclimates of these two spaces was founded in the process to compare certain statistical parameters, that were calculated to data of temperature and humidity relative that were obtained in the respective stations. The microclimates genetics character was approached according to the analysis of the succession rhythm of the weather conditions, at the same time to the identification of meteorological systems that act in each day, during representative periods of the wet and dry seasons in the year 2010. About the results, the temperatures showed different standards of behavior, according to the different microwatershed sectors. The most significant impacts were verified in the dynamics of relative humidity series, that was the variable that obtained levels more reduced in these places that hadn't vegetation.

Key-words: Brazilian semiarid, Microclimate, Environmental system, Microwatershed.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Alta da Bolívia
APA	Área de Proteção Ambiental
ASAN	Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte
ASAS	Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
BH	bacia hidrográfica
C	Celsius
CBERS	<i>China-Brazil Earth Resources Satellites</i>
CCM(s)	Complexo(s) Convectivo(s) de Mesoescala
CCT	Centro de Ciência e Tecnologia
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESE	les-sudeste
F	frequência
FUNCAP	Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HN	Hemisfério Norte
HRC	<i>High Resolution Camera</i>
HS	Hemisfério Sul
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDACE	Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
km	quilômetro
LAIME	Laboratório de Instrumentos Meteorológicos
m	metro(s)
MEC	Massa Equatorial Continental
mm	milímetro(s)
MO	moda
MPA	Massa Polar Atlântica
MTA	Massa Tropical Atlântica
NEB	Nordeste brasileiro
NNW	nor-noroeste
PROGEO	Programa de Pós-Graduação em Geografia
RPPN	Reserva(s) Particular(es) do Patrimônio Natural
S	desvio padrão
SCM(s)	Sistema(s) Convectivo(s) de Mesoescala
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura de Sobral
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará
SOHIDRA	Superintendência de Obras Hidráulicas
SPLAM	Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Sobral

SRH	Secretaria dos Recursos Hídricos
SRTM	<i>Shuttle Radar Topographic Mission</i>
SSE	su-sudeste
T9	temperatura(s) às 9 horas
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
Tmax	temperatura(s) máxima(s)
Tmin	temperatura(s) mínima(s)
TSM(s)	temperatura(s) da superfície do mar
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UR	umidade relativa
UVA	Universidade Estadual Vale do Acaraú
VCAN(s)	Vórtice(s) Ciclônico(s) de Altos Níveis
Vmax	valor(es) máximo(s)
Vmin	valor(es) mínimo(s)
WNW	oes-noroeste
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Localização e altimetria da microbacia do Riacho do Boqueirão	45
FIGURA 2	Estados de conservação da vegetação na microbacia do Riacho do Boqueirão	50
FIGURA 3	Setorização da microbacia do Riacho do Boqueirão e localização dos postos meteorológicos	52
FIGURA 4	Local de implantação do posto A1	54
FIGURA 5	Local de implantação do posto A2	55
FIGURA 6	Local de implantação do posto B1	57
FIGURA 7	Local de implantação do posto B2	58
FIGURA 8	Local de implantação do posto C1	60
FIGURA 9	Local de implantação do posto C2	61
FIGURA 10	Exemplar de posto meteorológico, apresentando o abrigo e a disposição de seus instrumentos	62
FIGURA 11	Principais medidas dos abrigos	63
FIGURA 12	Pluviômetro	64
FIGURA 13	Termômetro de máxima e mínima	66
FIGURA 14	Termo-higrômetro	67
FIGURA 15	Exemplar de ficha mensal de registro	69
FIGURA 16	Atuação da ZCIT sobre o norte do Ceará, em 20/03/2010, às 13 horas e 30 minutos	75
FIGURA 17	Borda de um VCAN atuando sobre vastas áreas do NEB, em 01/04/2010, às 17 horas e 30 minutos	80
FIGURA 18	Ausência de qualquer nebulosidade significativa sobre o norte do Ceará, em 14/09/2010. Momento da imagem: 09 horas	81
FIGURA 19	Nebulosidade associada a uma linha de instabilidade sobre parte do litoral setentrional do NEB e áreas interiores adjacentes, em 07/08/2010. Momento da imagem: 09 horas	82
GRÁFICO 1	Séries de temperatura e precipitação para o posto A1	76
GRÁFICO 2	Séries de UR e precipitação para o posto A1	76
GRÁFICO 3	Séries de temperatura e precipitação para o posto A2	77
GRÁFICO 4	Séries de UR e precipitação para o posto A2	77
GRÁFICO 5	Séries de temperatura e precipitação para o posto B1	78
GRÁFICO 6	Séries de UR e precipitação para o posto B1	78
GRÁFICO 7	Séries de temperatura e precipitação para o posto B2	79
GRÁFICO 8	Séries de UR e precipitação para o posto B2	79
GRÁFICO 9	Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 12/3 a 11/4 de 2010, representativo do período chuvoso no posto A1.....	84
GRÁFICO 10	Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 1/8 a 31/8 de 2010, representativo do período seco no posto A1.....	86
GRÁFICO 11	Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 12/3 a 11/4 de 2010, representativo do período chuvoso no posto A2.....	88
GRÁFICO 12	Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 1/8 a 31/8 de 2010, representativo do período seco no posto A2.....	90
GRÁFICO 13	Comparativo entre as temperaturas registradas nos postos A1 e A2	94
GRÁFICO 14	Comparativo entre os valores de UR registrados nos postos A1 e A2 ..	95
GRÁFICO 15	Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 12/3 a 11/4 de 2010, representativo do período chuvoso no posto B1.....	97

GRÁFICO 16	Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 1/8 a 31/8 de 2010, representativo do período seco no posto <i>B1</i>	99
GRÁFICO 17	Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 12/3 a 11/4 de 2010, representativo do período chuvoso no posto <i>B2</i>	101
GRÁFICO 18	Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 1/8 a 31/8 de 2010, representativo do período seco no posto <i>B2</i>	103
GRÁFICO 19	Comparativo entre as temperaturas registradas nos postos <i>B1</i> e <i>B2</i>	107
GRÁFICO 20	Comparativo entre os valores de UR registrados nos postos <i>B1</i> e <i>B2</i> ..	108
GRÁFICO 21	Séries de temperatura e precipitação para o posto <i>C1</i>	112
GRÁFICO 22	Séries de UR e precipitação para o posto <i>C1</i>	112
GRÁFICO 23	Séries de temperatura e precipitação para o posto <i>C2</i>	112
GRÁFICO 24	Séries de UR e precipitação para o posto <i>C2</i>	112
QUADRO 1	Identificação dos postos e características dos ambientes de sua instalação	51
QUADRO 2	Especificidades técnicas do pluviômetro	65
QUADRO 3	Especificidades técnicas do termômetro de máxima e mínima	66
QUADRO 4	Especificidades técnicas do termo-higrômetro	67
QUADRO 5	Parâmetros estatísticos empregados na pesquisa	71
QUADRO 6	Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 9 (representativos do período chuvoso no posto <i>A1</i>)	85
QUADRO 7	Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 10 (representativos do período seco no posto <i>A1</i>)	87
QUADRO 8	Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 11 (representativos do período chuvoso no posto <i>A2</i>)	89
QUADRO 9	Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 12 (representativos do período seco no posto <i>A2</i>)	91
QUADRO 10	Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 15 (representativos do período chuvoso no posto <i>B1</i>)	98
QUADRO 11	Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 16 (representativos do período seco no posto <i>B1</i>)	100
QUADRO 12	Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 17 (representativos do período chuvoso no posto <i>B2</i>)	102
QUADRO 13	Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 18 (representativos do período seco no posto <i>B2</i>)	104
TABELA 1	Principais parâmetros estatísticos aplicados às variáveis mensuradas nos postos do setor <i>A</i>	92
TABELA 2	Porcentagem de dias em que o valor de uma determinada variável foi mais elevado que o correspondente no outro posto, e de dias em que ambos os valores coincidiram. Desvio padrão (<i>S</i>) para as séries de dados completas de cada variável. Informações relativas aos postos do setor <i>A</i>	96
TABELA 3	Principais parâmetros estatísticos aplicados às variáveis mensuradas nos postos do setor <i>B</i>	105
TABELA 4	Porcentagem de dias em que o valor de uma determinada variável foi mais elevado que o correspondente no outro posto, e de dias em que ambos os valores coincidiram. Desvio padrão (<i>S</i>) para as séries de dados completas de cada variável. Informações relativas aos postos do setor <i>B</i>	109

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Teoria Geral dos Sistemas	16
2.1.1	A pertinência da Teoria Geral dos Sistemas para a Geografia Física	16
2.1.2	A abordagem holística como base da Geografia Física sistêmica	17
2.2	Conceitos fundamentais	20
2.2.1	Sistema ambiental	20
2.2.2	Microbacia hidrográfica	22
2.2.3	Microclima	26
3	CONSIDERAÇÕES SOBRE A CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA REGIONAL E O CLIMA SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO	31
3.1	Caracterização geral	31
3.2	Gênese e dinâmica do clima semiárido nordestino	33
4	CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA MICROBACIA DO RIACHO DO BOQUEIRÃO	44
4.1	Aspectos gerais	44
4.2	Os diferentes geoambientes integrantes da microbacia	44
5	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	51
5.1	Aspectos gerais	51
5.2	Caracterização dos locais de instalação dos postos	53
5.2.1	Posto A1	53
5.2.2	Posto A2	53
5.2.3	Posto B1	56
5.2.4	Posto B2	56
5.2.5	Posto C1	59
5.2.6	Posto C2	59
5.3	Descrição dos postos meteorológicos	62
5.4	Parâmetros (ou atributos) de análise e os instrumentos associados à sua medição	63
5.4.1	Precipitação e pluviômetro	64
5.4.2	Temperatura e termômetro de máxima e mínima	65
5.4.3	Umidade e termo-higrômetro	66
5.5	Registro dos dados	68
5.6	Tratamento estatístico dos dados	71
5.7	Material cartográfico	71
6	ANÁLISE DO REGISTRO	74
6.1	A influência da circulação atmosférica regional sobre os microclimas da microbacia	74
6.2	Análises rítmica e comparativa	83
6.2.1	Setor A	83
6.2.2	Setor B	97
6.3	Considerações sobre os microclimas do setor C	110
7	CONCLUSÃO	114
	REFERÊNCIAS	120

1 INTRODUÇÃO

Se não há certeza acerca da possibilidade de o Homem poder interferir no comportamento climático observável na escala global, algo inquestionável é sua capacidade de alterar o clima que se manifesta nas escalas locais (SANT'ANNA NETO; ZAVATINI, 2000).

No campo da Climatologia Geográfica, mais especificamente, na esfera das pesquisas que tratam dos impactos sobre o clima, a perspectiva predominante corresponde ao estudo das modificações implicadas pelo fenômeno urbano. Considerando-se a escala dos microclimas, os ambientes urbanos são os responsáveis pelos mais significativos impactos verificáveis nessa ordem de magnitude climática. Tal fato, muito contribui para que as cidades sejam adotadas como o recorte espacial preferencial de análise.

Não obstante, é sabido que as intervenções decorrentes das formas tipicamente rurais de ocupação do espaço também afetam a dinâmica climática local, especialmente, a partir da prática do desmatamento. Bastos e Freitas (2009) afirmam que, a depender da dimensão da área desmatada, as alterações desencadeadas sobre o clima podem até mesmo assumir proporções espaciais de média escala, embora tais alterações sejam sempre restritas aos níveis mais inferiores da atmosfera.

Independentemente dessas especificidades, relacionadas à natureza do ambiente climático e às diferentes escalas de abordagem, o estudo do clima torna-se importante devido à ação determinante que exerce sobre todo o contexto dos demais aspectos integrantes dos sistemas ambientais. Santos (2000) o considera como um agente condicionante da dinâmica natural, posto que origina toda a série dos processos que levam à esculturação do relevo, formação dos solos, e distribuição dos organismos vegetais e animais.

Já Tucci e Braga (2003) destacam a relevância do clima pela sua estreita relação com a oferta de recursos hídricos, mediante seu papel na definição do grau de disponibilidade de água para necessidades das mais importantes, tais como o abastecimento humano, a irrigação e a geração de energia elétrica. Por sua vez, Ayoade (1996) ainda ressalta a influência que o aspecto climático desempenha sobre grande parte das atividades humanas, dentre elas, a indústria, os transportes, e as telecomunicações.

O caráter do clima como algo que pode ser proveitosamente empregado no atendimento às necessidades da sociedade torna esse elemento plenamente classificável na categoria de recurso natural. Conti (2007) define tal categoria como o conjunto dos aspectos

ambientais que podem ser utilizados pela humanidade, em seu benefício próprio. Daí este autor vir a considerar o clima como um importante recurso natural.

Reconhecendo a pertinência geral do assunto, e, particularmente, a validade de estudos que se proponham a examinar as interferências do antropismo sobre os microclimas dos espaços rurais, esta pesquisa adota como recorte espacial de análise a microbacia do Riacho do Boqueirão. Inserida predominantemente no maciço residual úmido da Serra da Meruoca (o qual se situa no setor noroeste do estado do Ceará), a mencionada microbacia vem sendo alvo de um intenso processo de desmatamento. Este é, em parte, decorrente da prática de atividades como a agricultura de subsistência e a extração de lenha, desenvolvidas pelas comunidades tradicionais locais; porém, sua mais significativa causa relaciona-se à expansão urbana da cidade de Sobral, estimulada pela veemente ação de especuladores imobiliários, em face da valorização dos terrenos localizados nas adjacências do anteriormente mencionado maciço residual úmido.

Na medida em que se considera a cobertura vegetal como um dos principais condicionantes microclimáticos dos espaços rurais, acredita-se que o quadro local de degradação deste aspecto ambiental esteja determinando a ocorrência de impactos negativos sobre os microclimas da área.

A pesquisa compõe-se como parte de um trabalho mais amplo, desenvolvido no âmbito do grupo de pesquisa *Sociedade, Natureza e Ensino de Geografia*, coordenado pela professora Dr^a. Isorlanda Caracristi. Fundamentalmente constituído por alunos do curso de Licenciatura em Geografia da UVA, o grupo realiza uma série de atividades de caráter socioambiental, principalmente na área da microbacia em pauta. No contexto da linha de trabalho do referido grupo, foram definidas as atribuições particulares deste estudo.

Estabelecido em conformidade com a orientação anterior, o objetivo geral desta pesquisa refere-se à tentativa de: *reconhecer o conjunto dos principais fenômenos, processos e agentes que determinam a dinâmica microclimática no sistema ambiental constituído pela microbacia do Riacho do Boqueirão*. Quanto aos objetivos específicos, estes correspondem a:

- a) *analisar os padrões da circulação atmosférica regional e seus efeitos sobre o comportamento microclimático na microbacia;*
- b) *evidenciar os modos através dos quais os diferentes elementos geoambientais locais contribuem com a determinação desse comportamento;*

c) identificar e quantificar os impactos de natureza termo-higrométrica, decorrentes da prática de desmatamento que se verifica na área;

d) propor medidas de mitigação dos impactos negativos identificados.

A busca pelo cumprimento dos objetivos mencionados resultou na elaboração do texto apresentado a seguir, o qual é basicamente estruturado em outros seis capítulos, que sintetizam informações relacionadas aos diferentes aspectos do problema.

No segundo capítulo, discute-se sobre o arcabouço teórico adotado como modelo de interpretação dos fatos. Alguns dos princípios fundamentais da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) são examinados, notadamente, aqueles incorporados pela Geografia Física contemporânea. A natureza e a validade dos conceitos basilares da presente pesquisa – sistema ambiental, microbacia e microclima – são também analisadas nesse capítulo.

A partir das bases teóricas fornecidas pela TGS, o terceiro capítulo considera a dinâmica e os fatores condicionantes dos sistemas meteorológicos que determinam a climatologia da região semiárida do Nordeste brasileiro (NEB). O conhecimento da circulação atmosférica de ordem regional constitui-se num importante requisito para se entender a gênese dos climas verificáveis nas escalas locais.

Compreendidos os processos que originam os aspectos mais gerais do clima, o quarto capítulo aborda os agentes locais que definem as especificidades microclimáticas da microbacia estudada. Uma vez que esses agentes correspondem aos elementos naturais integrantes do próprio sistema ambiental em foco, a apresentação é feita de modo a caracterizar os diferentes geoambientes da área. Discute-se, igualmente, sobre os principais impactos decorrentes das intervenções humanas aí realizadas.

A metodologia empregada foi definida e implementada em função do conhecimento prévio do conjunto das características geoambientais da microbacia. Portanto, apenas no quinto capítulo é destacada a lógica de organização e execução dos procedimentos técnico-metodológicos adotados. Informações complementares, por exemplo, relacionadas aos instrumentos utilizados e à elaboração do material cartográfico, são também destacadas.

O sexto capítulo examina os dados obtidos conforme a metodologia assim estabelecida. Os eixos fundamentais, que guiam o desenvolvimento das ideias, são: a verificação dos papéis exercidos pelos fatores condicionantes regionais e locais; a análise do ritmo de sucessão dos estados de tempo; e a comparação entre os valores dos parâmetros estatísticos assumidos pelas variáveis climáticas, nos diferentes postos meteorológicos.

Finalmente, o sétimo capítulo apresenta as constatações, deduções e proposições, direcionadas ao cumprimento dos objetivos da pesquisa, principalmente no que se refere à relação existente entre o desmatamento e a dinâmica microclimática, no sistema ambiental da microbacia do Riacho Boqueirão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Teoria Geral dos Sistemas

2.1.1 A pertinência da Teoria Geral dos Sistemas para a Geografia Física

A mencionada teoria propiciou à Ciência um novo patamar de interpretação da realidade. Sua maior contribuição decorre de (VASCONCELLOS, 2006) ter-se pretendido à elaboração de um conhecimento *sintético*, competência esta que fosse capaz de torná-la uma ciência da totalidade, aplicável a todas as outras que tratem de objetos reconhecidos como *totalidades organizadas*. A TGS possibilitou o resgate do pensamento integrado e sistêmico, mediante a importância dada ao estudo das relações, do contexto e da dinâmica (TROPPMAIR; GALINA, 2006); vindo a configurar-se como um importante campo metodológico, objetivado em suplantar a fragmentação, por meio da percepção dos fenômenos a partir de sua interconectividade holística (CAMARGO, 2005).

No âmbito da Geografia Física, marcada até meados do século XX pela subdivisão em campos progressivamente específicos e pela inexpressividade do intercâmbio entre os mesmos (RODRIGUES, 2001), a TGS permitiu um exame mais unificado e integrativo do amplo conjunto dos aspectos integrantes do ambiente. Troppmair e Galina (2006) consideram que a sistematização dos conhecimentos sobre o ambiente, através do estudo de seus elementos, conexões e processos, foi possibilitada pela incorporação da visão sistêmica. Rodrigues (2001) acrescenta que tal incorporação foi o resultado da busca pela satisfação de certas necessidades da Geografia Física, tais como as de lidar com as noções de dinâmica, abordagem multiescalar, interdisciplinaridade e síntese. Dessa forma, “A perspectiva sistêmica certamente retardou ou talvez mesmo reverteu a tendência para a grande especialização e separação dos ramos da Geografia Física [...]” (GREGORY, 1992, p. 237). Daí, “[...] uma das maiores vantagens da visão sistêmica tem sido a de concatenar mais intimamente os ramos da Geografia Física e, deste modo, fazer da unidade do meio físico prospecto mais realista [...]” (WALTON, 1968 *apud* GREGORY, 1992, p. 233).

São vários os princípios básicos que fundamentam a TGS, bem como as transformações pretensamente implicadas em todo o conjunto da Ciência. Este trabalho destaca unicamente alguns dos preceitos da referida teoria, os quais se tornaram significativos ante aos propósitos da Geografia Física, em particular.

2.1.2 A abordagem holística como base da Geografia Física sistêmica

A TGS foi elaborada pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy, unanimemente reconhecido como um dos teóricos pioneiros na abordagem sistêmica (VASCONCELLOS, 2006). As proposições iniciais da teoria datam de 1925-1926 (BERTALANFFY, 1973), porém seu conhecimento e apropriação, por parte de diversos ramos científicos, só viriam a ocorrer a partir de meados do século XX (RODRIGUES, 2001).

Uma das principais preocupações que levariam o referido teórico à postulação da TGS está relacionada às limitações de certos pressupostos da Ciência Moderna¹, no que se refere à compreensão das especificidades verificáveis na organização de um organismo vivo (VASCONCELLOS, 2006). Para Bertalanffy (1973), um entendimento cabal sobre os seres vivos não pode ser viabilizado tomando-se como fundamentos a concepção mecanicista e o procedimento analítico, ainda que ambos sejam aspectos da Ciência Moderna com validade reconhecida em vários campos do saber.

Analizando as concepções relacionadas ao entendimento da natureza pela civilização ocidental, Christofolletti (1999) apresenta a visão mecanicista como aquela que percebe o mundo sob a forma de um conjunto de peças elementares separadas, porém integradas mediante o funcionamento similar ao de um relógio. Sua principal característica diz respeito ao “[...] estabelecimento de uma noção de natureza composta por fenômenos imbricados em uma cadeia de ligações necessárias” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 2), também chamadas de *séries causais lineares* ou *isoláveis* (BERTALANFFY, 1973). Tem-se como resultado, a interpretação da organização dos seres vivos, e de toda a natureza, sob as mesmas bases lógicas aplicáveis à compreensão das máquinas (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Quanto à abordagem analítica, a mesma é tida como um procedimento metodológico que objetiva o problema no nível mais inferior de sua complexidade hierárquica. O procedimento analítico é expresso por Bertalanffy (1973) como aquele pelo qual uma entidade é estudada a partir de sua divisão em diferentes partes, para sua posterior reconstituição, através da união entre as mesmas. Sua aplicação depende de duas condições: a inexistência de relações entre as partes – ou sua inexpressividade – e o alcance dos “processos totais” pela simples sobreposição dos “processos parciais”.

¹ Esta é definida por Vasconcellos (2006) como o paradigma tradicional de ciência, preponderante desde o século XVII, a partir da influência exercida pelas ideias de pensadores e cientistas como Bacon, Galileu, Descartes, Newton e Comte. É necessário observar o fato de a autora afirmar que a proposta de Bertalanffy não chega a superar o mencionado paradigma científico.

Em resumo, a Ciência Clássica [ou Moderna] tem como fundamento explicativo dos fenômenos naturais o método de seu isolamento do todo², sendo a superação deste modo de proceder separativo a principal contribuição da TGS (CAMARGO, 2005).

A partir de suas conclusões acerca do estudo das entidades vivas, tidas como totalidades complexamente organizadas e resultantes de um conjunto de *relações dinâmicas e interativas*, Bertalanffy (1973) vem a lançar as bases de uma concepção “*organísmica*”. Comparando sua abordagem à perspectiva mecanicista, o autor considera que

Contrariamente a este modo de ver, a concepção organísmica é básica na biologia moderna. É necessário estudar não somente as partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (BERTALANFFY, 1973, p. 53).

Desde então, esta nova forma de compreensão passa a ser considerada como uma formulação de caráter básico, e uma doutrina com aplicabilidade “universal” (ASHBY, 1958; BOULDING, 1956 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1979).

A proposição interpretativa organicista, já na condição de uma “*visão de mundo*”, corresponde, então, a uma concepção que considera o *ambiente* como formado por sistemas de organização similar ao dos organismos, sendo a analogia fundamental com as máquinas substituída por outra relacionada à dinâmica biológica dos sistemas orgânicos (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Essa concepção também está ligada a um tipo abordagem que pressupõe a análise do fenômeno

[...] em seu próprio nível hierárquico, e não em função do conhecimento adquirido nos componentes de nível inferior. Isso significa que ela procura compreender o conjunto mais do que suas partes e sugere que o todo é maior que a somatória das propriedades e relações de suas partes, pois há o surgimento de novas propriedades que não emergem do conhecimento das suas partes constituintes. Dessa maneira, leva a considerar as condições de emergência das novas qualidades, que geralmente devem estar relacionadas com o arranjo dos elementos, com a estrutura do sistema. Essa abordagem é denominada de *holística*, definida como a concepção de que o todo possui propriedades que não podem ser explicadas em termos de seus constituintes individuais (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 4, grifo do autor).

² Como já esboçado, a Geografia Física também foi submetida a esse ponto de vista dominante, quando (GREGORY, 1992) na primeira metade do século XX, apresentou tendência para o “especialismo”, substituindo a integração maior observada na Fisiografia do século XIX.

Embora seja dada esta importância ao reconhecimento do enfoque holístico, sua valorização não deve implicar na negação do *procedimento analítico*, tal como este foi apresentado por Bertalanffy (1973). À expressão “procedimento analítico”, Christofolletti (1999) daria o sinônimo de “reducionismo”. Tratando sobre a relação entre estas duas abordagens, o autor considera que

Torna-se inadequado entender que haja oposição entre as perspectivas reducionista e holística. Elas complementam-se e se tornam necessárias aos procedimentos de análise em todas as disciplinas científicas. O fundamental é sempre estar ciente da totalidade do sistema abrangente, da complexidade que o caracteriza, e da sua estruturação hierárquica. A abordagem reducionista vai focalizando elementos componentes em cada nível hierárquico do sistema, mas em cada hierarquia também se pode individualizar as entidades e compreendê-las em sua totalidade. Sob uma concepção reformulada, substitui a antiga concepção de analisar parte por parte e, depois, realizar a síntese (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 4).

É justamente este procedimento de consideração do todo, e, simultaneamente, de suas partes individualizadas, estudadas como totalidades em si, repletas de outros subcomponentes tratáveis na forma de um novo complexo de elementos, que permite a compatibilização entre as duas abordagens³.

Toda essa construção teórica tem no conceito de *sistema* sua base de referência primordial. O mesmo vem a ser definido como “[...] uma ordem dinâmica de partes e processos em mútua interação [...]” (BERTALANFFY, 1973, p. 277), ou também como “[...] um conjunto de elementos quaisquer ligados entre si por cadeias de relações de modo a constituir um todo organizado [...]” (MACIEL, 1974 *apud* CAMARGO, 2005, p. 54). Tais definições já denotam o desígnio de superar aquela visão científica predominantemente separativa, ao sugerirem a consideração dos aspectos relacionados à interação, à dinâmica, aos processos, à organização e à visão integral dos fatos.

Assim conceituados, os sistemas são dotados de características singulares, cujo exame proporciona novas possibilidades de interpretação dos fenômenos, algumas das quais, discutidas no subtópico seguinte, ao se considerar a natureza dos *sistemas ambientais*.

³ No âmbito dos estudos de Geografia Física, Christofolletti (1999, p. 1) também ressalta a complementaridade entre ambas as perspectivas, quando afirma: “A abordagem holística sistêmica é necessária para compreender como as entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se em organizações espaciais, se estruturam e funcionam como diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de aninhamento. Simultânea e interativamente há necessidade de focalizar os subconjuntos e partes componentes em cada uma delas, a fim de melhor conhecer seus aspectos e as relações entre eles. A abordagem reducionista também se enquadra como básica na pesquisa dos sistemas ambientais, sem contraposição com a holística”.

2.2 Conceitos fundamentais

2.2.1 Sistema ambiental

Configura-se como o mais amplo conceito resultante da aplicação do pensamento sistêmico, por parte da Geografia Física. Para sua melhor caracterização, um sucinto esclarecimento acerca do que seja o *ambiente* torna-se também necessário.

Marques (2005) evidencia a grande abrangência do significado deste termo, a ponto de distinguir diversos aspectos associados à sua definição, tais como o *natural*, o *artificial*, o *cultural*, dentre outros; o autor também destaca a interdependência entre todos esses diferentes vieses. Para esta pesquisa, importa de maneira mais significativa o ambiente *natural* ou *físico*, entendido como “[...] aquele composto dos elementos existentes na natureza, para cuja criação não concorreu o homem” (MARQUES, 2005, p. 43). A partir dessa definição, pode-se observar que as condições determinantes para a caracterização de um ambiente físico não-necessariamente são anuladas caso este seja posteriormente submetido a interferências provocadas pela ação humana. Ou seja, embora a sociedade altere parte de sua organização dinâmica, os elementos de origem natural continuam a compor e a possibilitar a configuração dos ambientes físicos.

Ross (2003) esclarece que a composição dos ambientes físicos é dada pela junção das diferentes esferas naturais do planeta: litosfera, hidrosfera, (baixa) atmosfera e biosfera; indicando que as complexas articulações estabelecidas entre estes domínios, ao gerar os mais diferentes ambientes, conforma aquilo que se tem chamado de *sistemas ambientais*. Christofolletti (1999, p. 37) aprofunda a matéria, e define esta categoria de análise como

[...] a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos). É o campo de ação da Geografia Física. Os sistemas ambientais físicos possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação areal dos fluxos de matéria e energia entre os seus componentes.

Ainda conforme o mencionado autor, o estudo dos sistemas ambientais objetiva-se na compreensão dos modos de organização dos elementos físicos e biogeográficos, tanto a partir de um ponto de vista *espacial*, quanto *temporal*. Tal procedimento deve se pautado pelo discernimento dos constituintes do sistema, pelo exame dos fluxos de matéria e energia, e pela definição das variáveis de análise mais relevantes.

Tomando como base o trabalho de Christofolletti (1979), estes aspectos podem ser esboçados da seguinte forma: as diferentes partes, representantes das unidades fundamentais

dos sistemas, são identificadas como *elementos*; possibilitando a interdependência entre o sistema e seu universo exterior, ou entre os vários elementos (subsistemas) internos, têm-se as *relações*; essas relações expressam-se mediante *fluxos* de matéria e energia, sendo que, quando tais fluxos adentram pelos sistemas ou subsistemas, verificam-se as *entradas*, e, de maneira oposta, dão-se as *saídas*; as características, mensuráveis ou não, que são associáveis aos sistemas, aos elementos, às relações, ou aos fluxos de caráter intrassistêmico, são designadas como *atributos*; já os *parâmetros* são atinentes às entradas de caráter extrassistêmico, que atuam como fatores determinantes do fornecimento de matéria e energia, e, portanto, como controladores da dinâmica do sistema.

Christofolletti (1979) afirma ainda que, devido ao fato de serem *abertos* às entradas de matéria e energia, e ao constante inter-relacionamento entre todos os seus constituintes, os sistemas normalmente tendem para o alcance de um determinado estado de equilíbrio, identificado como *equilíbrio dinâmico*. Tal tendência manifesta-se em função do elevado grau de interatividade entre todos aqueles aspectos integrantes do sistema, o que torna sua dinâmica de organização interna relativamente flexível, e possibilita certos ajustamentos a eventuais alterações na natureza ou na intensidade dos parâmetros controladores externos.

Flutuações ocorridas nestes parâmetros, desde que compatíveis com uma faixa de tolerância determinada pela estrutura e pela organização do sistema⁴, não promovem modificações significativas nas características deste último, uma vez que sua atual organização é capaz de absorver os impactos decorrentes dessas flutuações. Segundo Christofolletti (1999, p. 114), isso se deve à manifestação de dois aspectos:

O primeiro refere-se à *resistência*, que é a capacidade do sistema em permanecer sem ser afetado pelos distúrbios externos [...]. As flutuações observadas nas forças controladoras não ocasionam conseqüências no sistema. O segundo refere-se à *resiliência*, refletindo a capacidade do sistema em retornar às suas condições originais após ser afetado pela ação de distúrbios externos. [...] ela determina a persistência das relações internas [...]. O sistema mantém sua estrutura e características, embora nem sempre os mesmos valores nos atributos dos elementos.

Especificamente nestes casos, o equilíbrio dinâmico (DREW, 1994) caracteriza-se pela oscilação do sistema em torno de uma situação média.

Caso a magnitude das flutuações supere a faixa de tolerância mencionada anteriormente, a ruptura da estabilidade do sistema desencadeia uma trajetória de readaptação, que o leva ao alcance de um equilíbrio dinâmico modificado, adaptado às novas imposições

⁴ A estrutura corresponde ao *arranjo* expresso pelos elementos e suas relações (CHRISTOFOLETTI, 1979). Já a organização poderia ser entendida como a *ordem dinâmica dos processos*, fundamentada nessa estrutura.

advindas do universo externo ao sistema (CHRISTOFOLETTI, 1979). Ou seja, uma significativa modificação dos parâmetros controladores impede a regressão do sistema ao seu estágio anterior, e o conduz ao estabelecimento de um equilíbrio dinâmico que se estabelece, conforme as palavras de Drew (1994), em um diferente nível de operação.

Esta capacidade de readaptação dos sistemas os confere a possibilidade de progressão no sentido de estágios de ordenamento mais complexos, fenômeno este conhecido como *auto-organização*. Caracristi (2006, p. 37), define esta propriedade como

[...] a emergência espontânea de novas estruturas e de novas formas de comportamento em sistemas abertos [...], caracterizados por laços de realimentação internos: a criação de novas estruturas e de novos modos de comportamento (emergências, padrões espaço-temporais) nos processos de desenvolvimento e evolução dos sistemas.

Tal propriedade revela o elevado nível de complexidade assumido pelos sistemas ambientais, fato que torna necessária a adoção de uma perspectiva não-separativa, quando da realização de estudos acerca destes objetos de análise.

Finalmente, é necessário comentar o seguinte fato: Christofolletti (1999) utiliza a expressão *sistema ambiental* como sinônima ao termo *geossistema*. Este termo, em conjunto com a atualmente chamada *Teoria Geossistêmica*, foram elaborados por Sotchava (1977), sendo sua proposta original posteriormente modificada por Bertrand (1972). Considerando que o termo *geossistema* está mais fortemente associado às concepções destes dois últimos autores, adota-se neste trabalho apenas a nomenclatura de *sistemas ambientais*, uma vez que as proposições de Christofolletti (1999) não-necessariamente confundem-se com o conjunto das ideias desenvolvidas por Sotchava (1977) e Bertrand (1972).

2.2.2 Microbacia hidrográfica

Em Geografia Física, as bacias hidrográficas são amplamente tratadas sob a forma de sistemas ambientais, tal como se verifica nos trabalhos de Rodrigues e Adami (2005), Christofolletti (1979, 1980, 1999), Coelho Netto (2003), Cunha e Guerra (2003), Botelho e Silva (2007) e Botelho (1999).

Paralelamente, em todo o âmbito das ciências ambientais, torna-se cada vez mais intenso o emprego do conceito de bacia como unidade fundamental para a realização de trabalhos de planejamento e gestão ambiental, devido a certas características dessa unidade (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2004). Dentre algumas, poderiam ser destacadas: o fato de

apresentarem limites de caráter não-artificial, facilmente identificáveis (BOTELHO, 1999); de configurarem-se como “[...] sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos” (LORANDI; CANÇADO, 2002, p. 37), ou como um “[...] ecossistema hidrológicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos” (TUNDISI, 2005, p. 108); o qual inclui ainda o aspecto geomorfológico, relacionado ao hidrológico através de dinâmicas readaptativas, modificáveis pela ação das interferências humanas (COELHO NETTO, 2003; CUNHA; GUERRA, 2003).

Uma vez que se constitui num conceito hidrogeomorfológico (COELHO NETTO, 2003), a categoria de bacia hidrográfica tem sido tradicionalmente identificada nos termos de “[...] uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou por um sistema interligado de cursos de água tal que todos os caudais efluentes sejam descarregados através de uma única saída [...]” (LENCASTRE; FRANCO, 1984, p. 27).

Contestando o caráter estritamente bidimensional de definições deste gênero, bem como sua não-consideração quanto à contribuição por parte dos fluxos subsuperficiais, Rodrigues e Adami (2005) apresentam esta entidade

[...] como um sistema que compreende um volume de materiais, predominantemente sólidos e líquidos, próximo à superfície terrestre, delimitado interna e externamente por todos os processos que, a partir do fornecimento de água pela atmosfera, interferem no fluxo de matéria e de energia de um rio ou de uma rede de canais fluviais [rede hidrográfica]. Inclui, portanto, todos os espaços de circulação, armazenamento, e de saídas da água e do material por ela transportado, que mantêm relações com esses canais (RODRIGUES; ADAMI, 2005, p. 147).

Dessa forma, a delimitação de uma bacia deveria ser realizada a partir do reconhecimento da distribuição horizontal e vertical de todo o complexo de subsistemas e processos que afetam o funcionamento de uma determinada rede de canais, o que, em conjunto, conforma o sistema de uma bacia hidrográfica.

Apesar de não questionarem a validade da definição tradicional, Pires, Santos e Estevan del Prette (2002) ressaltam a necessidade de tornar mais abrangente o entendimento acerca das bacias, quando da utilização desta unidade em trabalhos de caráter ambiental. Os autores enfatizam que

Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de **BH** [bacia hidrográfica, grifo dos autores] envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d’água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos.

Do ponto de vista do planejador direcionado à conservação dos recursos naturais, o conceito tem sido ampliado, com uma abrangência além dos aspectos hidrológicos, envolvendo o conhecimento da estrutura biofísica da **BH**, bem como *das mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ambientais* [grifo nosso]” (PIRES; SANTOS; ESTEVAN DEL PRETTE, 2002, p. 17).

A partir destas considerações, conclui-se que o atual emprego da categoria de bacia, no interior de projetos de planejamento e gestão ambiental – incluindo os estudos que os antecedem –, deve englobar todo o conjunto dos aspectos constituintes desta unidade espacial. Tal necessidade é igualmente destacada por Queiroz (2010, p. 55), quando o mesmo afirma que “[...] estudar a BH implica em identificar os seus componentes principais, bem como suas relações com seu contexto [...]. Dentre os principais componentes podem-se citar: o uso do solo, aspectos geológicos, hidrológicos, áreas urbanizadas, clima, relevo, solos, etc.”. Dessa forma, outros enfoques, tais como o climático, podem igualmente ser ressaltados em trabalhos que tomem as bacias como referência.

Afora esta possibilidade do emprego de múltiplos enfoques, um aspecto mais geral, a ser forçosamente observado, corresponde à dimensão escalar das bacias adotadas nesses trabalhos.

Coelho Netto (2003) explica que as bacias assumem diferentes tamanhos, variando entre aquelas que apresentam apenas poucos metros quadrados, até outras muito maiores, tais como a do Rio Amazonas, por exemplo. Em sua hierarquia de organização, elas podem ser parceladas em bacias menores internas, as chamadas *sub-bacias*, definidas a montante de um determinado ponto, localizável em qualquer parte da extensão de um dado canal. Cada uma das diferentes sub-bacias pode ser entendida sob a forma de uma bacia hidrográfica “autônoma”, a depender do fato (SANTANA, 2003) de se considerar, ou não, os níveis hierárquicos superiores da rede hidrográfica, fazendo com que essa classificação seja sempre um procedimento de natureza relativa.

Botelho e Silva (2007), no entanto, ressaltam um importante aspecto de ordem semântica, o qual deveria ser verificado com cautela. Segundo estes autores, a adoção da categoria de sub-bacia, no âmbito dos trabalhos de caráter ambiental, implica na obrigatoriedade de que tais estudos considerem todo o contexto da bacia hidrográfica de ordem superior, paralelamente à inserção da sub-bacia nesse conjunto. Caso os objetivos do trabalho voltem-se, fundamentalmente, ao tratamento da sub-bacia como uma entidade “autônoma”, o emprego desta classificação poderia ser considerado como inadequado, conforme o raciocínio que se depreende.

Tomando essa discussão como base, os mencionados autores enfatizam a conveniência do termo *microbacia*, sugerindo que o mesmo não denotaria aquela forte necessidade de vínculo analítico entre a bacia considerada e uma eventual bacia de ordem superior, na qual possa estar incluída.

Embora não haja consenso sobre a acepção geral do conceito, Botelho e Silva (2007, p. 157) consideram que o mesmo apresenta um significado próprio, e deve ser empregado quando se estiver tratando de qualquer

[...] bacia hidrográfica cuja área seja suficientemente grande, para que se possam identificar as inter-relações existentes entre os diversos elementos do quadro socioambiental que a caracteriza, e pequena o suficiente para estar compatível com os recursos disponíveis (materiais, humanos e tempo), respondendo positivamente à relação custo/benefício existente em qualquer projeto de planejamento.

Botelho e Silva (2007) e Botelho (1999) destacam os princípios que estão rotineiramente presentes nos trabalhos que se utilizam desta categoria de análise, e que, portanto, já teriam tornado-se característicos de sua aplicação. Seriam três as características fundamentais a compor a estrutura deste conceito: a noção de escala, o aspecto relativo à natureza dos trabalhos, bem como o caráter prático referente à implementação desses mesmos trabalhos. Mais explicitamente, estes elementos evidenciam-se no enunciado de que as bacias de *tamanho menor* adequam-se de maneira mais eficaz às *necessidades de ordem logística*, sempre presentes em *trabalhos de caráter ambiental*.

Botelho (1999) entende que a escolha da bacia deveria ocorrer em função de sua extensão areal; tal procedimento visa à compatibilização entre os recursos materiais, técnicos, equipe de trabalho e tempo disponíveis, sendo o “[...] resultado de uma avaliação cuidadosa, envolvendo objetivos, recursos/custos e aplicações do projeto de pesquisa [...]” (BOTELHO; SILVA, 2007, p. 159). Com base nesses requisitos, a finalidade última seria responder de maneira satisfatória à relação custo / benefício (BOTELHO, 1999; BOTELHO; SILVA, 2007), facilitando a execução das várias etapas de trabalho, em projetos de estudo ou planejamento ambiental (BOTELHO, 1999).

Dado que a disponibilidade daquele conjunto de recursos pode variar de caso para caso, implicando na possibilidade de adoção de bacias de diferentes tamanhos, *não haveria a necessidade de uma delimitação precisa quanto à abrangência espacial das microbacias*.

Todo este conjunto de noções subsidia o conceito de microbacia aqui empregado. Adicionalmente, acredita-se que o mesmo ainda possa contribuir com o ressaltado que se pretende dar aos elementos geoambientais de caráter local. Dentre eles, destacamos os

microclimas, um dos principais aspectos a serem consideradas nos planos de gerenciamento de bacias hidrográficas, conforme Lorandi e Cançado (2002).

2.2.3 Microclima

A atmosfera terrestre é um corpo extremamente dinâmico e complexo, o que justifica o caráter interdisciplinar dos estudos objetivados no entendimento de suas características e processos. Versando sobre as ciências que tradicionalmente atêm-se ao seu exame, Vianello e Alves (1991, p. 379) discutem a situação da Climatologia, a qual, na perspectiva dos autores, “[...] não se enquadra inteiramente dentro da ciência meteorológica nem dentro da Geografia. Ela é uma ciência aplicada, cujos métodos são essencialmente meteorológicos, mas os objetivos e resultados basicamente geográficos”. Também Mendonça e Danni-Oliveira (2007) consideram a Climatologia como uma ciência situada entre a Geografia (Física) e a Meteorologia, porém sendo mais relacionada à primeira. Ainda que entre todas elas haja certo grau de interdependência, o tratamento por meio de ciências distintas foi convencionado pela necessidade de ressaltar os diferentes aspectos associados ao estudo da atmosfera.

Um dos mais importantes corresponde ao *tempo meteorológico*, o qual é tido como “[...] o estado momentâneo da atmosfera em um dado instante e lugar. Entende-se por estado da atmosfera o conjunto de atributos que a caracterizam naquele momento, tais como radiação [...], temperatura, umidade [...] e pressão [...]” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 13). O estudo do tempo é normalmente atribuído à Meteorologia, sendo realizado, segundo os autores mencionados, por meio da consideração individual dos variados fenômenos atmosféricos, e de sua previsão. A abordagem empregada é ainda fundamentalmente votada à consideração da alta troposfera e das camadas superiores a esta (ZAVATINI, 2000).

Outro dos mais significantes aspectos atmosféricos é atinente ao *clima*. Monteiro (2003, p. 12, grifo do autor) o define como “[...] o ritmo de sucessão habitual dos estados atmosféricos sobre os lugares”. Tendo como base esta definição, a Climatologia centra-se (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 14) no “[...] estudo da espacialização dos elementos e fenômenos atmosféricos [...]”, a partir do tratamento “[...] dos padrões de comportamento da atmosfera em suas interações com as atividades humanas e com a superfície do planeta [...]” (p. 15, grifo dos autores). Assim, a Climatologia (geográfica)

orienta-se para o reconhecimento das interações manifestadas nos baixos níveis troposféricos (ZAVATINI, 2000).

A conceituação desse aspecto atmosférico – o clima –, assim como apresentada por Monteiro (2003), resulta da adoção das proposições originais de Sorre (2006, p. 90), para o qual “[...] o ritmo é um dos elementos essenciais do clima”. O autor mostra que a noção tradicional de clima esteve presa

[...] à definição de Hann, [...] “o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em cada lugar da Terra”. Esta definição é simples e cômoda. [...] Porém, é insuficiente sob dois pontos de vista. Corresponde a uma média, isto é, a uma abstração inteiramente destituída de realidade e conduz a um abuso das médias aritméticas para caracterizar os elementos do clima. Apresenta em segundo lugar, um caráter estático e artificial, pois não menciona o desenvolvimento dos fenômenos ao longo do tempo (SORRE, 2006, p. 90).

Por este motivo, Sorre (1951 *apud* ZAVATINI, 2000) avalia como mais pertinente a análise da sucessão habitual ou excepcional dos valores absolutos, ou seja, (SORRE, 2006) a ordem sequencial de seus *extremos*, *amplitudes*, e *frequências*. Segundo Barros e Zavattini (2009, p. 256), tal perspectiva “[...] considera os estados da atmosfera em sua totalidade e não o estado médio, [...] o que significa que não deixa de lado os tipos excepcionais que as médias mascaram completamente”.

Monteiro (1976, p. 30) aprofunda a discussão em torno da concepção de ritmo, e o expressa como “[...] o encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados”. Conforme este autor, o ritmo faz parte da natureza intrínseca da própria atmosfera, daí a necessidade de tratamento de seus aspectos *dinâmicos*, por meio da análise da série dos estados de tempo em sua sucessão. O mérito fundamental da proposta seria o de evitar a supervalorização das propriedades *extensivas* da atmosfera (relacionadas aos seus aspectos de ordem puramente mensurável), direcionando a ênfase para as propriedades *intensivas* (referentes aos estados meteorológicos em si e seus desempenhos sequenciais).

Ao tratar sobre a essência do enfoque rítmico, Monteiro (1976, p. 98, grifos do autor) ainda evidencia a integração promovida a partir dessa perspectiva, quando declara que: “O *tempo* (meteorológico) é uma unidade discreta intensiva que se encadeia em seqüências, demonstrando padrões de desenvolvimento, que conduzem ao *ritmo* (habitual, extremos etc.) e por eles se chega ao conceito de clima (pelo menos o geográfico)”.

O único método capaz de possibilitar a adequada apreensão do ritmo climático de um determinado espaço corresponde ao ato de confrontar os valores das variáveis

fundamentais do clima – em unidades de tempo cronológico, no mínimo, diárias – com as informações relativas à circulação atmosférica regional durante cada dia (MONTEIRO, 1971 *apud* ZAVATINI, 2000). A ferramenta a ser empregada na execução deste método refere-se ao *gráfico de análise rítmica*, o qual, de acordo com Monteiro (1976, p. 30, grifo do autor), deve ser composto por “[...] longas faixas de representação diária concomitante de todos os atributos atmosféricos mensuráveis (e possíveis de obter) sobre um lugar, acompanhados da informação sobre o *sistema meteorológico* [...] atuante em cada dia”. Em se tratando de estudos sobre o ambiente, a grande valia desta abordagem decorre de a mesma permitir a análise *genética* dos tipos de tempo (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007), mediante as relações de causa e efeito que se estabelecem entre a circulação atmosférica regional e o ritmo climático local (MONTEIRO, 1971 *apud* BARROS; ZAVATTINI, 2009).

A mencionada relação de causa e efeito, para além de constituir-se num dos fatores genéticos dos tipos de tempo, também ajuda a evidenciar outros aspectos associados à compreensão da atmosfera, tal como as escalas de análise climática.

No que tange a esta última pauta, Nunes (1998, p. 71) defende o raciocínio de que “A escala de abordagem é um dos aspectos mais importantes das ciências atmosféricas, definindo numa pesquisa não apenas a área e período de abrangência, mas também as técnicas e os métodos a serem empregados em busca de seus objetivos”. Todavia, este mesmo autor, bem como vários outros (ANDRADE, 2005; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; MONTEIRO, 1976; VIANELLO; ALVES, 1991), indicam a grande falta de consenso acerca dessa matéria entre os estudiosos. Não obstante a utilidade das distinções escalares, Monteiro (1976) afirma a não-necessidade da determinação de limites absolutos entre as mesmas, na medida em que isto contrariaria os próprios princípios fundamentais da TGS, na qual se baseia sua concepção.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) entendem que as escalas climáticas correspondem a uma ordem hierárquica de grandezas, tanto de caráter espacial, quanto temporal. Em termos espaciais, as categorias mais utilizadas referem-se àquelas conhecidas pelas designações de *macro*, *meso* e *microclima*. Oke (1987, *apud* ANDRADE, 2005) considera que as categorias climáticas espaciais são sempre arbitrárias e artificiais, dado que os fenômenos atmosféricos são essencialmente contínuos; mas, que tal diferenciação resulta da necessária utilização de um corpo conceitual que se baseie em uma terminologia simplificada.

Tratando-se especificamente da categoria de microclima, conceito mais diretamente relacionado aos objetivos deste trabalho, Rudolf Geiger é apontado como o

pesquisador responsável pela sua idealização (MONTEIRO, 1976). Na perspectiva de Geiger (1990, p. 5) o termo é atinente ao clima da “[...] camada de ar junto ao solo [...]”, correspondente àquela “[...] inferior à altura convencionada de cerca de 2 m [...]”. O microclima está relacionado a “[...] diferenças horizontais em pequenas áreas, causadas pelas diversas características do solo e sua humidade, por diferenças mínimas de declive do solo e pelo tipo e altura da vegetação que o cobre” (GEIGER, 1990, p. 6). Outras escalas, vertical ou lateralmente mais abrangentes, não dariam conta das especificidades atmosféricas que decorrem da interação direta entre tal camada de ar e o mencionado conjunto de elementos geoambientais.

Semelhantemente, Vianello e Alves (1991, p. 380) definem a Microclimatologia como a “[...] caracterização dos aspectos climáticos da baixa camada atmosférica, próxima ao solo, e dos fatores que os controlam”. Tarifa e Sette (2009) consideram que os controladores meteorológicos de microescala são representados pelos aspectos diretamente ligados à natureza da superfície, tal como a cobertura do solo, por exemplo. Adotando uma interpretação similar, Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 24) afirmam que os fatores condicionantes dos microclimas correspondem “[...] ao movimento turbulento do ar na superfície [...], a determinados obstáculos à circulação do ar, a detalhes do uso e da ocupação do solo, entre outros”.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 24) ainda propõem a definição de uma magnitude espacial mais precisa para os microclimas, mencionando que os mesmos estariam relacionados a áreas que variam “[...] de alguns centímetros a até algumas dezenas de m²”; delimitação que se apresenta em conformidade com a sugerida por Monteiro (1976). Não muito diferente é a proposta de Andrade (2005, p. 72), quando defende que “[...] a dimensão típica [dos microclimas] pode ir até cerca de uma centena de metros”; afirmação compatível com as ideias de Ayoade (1996).

Estas definições, que quantificam tão precisamente a dimensão espacial dos microclimas, não são rigorosamente aplicáveis à realidade, do que resulta sua validade eventualmente discutível. Sua exposição, aqui, unicamente contribui com a elaboração de uma noção geral acerca da natureza do conceito em discussão.

Considera-se, na verdade, que o dimensionamento da escala microclimática torne-se mais válido mediante a definição dos *fatores controladores do clima*, especificamente nessa ordem de magnitude. A esse respeito, são pertinentes todas as considerações de caráter *qualitativo*, anteriormente expressas nas colocações de Geiger (1990), Vianello e Alves (1991), Tarifa e Sette (2009), e Mendonça e Danni-Oliveira (2007).

Com relação à hierarquia escalar temporal, os fenômenos microclimáticos manifestam-se em intervalos variáveis entre a ordem da duração de minutos, a até o período de um dia completo. Sua análise enquadra-se dentro da escala *contemporânea* de tempo (enquanto estudos macro e mesoclimáticos consideram intervalos cronológicos de magnitudes geológica e histórica, respectivamente).

A perspectiva climatológica rítmica comporta o exame de séries de dados menos extensas, ainda que a qualidade das interpretações seja reconhecidamente proporcional à extensão temporal dos registros (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA REGIONAL E O CLIMA SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

Conforme destacado no capítulo anterior, qualquer tentativa de explicação do ritmo climático de um espaço específico demanda o reconhecimento dos processos que se dão em escala regional, na medida em que estes condicionam, em parte, o comportamento verificável sobre o âmbito local (MONTEIRO, 1971 *apud* ZAVATINI, 2000). Este procedimento compactua com as observações de natureza teórica, apresentadas por Christofolletti (1999), quando expressa a necessidade de destacar as relações que se estabelecem entre sistemas de diferentes ordens hierárquicas. Considerando esse imperativo, apresenta-se uma síntese das características e processos que distinguem o *clima semiárido* do NEB.

3.1 Caracterização geral

Essa tipologia climática abrange, segundo Ab'Sáber (2008), os espaços representados pelos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, estendendo-se daí até o nordeste de Minas Gerais e vale médio inferior do Rio São Francisco. A mais significativa expressão fisiográfica da *região climática*¹ semiárida relaciona-se à sua cobertura vegetal, representada pela caatinga. A área, que abrange de 700 mil a 850 mil km², corresponde às extensas depressões interplanálticas sertanejas, elaboradas em litologias cristalinas, e compostas por solos de reduzido desenvolvimento vertical. A hidrografia é formada por rios de caráter intermitente e drenagem exorréica.

Apenas pontilhando eventualmente esse domínio morfoclimático / biogeográfico têm-se os chamados “*brejos*”, identificados como localidades úmidas e florestadas (AB'SÁBER, 2008). Tais localidades são produto de sua topografia elevada, considerando que “As saliências locais do relevo abreviam o período seco, enquanto as depressões o prolongam [...]” (NIMER *et al.*, 1979, p. 341). Situações relacionadas à orientação e posicionamento das vertentes configuram modificações geoambientais expressivas, referentes à atenuação da semiaridez sobre as vertentes de barlavento, ou sua acentuação, ao longo das vertentes de sotavento e depressões associadas (CONTI, 2005).

¹ Uma região climática (escala mesoclimática) é definida como o espaço no qual “[...] a combinação de diversos elementos e fatores resulta em um conjunto de condições climáticas relativamente homogêneo entre diferentes lugares” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 114).

Ainda conforme Conti (2005, p. 9), “No conjunto do quadro regional as médias térmicas são elevadas, acima de 26° C e a evaporação é intensa, produzindo acentuado déficit hídrico [...]”. Segundo Ab’Sáber (2008), a forte sazonalidade é expressa pela oposição entre os períodos seco e úmido do ano, com estiagem prolongada de inverno e chuvas de verão. As médias anuais de precipitação estão entre os extremos de 268 e 800 mm, porém tais valores servem apenas como uma normatização de referência, devido à grande variabilidade climática interanual, no que concerne às chuvas. Esta irregularidade do clima semiárido confere ao domínio morfoclimático das depressões interplanálticas a ocorrência de anos com fortes estiagens, bem como de outros marcados por grandes inundações.

No tocante à sazonalidade da precipitação, Nimer *et al.* (1979, p. 340-341) também destacam a concentração estacional do período chuvoso, indicando que

[...] o regime de precipitação se caracteriza, sobretudo, pela existência de uma estação relativamente muito chuvosa, na qual se fazem presentes chuvas torrenciais, enquanto que um período, de duração variável, se constitui em muito seco, cujas chuvas, além de serem raras, são pouco copiosas.

Especificamente no que se refere à época de ocorrência do período chuvoso, é extrema a *regularidade* com que se manifesta este aspecto, pois “[...] *embora sejam muito irregulares os totais pluviométricos da estação chuvosa, esta se dá [...] quase sempre nos meses de verão-outono, mesmo nos anos cuja estação chuvosa se constitui numa simples força de expressão*” (NIMER *et al.*, 1979, p. 51-52, grifo dos autores).

Como indicado por estes autores, o fato de o período de chuvas apresentar-se com essa regularidade sazonal não implica na sucessão contínua de anos que totalizam valores pluviométricos sempre próximos às médias climatológicas. Os totais anuais estão sujeitos à extrema variabilidade, com valores, às vezes, grandemente afastados dos normais. No setor norte da região climática semiárida, o desvio médio, positivo ou negativo, alcança índices superiores a 50%, que se configuram como alguns dos mais expressivos em todo o mundo. Além disso, a frequência com que ocorrem fortes desvios negativos de precipitação é superior àquela em que se dão desvios positivos de igual magnitude. Isso mostra ser mais recorrente a situação que é gerada nos anos de baixos totais pluviométricos, quando “[...] não apenas o período seco torna-se bem mais prolongado que a duração média, como ainda as poucas chuvas que normalmente ocorrem nessa época costumam ficar praticamente ausentes” (NIMER *et al.*, 1979, p. 352).

Em decorrência de características tais como estas, Kayano e Andreoli (2009) afirmam que o NEB, quando se considera apenas o seu posicionamento latitudinal, não apresenta uma distribuição pluviométrica equiparável com as demais áreas pertencentes à zona equatorial. As principais causas desse conjunto de fatos, com ênfase sobre os aspectos relacionados à região semiárida, constituem a matéria discutida no subtópico seguinte.

3.2 Gênese e dinâmica do clima semiárido nordestino

O estado do tempo em uma dada região é decorrente das características das massas de ar atuantes sobre sua área (FERREIRA, 2006; TUBELIS; NASCIMENTO, 1980). Consequentemente, o estudo da dinâmica desses corpos torna-se um elemento importante para o entendimento dos climas (AYOADE, 1996).

Uma *massa de ar* corresponde a grandes porções aerológicas, caracterizadas pela significativa uniformidade de suas propriedades termodinâmicas, principalmente no que se trata da temperatura e umidade. Tal uniformidade é adquirida quando essas porções de ar permanecem por período de tempo suficientemente longo sobre uma determinada região, a qual interage com a massa sobrejacente, vindo a influenciar na determinação de suas propriedades (VIANELLO; ALVES, 1991). Conforme Ayoade (1996), as condições que permitem a certa parte da superfície terrestre tornar-se uma região-fonte de massas de ar relacionam-se à homogeneidade física e à grande extensão de sua área. De igual modo, estas regiões devem apresentar suficiente estagnação da circulação atmosférica, para permitir que a massa adquira as propriedades condicionadas pela superfície subjacente, o que torna os espaços sujeitos a sistemas de circulação anticiclônica os principais produtores de massas de ar (TREWARTHA, 1968 *apud* AYOADE, 1996).

Ainda de acordo com Ayoade (1996, p. 110), os *anticiclones* “[...] são grandes sistemas meteorológicos [...] caracterizados por uma região central de ventos leves e de subsidência”. Estes sistemas apresentam valores de pressão atmosférica mais elevados do que as áreas ao seu entorno, o que promove a divergência do ar em superfície, a partir de seu núcleo (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). O efeito de Coriolis promove o processo de circulação desses ventos, ocasionando a movimentação em sentido anti-horário, verificável no Hemisfério Sul (HS), e em sentido horário, no Hemisfério Norte (HN). Os anticiclones são, basicamente, gerados sobre os oceanos, embora também avancem sobre os continentes. Suas características meteorológicas típicas correspondem a tempo estável, relacionado a céu sem nuvens, ou com pouca nebulosidade (OLIVEIRA; VIANELLO; FERREIRA, 2001).

Estas características devem-se à manifestação, no interior dos sistemas anticiclônicos, dos fenômenos conhecidos como *compressão* e *aquecimento adiabáticos*. Tubelis e Nascimento (1980) esclarecem que estes processos são desencadeados pela subsidência de uma parcela de ar, em direção a camadas mais inferiores da atmosfera. Os baixos níveis da atmosfera estão submetidos a maiores valores de pressão, o que acarreta a diminuição do volume do corpo de ar subsidente. Concomitante à compressão desse corpo, ocorre em seu interior (AYOADE, 1996) o aumento da concentração de energia térmica por unidade de volume, que resulta – sem a necessidade de recebimento de calor externo – na elevação da temperatura da parcela de ar em subsidência. A capacidade de retenção de vapor d'água pela atmosfera é proporcional à sua temperatura, portanto, o ar aquecido torna-se menos sujeito à perda de vapor através da condensação. Em outras palavras, o aquecimento de origem adiabática promove a diminuição da umidade relativa do ar descendente, dificultando a ocorrência dos processos de condensação, formação de nebulosidade e precipitação (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980). Tais fatos explicam as mencionadas características de tempo, associadas aos anticiclones.

Outro fenômeno gerado por esses sistemas meteorológicos relaciona-se às *inversões térmicas*. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) esclarecem que a troposfera (camada mais baixa da atmosfera) apresenta um resfriamento contínuo, à medida que se progride em altitude. No entanto, o aquecimento adiabático pode dar origem, em níveis superiores da troposfera, a uma superfície de inversão térmica, acima da qual ocorrem temperaturas mais elevadas do que as predominantes nos níveis inferiores. Esta configuração dificulta a movimentação vertical do ar, dado que o ar inferior mais frio (e mais denso), não dispõe das condições termodinâmicas favoráveis à sua ascensão até os níveis superiores da troposfera, ocupados pelo ar mais quente (menos denso).

Uma vez dificultada a movimentação vertical, dificulta-se também uma das principais formas de geração de precipitação, correspondente ao mecanismo de *convecção*, pelo qual o aquecimento inicial de uma determinada porção de ar acarreta a diminuição de sua pressão, e sua subsequente ascensão. Durante essa elevação, ocorrem os processos de *descompressão* e *resfriamento adiabáticos*, que proporcionam o aumento da umidade relativa e o favorecimento às chuvas, pois são perfeitamente opostos aos demais processos adiabáticos já expostos, inclusive no que diz respeito aos efeitos sobre as condições do tempo (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Porém, quando se manifesta o fenômeno das inversões térmicas, predomina a subsidência atmosférica, e, portanto, (DIAS; SILVA, 2009) a formação de verdadeiras “tampas”, que impedem a ascensão do ar e a formação de chuvas.

Todas essas considerações serviram para embasar a ideia fundamental de que (NIMER *et al.*, 1979) uma das principais causas da existência do clima semiárido nordestino relaciona-se ao predomínio de uma massa de ar oriunda do *Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul* (ASAS)²; ou, mais propriamente, relaciona-se ao fato de que (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980) *o NEB é alcançado por uma parte específica dessa massa, marcada por uma inversão térmica ocorrente em níveis muito próximos à superfície*.

O ASAS é um sistema permanente de altas pressões, cujo núcleo apresenta uma posição média próxima às coordenadas de 30°S e 25°W (PEZZI; SOUZA, 2009), sendo promotor dos mesmos processos e condições de tempo anteriormente indicados como características gerais dos anticiclones.

Vianello e Alves (1991) mencionam que o ASAS configura-se como o agente formador da *massa tropical atlântica* (MTA), cuja inversão térmica separa duas diferentes camadas: a superior, formada por ar subsidente quente e seco; e a inferior, constituída por ar úmido e menos aquecido, devido ao seu contato com a superfície oceânica. Conforme Nimer *et al.* (1979), a altitude em que se situa a inversão térmica na MTA apresenta uma variação lateral, ocorrendo a 1500 m de altitude no setor ocidental do ASAS (proximidades da costa sul-americana), e a 500 m no seu setor oriental (proximidades da costa africana). No setor ocidental, tangencia o litoral brasileiro uma corrente marítima quente, que promove o aquecimento do ar, instabilizando-o e tornando-o mais sujeito à apresentação de movimentos ascendentes (e às chuvas), o que implica na maior da altitude da inversão térmica. Já no setor oriental, a menor altitude da inversão seria decorrente do fenômeno contrário, pois (FERREIRA, 2006) ao longo da costa oeste da África existe uma potente corrente marítima fria. As correntes frias estabilizam o ar ao resfriá-lo, tornando-o menos sujeito à movimentação ascendente (e, dessa forma, à geração de pluviosidade) (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Assim formada, a MTA passa a irradiar-se através dos ventos divergentes gerados a partir do ASAS. Os ventos superficiais que se deslocam dos anticiclones subtropicais em

² Na bibliografia consultada, não há consenso acerca da nomenclatura, ou conformações, dos sistemas meteorológicos, massas de ar e processos atmosféricos. Neste trabalho, ao se fazer menção a tais elementos, serão efetuadas certas adaptações, visando à necessária apresentação de um esquema coerente. Consequentemente, a identificação desses elementos, algumas vezes, não será feita a partir dos mesmos termos e expressões utilizados pelos autores consultados. A preferência será dada à nomenclatura mais atual, embora sempre se esteja a fazer referência rigorosa aos mesmos fenômenos.

direção às regiões equatoriais são chamados de *alísios*, e atingem tais regiões como ventos de leste, sudeste (HS), ou nordeste (HN) (FERREIRA, 2006). *Ocorre que são justamente os alísios de sudeste, provenientes do setor oriental do ASAS (os quais carregam a porção da MTA menos sujeita à instabilidade, devido à sua inversão térmica situada em baixos níveis altimétricos), que atingem e predominam sobre o NEB* (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980), *acarretando seus já mencionados efeitos sobre as condições climáticas regionais.*

Essa circulação atmosférica, e sua influência sobre o NEB, ainda apresentam uma sazonalidade também determinada pela variabilidade na dinâmica do ASAS. Conforme Pezzi e Souza (2009), este anticiclone tem sua intensidade associada à variação na quantidade de energia que recebe ao longo do ano. Principalmente durante o inverno, a diminuição no recebimento de energia solar pelo HS, e o rebaixamento geral das temperaturas, proporcionam o aumento das pressões, o que determina o incremento da intensidade do ASAS, na medida em que o mesmo se constitui num sistema de altas pressões. Isso justifica o período de escassez pluviométrica do NEB, que se estende normalmente de maio a dezembro (meados de outono a fins da primavera), temporada que concentra a fase de maior força e atuação do ASAS (NIMER *et al.*, 1979).

O conjunto desses processos corresponde à causa principal daquelas características climáticas gerais, abordadas inicialmente. Todavia, outros aspectos contribuem com a definição mais particular do quadro apresentado pela região semiárida, diferenciando-a dos demais espaços integrantes do NEB. Estes aspectos relacionam-se ao fato de a região semiárida não ser significativamente afetada pela maioria dos sistemas promotores de precipitação que atuam sobre os espaços regionais adjacentes (NIMER *et al.*, 1979). Como consequência, a mesma encontra-se praticamente isolada dos sistemas meteorológicos que determinam a gênese de climas mais úmidos sobre os espaços circundantes. As causas desse relativo isolamento serão agora consideradas.

Os ventos alísios originados no ASAS são, ainda que apenas eventualmente, agentes transportadores de sistemas promotores de chuva, correspondentes às chamadas *ondas de leste*. Tais ondas atmosféricas deslocam-se de leste para oeste, e são responsáveis pelo desaparecimento da inversão térmica na MTA, o que vem a ocasionar precipitações de magnitudes variadas. O fenômeno é desencadeado pelo avanço da *massa polar atlântica* (MPA) até às latitudes tropicais, onde estes frios ventos de origem polar são incorporados pelos alísios, passando a os desestabilizar (NIMER *et al.*, 1979; TUBELIS; NASCIMENTO, 1980).

As ondas de leste exercem um papel significativo na promoção de processos convectivos sobre o litoral nordestino (MACHADO *et al.*, 2009), atuando desde a costa do estado da Bahia até a do Rio Grande do Norte, principalmente durante o inverno, quando o maior gradiente térmico entre equador e polo-sul confere mais força à MPA, impulsionando-a até latitudes mais baixas. Porém, as precipitações provocadas pela instabilidade no litoral dificilmente vão além dos relevos das serras da Borborema e Diamantina, mantendo o interior do continente sob a ação exclusiva da MTA, novamente estabilizada a oeste dos espaços alcançados pelas ondas de leste (NIMER *et al.*, 1979).

Ainda segundo Nimer *et al.* (1979), as porções austrais do NEB também são influenciadas pela ação da MPA, mais especificamente, pela chegada de *frentes frias* a esses espaços. Tais frentes constituem outro dos sistemas indutores de precipitação, que atuam sobre os setores marginais à região semiárida.

Uma frente refere-se à superfície de descontinuidade formada na zona de transição entre duas massas de ar de propriedades diferentes. Quando uma massa formada por ar frio desloca-se em direção a uma de ar quente, substituindo-a, tem-se a configuração de uma frente fria. Esta movimentação do ar frio, bem como a maior densidade do mesmo, determinam a geração de uma superfície de descontinuidade entre as massas, marcada pelo seu acentuado aclave, sobre o qual o ar quente é levado a ascender, resultando frequentemente na geração de breves, porém, intensas precipitações (OLIVEIRA; VIANELLO; FERREIRA, 2001).

Sobre o NEB, as frentes frias são fundamentalmente atuantes até o sul da Bahia, área que registra (CAVALCANTI; KOUSKY, 2009) entre cinco e dez eventos anuais de suas passagens. Ao longo da primavera e do verão, as frentes frias raramente conseguem ultrapassar o paralelo de 15°S. Já durante o inverno, a maior força e frequência do fenômeno possibilitam incursões máximas da MPA até o litoral de Pernambuco, o que, entretanto, não altera as condições reinantes no interior, o qual permanece sob ação da MTA (NIMER *et al.*, 1979).

O terceiro sistema produtor de chuvas, ocorrente nas imediações da região semiárida, é representado pelas *linhas de instabilidade* oriundas da *massa equatorial continental* (MEC). Conforme Vianello e Alves (1991), linhas de instabilidade correspondem a longos aglomerados de nuvens de chuva, eventualmente causadores de intensas precipitações nos locais por onde se deslocam. Na região amazônica, área dominada pelas elevadas temperatura e umidade da MEC, estas depressões barométricas são devidas ao forte aquecimento do período diurno.

Parte dessas depressões consegue alcançar os espaços que vão do noroeste da Bahia ao noroeste do Maranhão, sendo o verão a estação de ocorrência mais significativa desse fenômeno (NIMER *et al.*, 1979). Todavia, a partir do Piauí, sua marcha de deslocamento é interrompida pelo domínio da MTA (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980).

Toda essa configuração da circulação atmosférica regional determina a geração daquele quadro de isolamento frente aos sistemas produtores de chuva, na medida em que tanto as ondas de leste, quanto as frentes frias e as linhas de instabilidade de origem amazônica são impedidas de atuar significativamente sobre a região semiárida³ (NIMER *et al.*, 1979).

Não obstante, pelo menos no que se refere ao setor setentrional do NEB, outros sistemas meteorológicos respondem pela geração de processos convectivos e pela promoção de eventos pluviométricos sobre este espaço. O mais importante de todos esses sistemas corresponde à *Zona de Convergência Intertropical* (ZCIT).

A ZCIT configura-se na zona de convergência dos alísios, gerada nas áreas equatoriais dos oceanos Pacífico, Atlântico e Índico, e em suas adjacências continentais, espaços marcados por elevadas temperaturas e baixas pressões (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009). Sobre o Atlântico, o ASAS e seu correspondente no HN, o *Anticiclone Subtropical do Atlântico Norte* (ASAN), respectivamente constituem as fontes de origem dos alísios de sudeste e de nordeste, cuja ascensão conjunta condiciona a formação dessa zona de nebulosidade e chuva abundantes (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

Segundo Waliser e Gautier (1993 *apud* MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009), a atuação da ZCIT faz-se, preferencialmente, próxima aos limites entre as zonas equatoriais e tropicais do HN, devido à predominância de águas mais quentes nessa região. Isso está relacionado ao fato (NIMER *et al.*, 1979) deste hemisfério apresentar temperaturas médias mais elevadas, em função de sua maior área continental, quando comparado ao HS. Além disso, as menores temperaturas reinantes no HS conferem (FERREIRA, 2006) grande vigor ao ASAS durante considerável parte do ano, implicando na maior potência dos alísios de sudeste, que mantêm a ZCIT deslocada para além da linha do equador, na região do Atlântico.

A partir dessas informações, constata-se que o posicionamento da ZCIT sobre o Atlântico é determinado pela localização da zona de maior *temperatura da superfície do mar* (TSM), e pela dinâmica dos anticiclones subtropicais deste oceano. De acordo com Nimer *et*

³ O isolamento da região semiárida frente a esses sistemas meteorológicos não é absoluto, dado que os mesmos podem atuar, ainda que de modo circunstancial, sobre a mencionada região. Como forma de exemplo, pode-se considerar o caso das ondas de leste, as quais (FERREIRA; MELLO, 2005) eventualmente chegam a avançar até às porções centro-norte do estado do Ceará, provocando precipitações sobre esses espaços.

al. (1979), o período de maior força do ASAS vai de maio a dezembro, com o pico de sua intensidade ocorrendo em julho (inverno). Kayano e Andreoli (2009) mostram que essa situação promove o avanço da ZCIT em direção a norte, alcançando suas posições mais setentrionais, normalmente entre 10 e 14°N, apenas em agosto-setembro, quando a zona de máxima TSM situa-se sobre as mencionadas latitudes. Nestes dois meses, o enfraquecimento dos ventos de nordeste, provenientes do ASAN, também facilita o deslocamento boreal da ZCIT. Por outro lado, o período de menor atividade do ASAS dá-se entre janeiro e abril (início do verão a início do outono), tendo o seu mais baixo vigor registrado no mês de janeiro (NIMER *et al.*, 1979). Esta configuração, aliada à intensificação do ASAN, que já se inicia desde novembro e prolonga-se até fevereiro, condiciona o avanço da ZCIT em direção a sul, ao longo dos meses de janeiro e fevereiro. Suas posições mais meridionais, em média, situadas em torno dos 4°S, somente ocorrem em março-abril, momento em que a zona de maior TSM deslocou-se para os arredores desta latitude (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

A modificação do ângulo de inclinação dos raios solares entre os dois hemisférios, ao longo do ano, promove uma variação na intensidade do recebimento de radiação, e, conseqüentemente, um gradiente norte-sul na distribuição das TSMs. A movimentação da ZCIT acompanha a mudança sazonal das latitudes que passam a receber as maiores intensidades de energia (FERREIRA, 2006), porém esse deslocamento acontece com uma defasagem temporal de alguns meses. Tal atraso da ZCIT – na verdade, o atraso dos maiores valores das TSMs – relaciona-se à incapacidade dos oceanos em aquecerem-se de modo instantâneo ao recebimento de energia térmica, em função do alto calor específico da água. Como forma de comparação, Ayoade (1996) explica que, para chegar a uma mesma temperatura, a água demanda cinco vezes mais energia do que o solo. Dessa forma, os oceanos necessitam de vários dias sob radiação intensa para elevar consideravelmente suas temperaturas, originando as zonas de maiores TSMs apenas quando a incidência mais perpendicular dos raios solares já deslocou-se para outras latitudes.

Essa dinâmica de movimentação da ZCIT anualmente promove o deslocamento austral deste sistema e a sua permanência sobre o HS, durante um período de tempo variável, fatores cruciais para a determinação da qualidade da estação chuvosa sobre o setor norte do NEB. Os anos considerados chuvosos são marcados pelo início do retorno da ZCIT para o HN apenas a partir do mês de maio, enquanto naqueles considerados secos, seu recuo ocorre já durante o mês de março, ou simplesmente a ZCIT nem mesmo assume posições sobre o HS (SOUZA FILHO, 2003). Conjuntamente a esses processos, anos chuvosos são propiciados pela ocorrência de avanços meridionais do ASAN, enquanto aqueles secos os são pelos

avanços setentrionais do ASAS (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009). Quando do deslocamento do ASAN em direção ao sul, os movimentos extremos da ZCIT podem eventualmente promover precipitações até latitudes de 10°S (NIMER *et al.*, 1979).

A variabilidade interanual no posicionamento da ZCIT ainda é, em parte, condicionada pela eventual manifestação de anomalias no gradiente padrão de TSM do Atlântico, devidas a fatores internos à dinâmica deste oceano. Especificamente nos casos em que coincidem anomalias assimétricas em relação ao equador, apresentando sinais invertidos entre as bacias norte e sul do Atlântico tropical, tem-se configurado o *padrão dipolo*. O dipolo do Atlântico representa a ocorrência de um gradiente inter-hemisférico anômalo nas TSMs, o qual interfere no deslocamento da ZCIT, pois a mesma mantém-se sempre posicionada sobre a bacia oceânica que esteja submetida ao maior aquecimento de suas águas (MELO; CAVALCANTI; SOUZA, 2009).

Conforme a FUNCEME (2010a), o dipolo do Atlântico assume valores positivos ou negativos, calculados a partir dos valores das anomalias de TSM do Atlântico norte, subtraídos daqueles relativos às anomalias do Atlântico sul. Dentre outros fatores, anos chuvosos sobre o NEB são devidos à ocorrência do *dipolo negativo* [aquecimento no sul e resfriamento no norte do Atlântico], enquanto os anos de estiagem vinculam-se ao dipolo positivo [resfriamento no sul e aquecimento no norte do Atlântico].

No entanto, a probabilidade de que as anomalias nas TSMs do Atlântico assumam essa configuração assimétrica, que caracteriza o dipolo, varia entre apenas 12 e 15% (ENFIELD *et al.*, 1999 *apud* KAYANO; ANDREOLI, 2009). Segundo estas duas últimas autoras, o que tem sido notado com maior frequência são padrões anômalos nos gradientes inter-hemisféricos de TSM, que não-necessariamente implicam em anomalias invertidas simultâneas entre as bacias do Atlântico. Nas situações em que as anomalias resultam em temperaturas mais elevadas na bacia norte, tem-se o *gradiente positivo* (conjuntura que pode incluir os eventos de dipolo positivo); já nos casos em que a bacia sul encontra-se mais aquecida, verifica-se o *gradiente negativo* (conjuntura que pode incluir os eventos de dipolo negativo). Os impactos desses padrões anômalos sobre as precipitações no setor setentrional do NEB equivalem àqueles gerados pelos eventos de dipolo que apresentem o mesmo sinal.

Para além do papel fundamental exercido pelo Atlântico, a variabilidade relacionada à dinâmica do oceano Pacífico também interfere no desenvolvimento da ZCIT e na determinação da pluviometria sobre NEB, por meio da ação do *El Niño-Oscilação Sul* (ENOS). Fenômeno cujas causas são ainda motivo de controvérsias, o ENOS refere-se à ocorrência de anomalias nas TSMs, entre as porções ocidental e oriental do Pacífico Sul,

associadas à inversão da circulação atmosférica entre tais regiões, fato este que conduz a reflexos que se estendem à escala global (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Conforme a FUNCEME (2010a)⁴, em condições neutras de ENOS, as águas normalmente mais quentes do Pacífico sudoeste dão origem a intensa atividade convectiva na porção da atmosfera sobre esta região. Em altos níveis, parte desse ar ascendente desloca-se em direção a leste, vindo a descender sobre a região de águas habitualmente mais frias do Pacífico oriental, nas proximidades do Peru e Equador. Porém, durante a fase *El Niño* do ENOS, o aquecimento excepcional do Pacífico centro-leste inverte essa dinâmica padrão, condicionando a formação de um ramo ascendente sobre o Pacífico oriental (mais aquecido), com ventos que se deslocam para oeste em altitude, e um ramo descente sobre o Pacífico ocidental (relativamente mais frio). Ocorre que o ramo ascendente, agora localizado sobre o Pacífico oriental, também gera um fluxo de ar com direção leste, o qual posteriormente virá a descender sobre a região do Atlântico equatorial, incluindo o norte do NEB. Como já visto, condições de subsidência são impeditivas à gênese de chuvas, o que explica a relação do *El Niño* com os anos considerados abaixo, ou muito abaixo da média histórica de precipitação nessa região.

Por sua vez, quando da ocorrência da fase oposta do ENOS, conhecida como *La Niña*, o resfriamento atípico do Pacífico leste conduz ao reforço daquela circulação padrão, existente entre as porções orientais e ocidentais deste oceano (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Este reforço mantém o ramo ascendente novamente posicionado sobre o Pacífico ocidental, produzindo fortes movimentos descendentes sobre o Pacífico oriental, o que não induz a processos subsidentes sobre o norte do NEB. Portanto, a fase *La Niña* é responsável (FUNCEME, 2010a) por um quadro mais favorável à promoção das chuvas nessa região, normalmente relacionando-se a anos de precipitações em torno, acima, ou muito acima da média.

Toda essa variabilidade, que caracteriza o ritmo das precipitações sobre o NEB setentrional, é determinada conjuntamente a partir da configuração das TSMs do Atlântico e do Pacífico. Conforme Andreoli e Kayano (2007), e Kayano e Andreoli (2009), a ocorrência de eventos *El Niño* sempre condiciona a manifestação de anomalias negativas de precipitação, as quais têm suas *magnitudes* determinadas pela situação referente às TSMs do Atlântico. Nos casos de *El Niño* e gradiente positivo coincidentes, verificam-se as maiores anomalias

⁴ A perspectiva apresentada pela FUNCEME (2010a) corresponde à interpretação mais difundida, acerca dos mecanismos de conexão entre o ENOS e a circulação atmosférica sobre o Atlântico equatorial e adjacências continentais. Outras hipóteses são abordadas nos trabalhos de Melo, Cavalcanti e Souza (2009), Kayano e Andreoli (2009), e Andreoli e Kayano (2007).

negativas; enquanto nos casos de *El Niño* e gradiente negativo simultâneos, são registradas anomalias negativas pouco significativas. Quando dos episódios de *La Niña*, o quadro das TSMs do Atlântico atua determinando o *signal* apresentado pelas anomalias de precipitação. Durante a coincidência entre *La Niña* e gradiente negativo, há a apresentação de anomalias positivas (significativas); ao passo que na simultaneidade entre *La Niña* e gradiente positivo, ocorrem anomalias negativas. A manifestação exclusiva de cada uma das fases do fenômeno ENOS (*El Niño* / *La Niña*), ou dos gradientes de TSM do Atlântico (positivo / negativo), implica na determinação do tipo de anomalia de precipitação que lhe é característico, conforme já demonstrado anteriormente.

Considerando-se a totalidade de combinações entre os modos de comportamento das TSMs de ambos os oceanos, a maioria dos arranjos possíveis impõe a ocorrência de anomalias negativas de precipitação. Este fato explica a característica apontada por Nimer *et al.* (1979), anteriormente já destacada, referente à maior frequência com que ocorrem fortes desvios negativos de precipitação, em relação aos desvios positivos de igual magnitude.

Discutido o papel da ZCIT e a dinâmica dos seus processos controladores, ou intervenientes, direciona-se a atenção para uma análise sintética dos sistemas meteorológicos que apresentam uma importância secundária na determinação da climatologia do NEB.

Tratando a respeito dos *Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis* (VCANs) formados nas imediações do NEB, Ferreira, Valverde Ramírez e Gan (2009, p. 43) esclarecem que esses sistemas se originam na alta troposfera e

[...] se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica. Eles se desprendem do escoamento atmosférico associado, são quase estacionários, mas podem deslocar-se lentamente tanto para leste quanto para oeste, e também caracterizam-se por um tempo de vida de vários dias. Os VCANs apresentam um centro relativamente frio, convergência de massa, movimentos verticais subsidentes no seu centro e ascendente na periferia, e nebulosidade mais intensa principalmente na direção de seu deslocamento.

Depreende-se da leitura do referido trabalho, que tais vórtices resultariam da ascendência de ar a partir dos intensos processos convectivos gerados, durante o verão, sob a *Alta da Bolívia* e pela *Zona de Convergência do Atlântico Sul* (ZCAS), condicionando a posterior subsidência desse ar sobre o NEB, ou sobre áreas oceânicas próximas, no Atlântico sul. Assim formados, os VCANs passam a responder pela manifestação de dois estados de tempo simultâneos sobre sua área de atuação: nebulosidade e precipitação, junto às porções periféricas do sistema (onde se dá a ascendência dos ventos), e completa ausência de nuvens sobre suas porções centrais (onde a subsidência de ar predomina).

Outro sistema atuante sobre o NEB, mais especificamente, sobre o litoral setentrional dessa região, corresponde aos *Sistemas Convectivos de Mesoescala* (SCMs). Geralmente associados a linhas de instabilidade, os SCMs são formados a partir da aglomeração de tempestades originalmente distintas, as quais passam a constituir um conjunto que se movimenta por diversas horas, respondendo pela geração de ventos fortes e intensas precipitações (DIAS; SILVA, 2009). Ferreira (2006) comenta que a atividade convectiva da ZCIT também pode originar a configuração desses aglomerados, sob a forma de *Complexos Convectivos de Mesoescala* (CCMs), cujos ciclos de vida normalmente têm início durante a tarde, ou noite, com o aumento da intensidade dos sistemas ao longo da madrugada, e a dissipação dos mesmos por volta do meio-dia do dia seguinte. Os SCMs diferem dos CCMs por não apresentarem o conjunto das características necessárias ao seu enquadramento nesta última categoria (maiores informações em Dias, Rozante e Machado (2009)).

Ainda sobre o litoral setentrional do NEB, linhas de instabilidade também podem ocorrer sob a forma de *brisas marítimas*. De acordo com Cavalcanti (1982), tais brisas ocorrem com maior frequência durante as estações de verão e outono, na medida em que estão consideravelmente relacionadas à dinâmica da ZCIT. As mesmas derivam do aquecimento diferencial gerado entre as superfícies continental e oceânica, o qual promove, ao longo do período diurno, uma elevação mais acentuada das temperaturas sobre o continente. Isto proporciona a configuração de um gradiente horizontal de pressão, caracterizado por apresentar menores valores de pressão sobre o continente, e maiores valores sobre o oceano (relativamente menos aquecido). O resultado é a indução a um escoamento atmosférico no sentido oceano-continente, principalmente durante o final da tarde. O deslocamento dos ventos de origem oceânica sobre a superfície continental, e o consequente contraste térmico gerado, desencadeiam a formação dos processos convectivos e da pluviosidade, normalmente associados aos eventos de brisa oceânica.

Tendo em vista o caráter secundário destes últimos sistemas (VCANs, SCMs/CCMs e brisas marítimas) na determinação da climatologia do NEB, a “azonalidade” climática desta região prende-se ao papel daqueles fatores inicialmente destacados: apresentado como causa principal a dominância de uma massa de ar termicamente invertida, tal azonalidade ainda é devida ao isolamento da região frente à maioria dos sistemas produtores de chuva, os quais, em função de variados fatores, afetam mais significativamente apenas os espaços adjacentes; para além disso, soma-se o fato de a maioria das combinações entre os modos de comportamento das TSMs dos oceanos Atlântico e Pacífico resultarem na geração de anomalias negativas de precipitação sobre o setor setentrional do NEB.

4 CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA MICROBACIA DO RIACHO DO BOQUEIRÃO

4.1 Aspectos gerais

Embora a região semiárida seja caracterizada pela manifestação do tipo climático discutido anteriormente, isto não implica no fato de que o mesmo apresente uma espacialização homogênea sobre toda a extensão da região considerada. A atuação dos fenômenos de natureza atmosférica é modificada a partir de sua interação com a diversidade dos demais aspectos geoambientais. No âmbito da região semiárida, a infinidade de processos interativos, assim gerados, condiciona a ocorrência de variações, ou até mesmo de modificações pontuais significativas na dinâmica climática de alguns subespaços. A microbacia do Riacho do Boqueirão é representativa desse complexo de interações naturais possíveis, uma vez que a diversificação da configuração física do seu ambiente imediato, e dos adjacentes, determina uma considerável variação espacial, relativa ao comportamento climático da área (maiores detalhes no capítulo 6).

Visando a evidenciar os elementos geoambientais que desencadeiam esses fatos e que, paralelamente, caracterizam o espaço em estudo, apresenta-se a breve síntese que se segue. Um conjunto mais amplo de informações acerca do quadro geoambiental da microbacia pode ser encontrado no trabalho de Evangelista (2009).

4.2 Os diferentes geoambientes integrantes da microbacia

Considerando-se o contexto mais amplo da bacia do Rio Acaraú, a microbacia do Boqueirão constitui-se em uma de suas sub-bacias, sendo seus 108 km² de área compartilhados pelos municípios de Sobral, Meruoca e Alcântaras (Figura 1). A maior parte de sua extensão espacial é representada por terrenos que integram o maciço residual da Serra da Meruoca, enquanto o restante da área refere-se a superfícies mais rebaixadas, relacionadas à depressão sertaneja e à planície fluvial do Acaraú.

Apresentando níveis de cimeira situados a uma altitude média de 750 m, a Serra da Meruoca constitui-se num batólito desnudado, que exhibe como fácies característica um granito de coloração avermelhada e granulação grosseira (SOUZA; OLIVEIRA, 2006). Este maciço assume uma forma grosseiramente retangular, cujas extensões laterais são da ordem de 25 e 20 km (comprimento e largura, respectivamente). As formas expõem topos convexos e aguçados, resultantes da dissecação do relevo pela drenagem. Os processos de entalhe

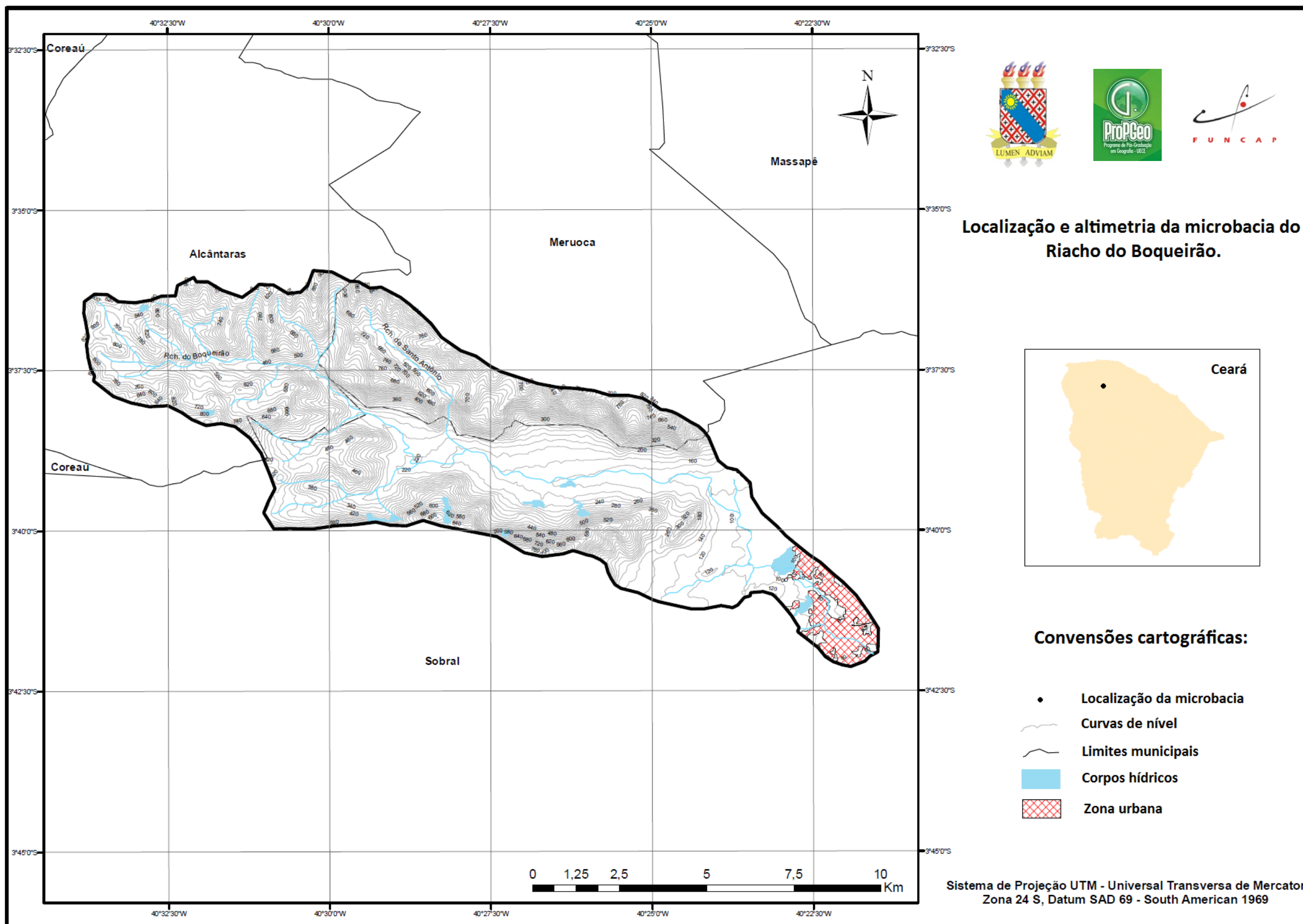


Figura 1 – Localização e altimetria da microbacia do Riacho do Boqueirão. Fonte: modificado de Oliveira (2010a).

promoveram a elaboração de profundas incisões, correspondentes aos chamados vales em forma de “V”, conjuntamente à esculturação de pequenas planícies alveolares embutidas (SOUZA, 2000).

No ambiente semiárido, as serras cristalinas atuam como elementos diferenciadores do clima, papel este, também exercido pelo maciço residual da Meruoca (NASCIMENTO *et al.*, 2008). Suas encostas leste e norte-oriental [vertentes de barlavento], tanto quanto os níveis dos platôs do maciço, apresentam “[...] um regime de precipitações em que os totais pluviométricos são maiores e as chuvas são mais regularmente distribuídas” (SOUZA; OLIVEIRA, 2006, p. 92), condições que permitem a classificação desses espaços como enclaves úmidos, ou brejos de cimeira (SOUZA, 2000). Souza e Oliveira (2006) ressaltam o caráter quente e, sobretudo, úmido do clima dessas áreas, indicando que as médias pluviométricas para as cidades de Alcântaras e Meruoca, situadas sobre os platôs do maciço residual, assumem o valor de 1600 mm anuais.

A expressão mais evidente da ocorrência desse clima relaciona-se à presença de uma cobertura vegetal mais exuberante, em associação a um substrato pedológico de maior desenvolvimento. A vegetação da superfície de cimeira, bem como a situada nas vertentes de barlavento da Serra da Meruoca, correspondem a uma formação residual de matas úmidas, relacionada à província fitogeográfica atlântica (FERNANDES, 1998). Essa formação, de origem pluvionebular, apresenta um caráter subperenifólio (SOUZA; OLIVEIRA, 2006), e é composta por espécimes de porte elevado, que configuram uma mata de grande densidade (NASCIMENTO *et al.*, 2008). Sustentando, física e quimicamente, todo esse corpo vegetacional têm-se os solos elaborados, fundamentalmente, a partir do intemperismo químico das rochas. O tipo pedológico predominante sobre os topos do maciço da Meruoca corresponde ao Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico (BRASIL, 1973), atualmente identificado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006) como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico. Na área discriminada, estes argissolos normalmente chegam a apresentar mais de um metro de espessura (EVANGELISTA, 2009).

Tratando-se especificamente da microbacia do Riacho do Boqueirão, todas essas considerações anteriores são também pertinentes ao espaço representado pelo alto-curso da microbacia, entendido aqui como todos os terrenos situados a montante do profundo vale em forma de “V”, que pode ser identificado na Figura 1. Os terrenos do alto-curso, em parte, constituem as superfícies de cimeira do maciço e, em parte, correspondem às suas áreas mais adjacentes. Portanto, são representativos daquele geoambiente tipicamente úmido, o qual está associado à *porção norte* da Serra da Meruoca.

Já a *porção sul* deste mesmo relevo residual, conhecida pelo topônimo de Serra do Rosário, contrasta fortemente com o geoambiente anteriormente descrito, dado que se constitui na área de “sombra de chuva” do maciço, correspondendo às suas vertentes de sotavento (NASCIMENTO, 2006). No espaço em pauta, a progressiva diminuição das precipitações é denunciada pela dispersão de uma cobertura vegetal típica da caatinga, cujos espécimes assumem um porte de caráter arbustivo. Predominam solos da categoria dos litólicos [Neossolos Litólicos], elaborados em meio a condições morfoclimáticas semelhantes às que vigoram sobre as depressões sertanejas (SOUZA, 2000). Tais condições proporcionaram a elaboração de um relevo dissecado em forma de cristas rebaixadas, cujas vertentes encontram-se recobertas por matações (SOUZA, 1988 *apud* EVANGELISTA, 2009).

As porções norte e sul da Serra da Meruoca são parcialmente divididas pelo já mencionado vale em forma de “V”, considerado aqui como correspondente à área do médio-curso da microbacia do Riacho do Boqueirão. O espaço resulta do intenso processo de entalhamento do maciço residual pelo referido curso d’água, provavelmente sob condições paleoclimáticas de maior pluviosidade (informação verbal)¹. Suas vertentes laterais conformam elevados paredões, os quais se dispõem na direção aproximada de oes-noroeste (WNW) para les-sudeste (ESE). O relativamente estreito fundo do vale (EVANGELISTA, 2009) corresponde a uma depressão longitudinal de morfologia plana, oriunda da colmatagem de sedimentos de natureza coluvial e aluvial.

Em decorrência de constituir-se num espaço transicional entre os dois diferentes domínios geoambientais já abordados, e considerando o comportamento de algumas variáveis climáticas estudadas nesta área (capítulo 6), entende-se que o clima do vale corresponda a algo intermediário entre aqueles das porções norte e sul da Serra da Meruoca. Tratando desse aspecto, Evangelista (2009) apresenta o quadro climático local como mais assemelhado às condições de semiaridez.

Resultado tanto desse contexto climático, quanto do largo predomínio de Argissolos também sobre a área do médio-curso, uma cobertura vegetal de porte arbóreo desenvolveu-se ao longo da depressão longitudinal e de ambas as vertentes laterais do vale. Considera-se que esta formação seria, possivelmente, classificável na categoria de caatinga arbórea, em virtude do que afirma Nascimento (2006), relativamente às unidades fitoecológicas ocorrentes na bacia do Rio Acaraú. O mencionado autor esclarece que a

¹ Informação fornecida pelo professor Dr. Marcos José Nogueira de Souza, durante a disciplina Geomorfologia Ambiental, ministrada no PROPGEO/UECE, em Fortaleza, ao longo do segundo semestre de 2009.

caatinga arbórea compõe-se de uma vegetação xerofílica, a qual pode ascender até às encostas dos relevos residuais, desenvolvendo-se sobre solos dotados de maior fertilidade, e a partir de condições de semiaridez moderada. Todo esse quadro é compatível com o contexto verificável no médio-curso da microbacia do Riacho do Boqueirão.

Quanto ao baixo-curso, o mesmo é compreendido, neste trabalho, como o conjunto dos espaços situados a jusante do vale em forma de “V”, abrangendo, portanto, parte das superfícies rebaixadas da depressão sertaneja e da planície fluvial do Acaraú.

Ao versar sobre as características gerais dos sertões do Acaraú, Souza (2000) apresenta uma série de aspectos geoambientais, os quais também poderiam ser considerados como pertinentes ao espaço do baixo-curso da microbacia do Boqueirão. Dentre essas características, destacam-se:

[...] superfície de aplainamento conservada e/ou moderadamente dissecada em rochas do embasamento cristalino [...]; clima semi-árido quente com precipitações médias anuais entre 600-800 mm, com chuvas entre janeiro e maio; rede fluvial densa com fluxo hídrico intermitente sazonal e baixo potencial de águas subterrâneas; colinas sertanejas rasas com solos bruno não cálcicos [Luvisolos] de fertilidade natural média a alta; [...] e caatinga hiperxerófila [...] (SOUZA, 2000, p. 88).

Igualmente pertinentes a porções do baixo-curso são suas considerações acerca das maiores planícies fluviais cearenses, tal como a do Rio Acaraú. Souza (2000), explica que essas planícies resultam da acumulação fluvial e que, portanto, estão sujeitas a inundações periódicas. As mesmas são compostas por

“[...] solos aluviais [Neossolos Flúvicos] profundos, imperfeitamente drenados e com eventuais problemas de salinização [...]; os solos são indistintamente revestidos por matas ciliares, onde há preponderância da carnaúba na comunidade florística” (SOUZA, 2000, p. 75-76).

O conjunto desse apanhado de ideias, que constituiu a breve exposição anterior, seria o suficiente para possibilitar a apreensão das características geoambientais mais gerais, relativas ao espaço em apreço. No entanto, principalmente no que tange à cobertura vegetal, a abordagem empregada considerou essencialmente os aspectos de ordem originária. Ocorre que, na atualidade, o antropismo tem alterado e provocado uma série de impactos negativos sobre a dinâmica natural do sistema ambiental formado pela microbacia do Riacho do Boqueirão. O elemento do sistema cuja degradação assume um caráter dos mais patentes refere-se justamente à cobertura vegetal.

A Figura 2 evidencia o grau assumido pelo processo de desmatamento que ocorre na área. Sobre os terrenos predominantemente planos, verifica-se a ausência quase absoluta de qualquer agregado significativo de vegetação². Apenas nos locais onde as condições topográficas tornam-se impeditivas tanto à ocupação, quanto à implementação de práticas agrícolas, verifica-se certo grau de conservação da cobertura vegetal (porções do alto e médio cursos). No âmbito da zona urbana de Sobral, a totalidade da planície fluvial do Boqueirão / Acaraú encontra-se desprovida de sua mata ciliar original, devido à completa ocupação desse espaço.

Este é apenas um dos aspectos do quadro de degradação ao qual a microbacia está submetida. O trabalho de Evangelista (2009) aponta uma série de outros problemas de natureza geoambiental associados à área, dentre os quais, destacamos: a exploração de granito, que promove a degradação dos solos e a poluição dos recursos hídricos; a extração de sedimentos arenosos da calha do riacho, que condiciona a modificação de sua dinâmica fluvial; o despejo de esgotos não-tratados diretamente sobre este curso d'água; a falta de ordenamento no uso do solo; e o não-emprego de técnicas agrícolas adequadas. Como impactos decorrentes do processo de desmatamento, a autora ainda apresenta: a geração de processos erosivos, com a formação de ravinas e voçorocas, exposição de rochas, perda da fertilidade dos solos e diminuição de sua produtividade; assoreamento do leito do riacho, com o favorecimento à ocorrência de inundações; e, finalmente, apresentação de modificações nos microclimas da área.

Conforme já esboçado anteriormente, a identificação e quantificação deste último impacto ambiental, especificamente no que concerne aos aspectos termo-higrométricos, constituem-se num dos principais objetivos do presente trabalho. O capítulo seguinte visa a explicitar os métodos utilizados na tentativa do alcance desse intento.

² A baixa resolução da imagem de satélite utilizada na elaboração do mapa pode impor restrições a afirmações desta natureza. Maiores informações no capítulo 5.

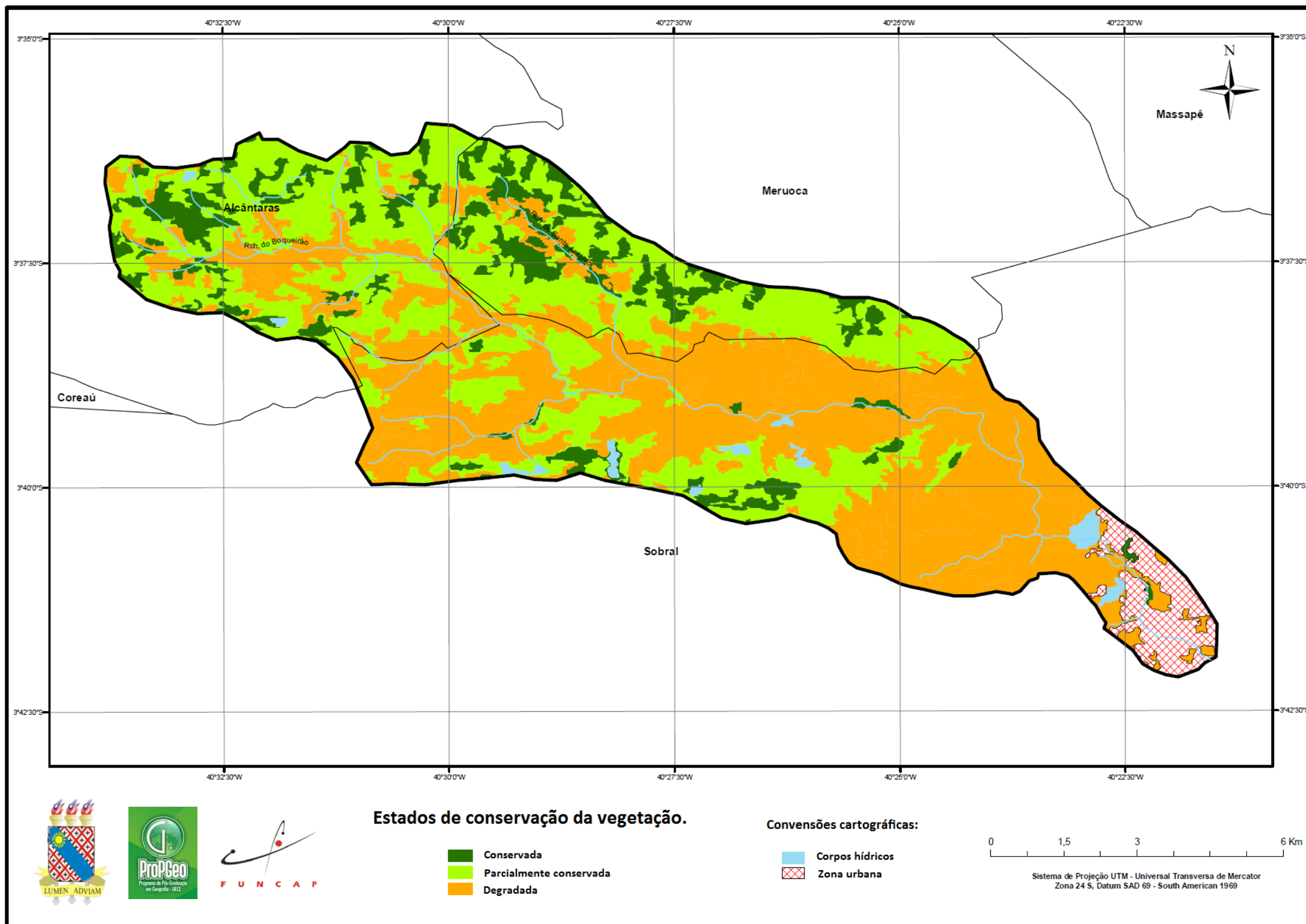


Figura 2 – Estados de conservação da vegetação na microbacia do Riacho do Boqueirão. Fonte: modificado de Oliveira (2010b).

5 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

5.1 Aspectos gerais

Uma observação inicial é necessária. A análise da evolução dos microclimas desde estágios anteriores aos processos de degradação até o momento atual demandaria a oferta de dados relativos a todo esse período, sendo estes ainda gerados em escala espacial compatível. Como não se dispõe de algo dessa natureza, optou-se, a partir da obtenção própria de dados, pela comparação entre os microclimas de áreas próximas. Uma primeira área estaria submetida à degradação de sua vegetação original, enquanto a outra deveria apresentar sua cobertura vegetal mais preservada.

Procedeu-se inicialmente à divisão da microbacia em três diferentes setores, ao se considerar as reflexões de Azevedo (2005), sobre a necessidade de racionalização quanto à quantidade e alocação dos postos meteorológicos. Uma vez que as áreas do baixo, médio e alto cursos possuem características geoambientais bastante particulares, entendeu-se que cada um desses espaços condicionaria a gênese de um conjunto característico de microclimas. Dessa forma, tais espaços foram adotados como as principais subunidades da microbacia, sendo respectivamente designados pela identificação de setores *A*, *B* e *C*. Em cada setor foram instalados dois postos meteorológicos, recebendo a identificação “1” aqueles colocados em locais marcados pela degradação de sua cobertura vegetal; e “2” os estabelecidos em locais rodeados por uma cobertura vegetal mais conservada, segundo a sistemática de comparação já mencionada.

Desse procedimento resultou uma rede formada por seis postos, nomeados de acordo com o Quadro 1, e dispostos na microbacia conforme o mapa da Figura 3.

Nome do posto	Estado de conservação da vegetação	Domínio
<i>A1</i>	Degradada	Depressão sertaneja (baixo-curso)
<i>A2</i>	Conservada	
<i>B1</i>	Degradada	Fundo do vale encaixado (médio-curso)
<i>B2</i>	Conservada	
<i>C1</i>	Degradada	Adjacências dos platôs do maciço (alto-curso)
<i>C2</i>	Conservada	

Quadro 1 – Identificação dos postos e características dos ambientes de sua instalação.

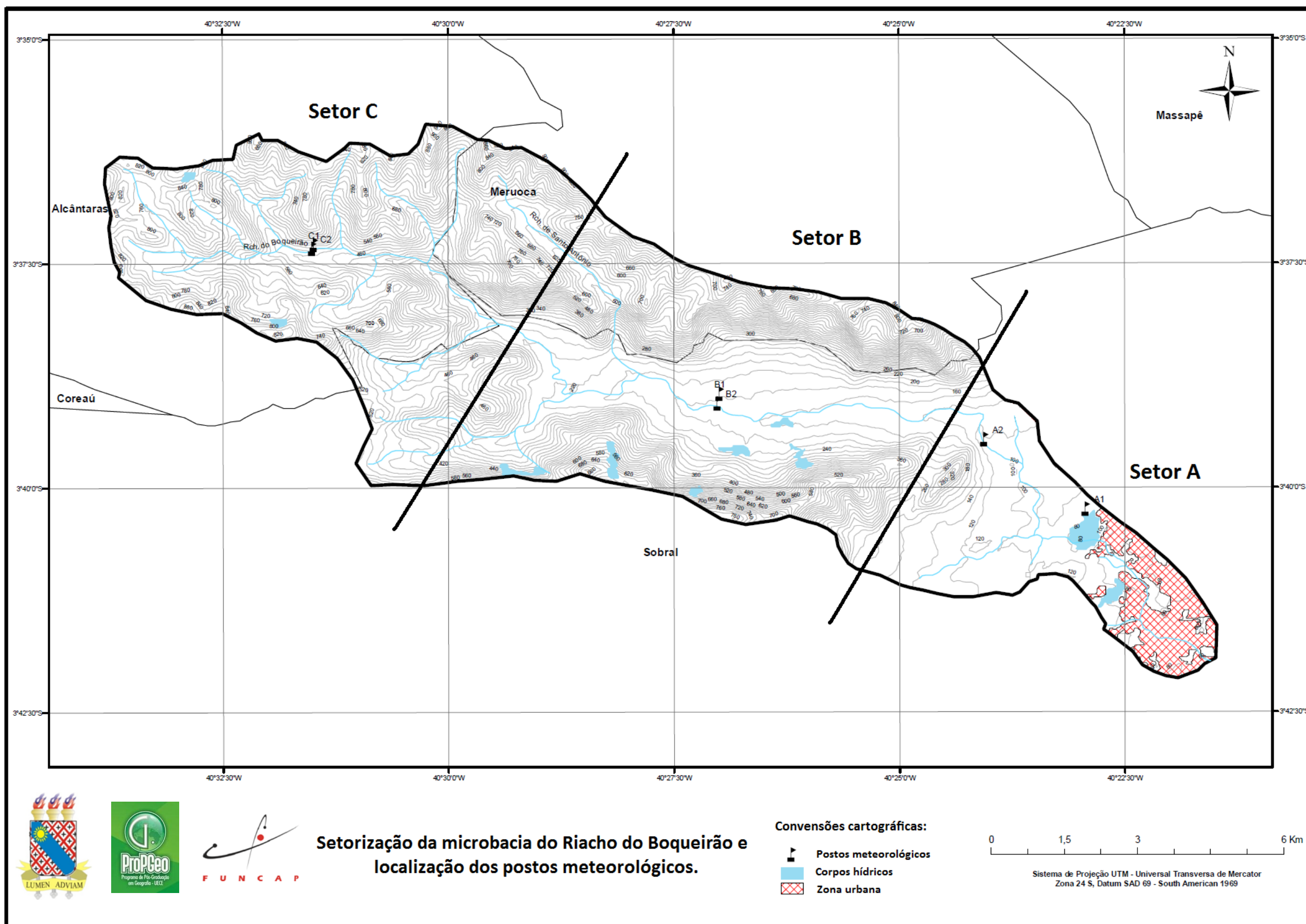


Figura 3 – Setorização da microbacia do Riacho do Boqueirão e localização dos postos meteorológicos. Fonte: modificado de Oliveira (2010c).

5.2 Caracterização dos locais de instalação dos postos

5.2.1 Posto A1

Localização¹: 03°40'14.5" de latitude sul / 40°22'55.5" de longitude oeste. Comunidade do Mucambinho. Acesso pela estrada vicinal subsequente à rua conhecida como "Groaíras", situada no bairro Nossa Senhora de Fátima.

Altitude do local do posto: 93 m.

Observadora responsável: Maria de Souza Magalhães.

Este posto objetiva identificar os microclimas dos espaços mais degradados da microbacia, na medida em que foi estabelecido nos setores periurbanos de Sobral (Figura 4). O mesmo localiza-se no interior da área não-cultivada de uma pequena propriedade rural, a aproximadamente 50 m de um relativamente pequeno reservatório d'água. O substrato da área é composto por um solo do tipo Luvisolo.

5.2.2 Posto A2

Localização: 03°39'28.0" de latitude sul / 40°24'03.0" de longitude oeste. Área popularmente conhecida como "Pé-da-serra". Acesso via Estrada do Boqueirão (vicinal).

Altitude do local do posto: 113 m.

Observador responsável: Anderson Gomes de Souza.

Devido à grande devastação da cobertura vegetal no baixo-curso da microbacia, a necessidade de ter-se um posto colocado em um ambiente mais preservado levou à alocação do posto A2 numa área de transição entre a depressão sertaneja e o maciço residual da Serra da Meruoca (Figura 5). Este fato pode contribuir com a análise da influência climática gerada pelos ambientes de pé-de-serra, uma vez que o estudo dos condicionamentos ambientais dos microclimas também é um dos objetivos deste trabalho.

O local situa-se às margens do Riacho do Boqueirão, sendo caracterizado pela presença de Neossolo Flúvico e de vegetação ribeirinha de caráter arbóreo.

¹ A localização e a altitude de todos os postos foram obtidas mediante o uso do receptor GPS (*Global Positioning System*) modelo Etrex Legend H, da fabricante Garmin.



Figura 4 – Local de implantação do posto A1. Fonte da imagem de satélite: programa Google Earth (2005a).



Figura 5 – Local de implantação do posto A2. Fonte das imagens de satélite: programa Google Earth (2005b).

5.2.3 Posto B1

Localização: 03°38'57.2" de latitude sul / 40°26'59.0" de longitude oeste. Comunidade do Boqueirão. Acesso pela Estrada do Boqueirão.

Altitude do local do posto: 184 m.

Observador responsável: Giovane da Silva Pereira.

Este posto localiza-se dentro dos limites de um pequeno adensamento comunitário, situado sobre a estreita planície existente no fundo do vale em forma de "V" (Figura 6). O solo encontrado na área é do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo.

5.2.4 Posto B2

Localização: 03°39'03.7" de latitude sul / 40°27'00.4" de longitude oeste. Comunidade do Boqueirão. Acesso pela Estrada do Boqueirão.

Altitude do local do posto: 171 m.

Observador responsável: Giovane da Silva Pereira.

Este posto está situado nas proximidades do canal do Boqueirão, em uma área mais rebaixada, composta por Neossolo Flúvico (Figura 7). A cobertura vegetal corresponde à vegetação do tipo ribeirinha, entremeada por culturas de vazante, referentes ao plantio de capim e banana.



Figura 6 – Local de implantação do posto *B1*. Fonte da imagem de satélite: programa Google Earth (2007a).



Figura: 7 – Local de implantação do posto B2. Fonte da imagem de satélite: programa Google Earth (2007b).

5.2.5 Posto C1

Localização: 03°37'17.3" de latitude sul / 40°31'28.9" de longitude oeste. Comunidade Santa Rosa. Acesso via Estrada do Boqueirão.

Altitude: 511 m.

Neste setor da microbacia, os terrenos planos são mais escassos, o que implicou na instalação do posto C1 sobre uma vertente com inclinação de cerca de 35% (Figura 8). A orientação aproximada dessa vertente dá-se na direção NNW-SSE (nor-noroeste/su-sudeste). O local de implantação do posto é caracterizado pela abertura de uma clareira, ladeada por vegetação arbórea, tanto nativa, quanto cultivada. O tipo de solo ocorrente na área é o Argissolo Vermelho-Amarelo.

5.2.6 Posto C2

Localização: 03°37'19.9" de latitude sul / 40°31'30.1" de longitude oeste. Comunidade Santa Rosa. Acesso via Estrada do Boqueirão.

Altitude: 499 m.

Este posto está posicionado mais abaixo, sobre a mesma vertente onde foi alocado o anterior (Figura 9). Por situar-se numa seção mais inferior do perfil, a inclinação do terreno é de aproximadamente 20%. O local é marcado pela presença de vegetação arbórea nativa conservada e de solo também do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo.

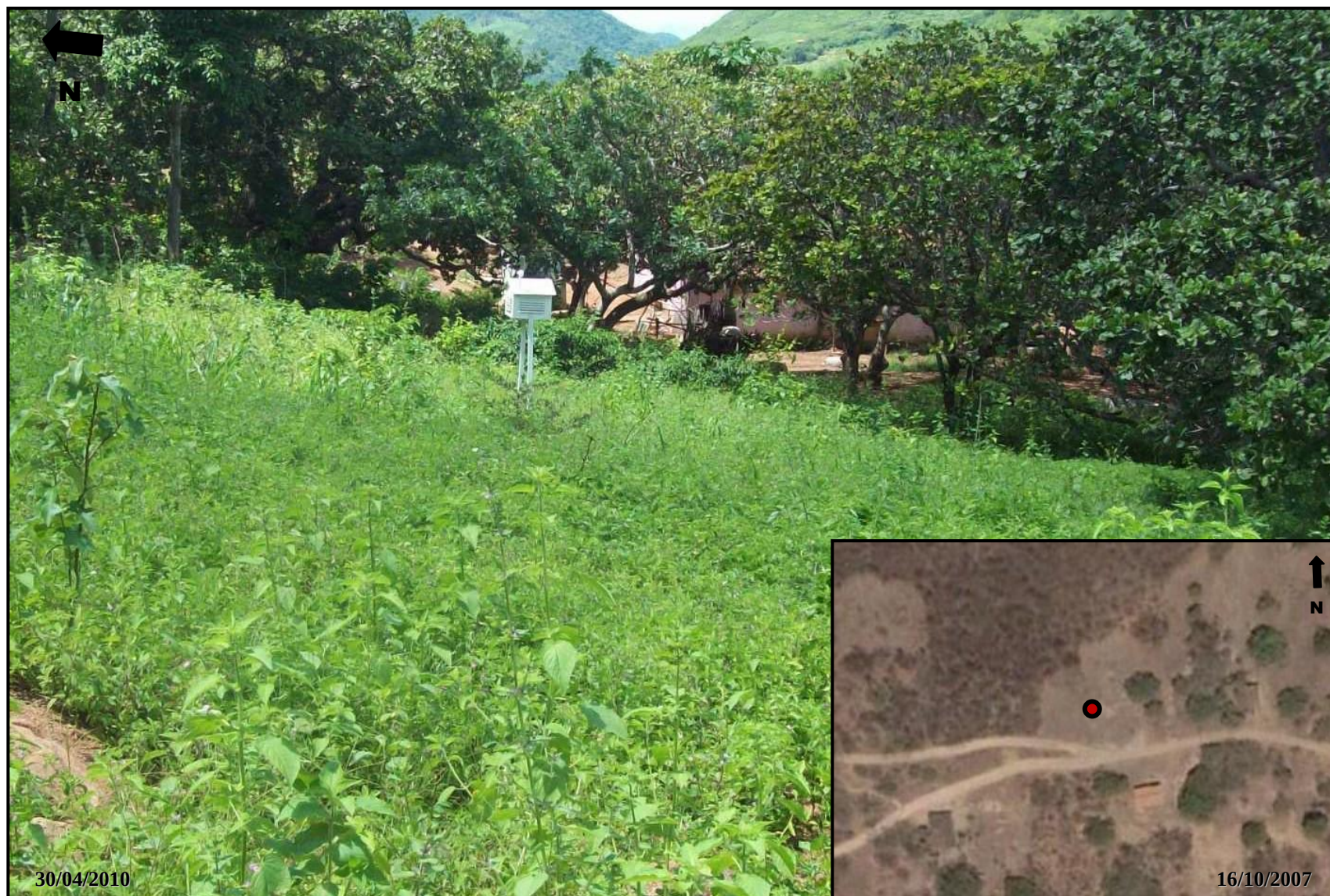


Figura 8 – Local de implantação do posto C1. Fonte da imagem de satélite: programa Google Earth (2007c).



Figura 9 – Aspectos do local de implantação do posto C2. Fonte da imagem de satélite: programa Google Earth (2007d).

5.3 Descrição dos postos meteorológicos

Conforme destacado, cada local de observação foi dotado de um posto meteorológico, o qual é composto pela associação entre um conjunto de instrumentos e o abrigo que os contém (Figura 10).



Figura 10 – Exemplo de posto meteorológico, apresentando o abrigo e a disposição de seus instrumentos.

A identificação mais detalhada dos instrumentos, conjuntamente com os aspectos que se tornam tratáveis por meio de sua utilização, será desenvolvida no subtópico seguinte.

Quanto aos abrigos, sua produção seguiu exatamente o mesmo padrão, utilizando-se de placas de madeira aglomerada como material de construção básico. Em suas laterais, colocaram-se quatro persianas, para possibilitar a circulação do ar, sendo finalmente pintados com tinta de cor branca, visando a atenuar a absorção da radiação do sol (fato que influencia na aferição dos valores das variáveis). Suas dimensões são apresentadas na Figura 11.

Todos os abrigos foram posicionados segundo a mesma orientação (no caso, com as faces frontais voltadas para sul), de modo que entre eles não haja diferença em relação à direção de incidência dos raios solares. A instalação do conjunto dos seis postos meteorológicos ocorreu no dia 04 de março de 2010.

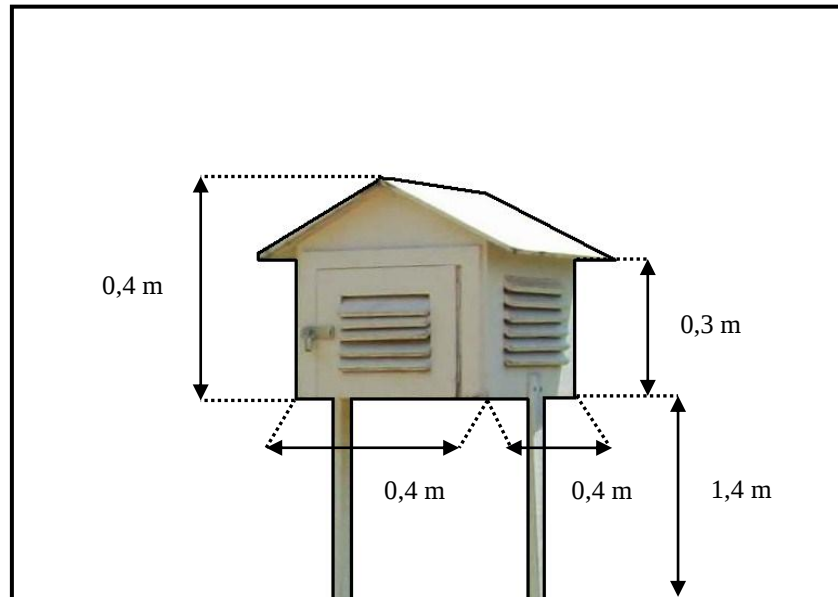


Figura 11 – Principais medidas dos abrigos.

5.4 Parâmetros (ou atributos) de análise e os instrumentos associados à sua medição

Como já esboçado anteriormente, o estudo dos sistemas ambientais demanda o conhecimento da ordem dos seus parâmetros e atributos, dado que, respectivamente, condicionam a dinâmica de um determinado sistema e o caracterizam (CHRISTOFOLETTI, 1979). Este aspecto da metodologia sistêmica visa a possibilitar o entendimento da dinâmica interna de organização dos sistemas, associada às entradas e saídas de energia e matéria.

No caso particular desta pesquisa, em cada posto meteorológico, seria interessante o registro de dados relativos à insolação (entrada de energia), precipitação (entrada de matéria) e dinâmica dos ventos (entrada, circulação e saída de matéria). Da mesma forma, seria de grande valor a obtenção de dados sobre irradiação terrestre (saída de energia), evapotranspiração (saída de matéria), e até mesmo de vazão do riacho² (saída de matéria).

Porém, é necessário reconhecer que se torna inviável a aquisição dos equipamentos necessários à geração dessa ampla base de dados. Dessa forma, a pesquisa pôde contar com o tratamento de apenas três parâmetros / atributos, cujos valores podem ser obtidos através do uso de instrumentos simples. Este fato, no entanto, não impede que tais elementos de análise constituam-se naqueles tidos como os mais importantes nos estudos de caráter climático.

² A pretensão inicial de efetuar correlações com valores de vazão contribuiu com a adoção de uma bacia como unidade de análise. No entanto, a ocorrência de anomalias negativas de precipitação em 2010 impediu que as vazões no Riacho do Boqueirão assumissem valores mensuráveis.

5.4.1 Precipitação e pluviômetro

O parâmetro *precipitação* representa um dos aspectos mais fundamentais do clima, correspondendo à fonte primordial de água para a superfície continental do planeta. Sua ação age de modo determinante na sazonalidade dos fenômenos biológicos, na modelagem do relevo e na dinâmica dos processos fluviais.

O instrumento empregado na medição deste parâmetro constituiu-se no *pluviômetro* (Figura 12), o qual tem suas especificidades técnicas constantes no Quadro 2. A variável fornecida refere-se aos *acumulados pluviométricos*, relativos a um determinado período de tempo. Uma vez instalado no abrigo, a abertura de captação do pluviômetro fica situada a 2 m do solo.

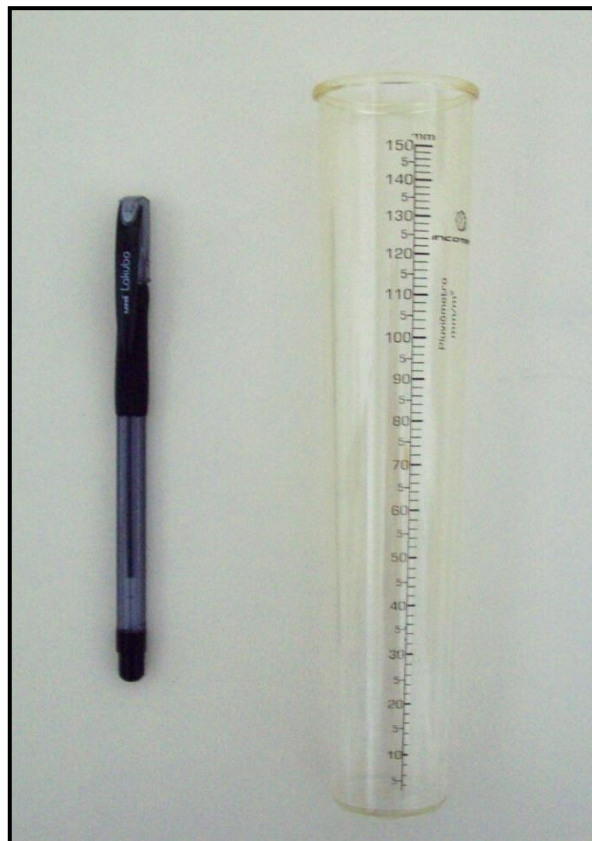


Figura 12 – Pluviômetro.

Dado técnico	Característica
Tipo	coletor e medidor integrados
Escala pluviométrica	milímetro (mm)
Amplitude da escala	0 a 150 mm
Subdivisões da escala	2 mm (com indicações secundárias a cada 5 mm)
Limite de erro	± 2 mm
Diâmetro da abertura	27 mm
Referência do produto	4749

Quadro 2 – Especificidades técnicas do pluviômetro.

5.4.2 Temperatura e termômetro de máxima e mínima

A *temperatura* é um atributo do clima, também correspondente a um dos atributos dos sistemas ambientais. Conforme Ayoade (1996), ela representa uma forma de avaliação indireta do parâmetro *energia solar*, na indisponibilidade dos equipamentos necessários à medição deste. A importância do conhecimento das temperaturas decorre do papel que desempenha na determinação da dinâmica do ar e do vapor d'água, da influência que exerce sobre uma grande variedade de processos biológicos, e inclusive na qualidade do conforto fisiológico humano.

Para aferir algumas das variáveis associadas à temperatura, um dos instrumentos escolhidos foi o *termômetro de máxima e mínima* (Figura 13), cujas especificidades técnicas estão indicadas no Quadro 3. Embora este aparelho não propicie o registro contínuo da variação de temperatura³, o mesmo é projetado para assinalar as temperaturas *máxima* (Tmax) e *mínima* (Tmin) ocorridas durante um determinado período de tempo (dia, semana, mês, ou qualquer outro). Após a observação dos dados, pressiona-se um pequeno botão para reposicionar os ponteiros indicadores, reiniciando o processo de marcação.

As variáveis Tmax e Tmin são úteis pela indicação dos extremos de temperatura. Já as *Tmax* e *Tmin absolutas* têm a mesma finalidade, apontando a maior e a menor de todas as temperaturas, em séries de valores extremos. Por meio desses dados pode ser obtida ainda a

³ Cabe ressaltar que todos os instrumentos meteorológicos utilizados são do tipo não-registradores, apresentam funcionamento analógico, e têm o plástico como material predominante. Em todos os postos foi empregado um conjunto padrão de instrumentos, sendo estes produzidos (ou importados) pela Incoterm Indústria de Termômetros.

variável *amplitude térmica*, que é reveladora do grau de variação da temperatura durante o período considerado.

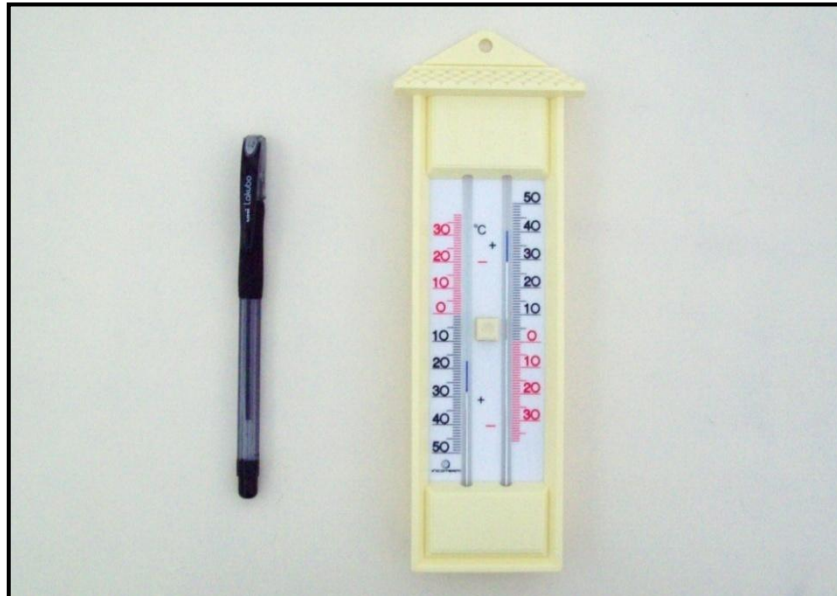


Figura 13 – Termômetro de máxima e mínima.

Dado técnico	Característica
Tipo	capela
Mecanismo	coluna de mercúrio
Escala termométrica	°C
Amplitude da escala	-38 a +50°C
Subdivisões da escala	1°C
Limite de erro	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
Referência do produto	5201.03.0.00

Quadro 3 – Especificidades técnicas do termômetro de máxima e mínima.

5.4.3 Umidade e termo-higrômetro

A *umidade do ar* representa mais um dos atributos considerados nesta pesquisa. A ação termorreguladora que exerce sobre o ar, a influência na disponibilidade de água para a formação de precipitações, o seu controle sobre as taxas de evapotranspiração, e até mesmo sua contribuição na determinação da saúde humana justificam a importância do conhecimento da umidade (AYOADE, 1996).

O *termo-higrômetro* (Figura 14), composto pela junção de um termômetro e um higrômetro (especificidades técnicas no Quadro 4), foi o instrumento utilizado para a verificação dos valores de umidade. O componente *higrômetro* indica os valores da variável *umidade relativa* (UR). Para uma série de valores de UR, a variável *amplitude higrométrica* também pode ser identificada.

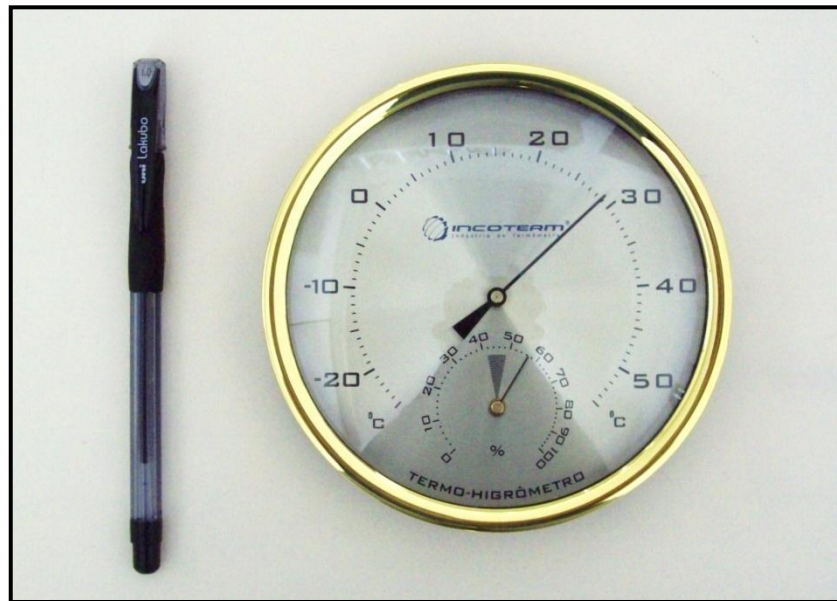


Figura 14 – Termo-higrômetro.

Componente	Dado técnico	Característica
Higrômetro	Mecanismo	fio sintético
	Escala higrométrica	porcentagem (%)
	Amplitude da escala	0 a 100%
	Subdivisões da escala	2%
	Limite de erro	$\pm 5\%$
Termômetro	Mecanismo	barras de metal (bimetálico)
	Escala termométrica	$^{\circ}\text{C}$
	Amplitude da escala	-25 a $+55^{\circ}\text{C}$
	Subdivisões da escala	1°C
	Limite de erro	$\pm 3^{\circ}\text{C}$
Termo-higrômetro	Referência do produto	7527.18.0.00

Quadro 4 – Especificidades técnicas do termo-higrômetro.

Ainda no que diz respeito ao uso do termo-higrômetro, é necessário salientar que o componente *termômetro* foi utilizado para a obtenção dos valores instantâneos⁴ de temperatura, no caso, correspondentes às *temperaturas às 9 horas* (T9). Embora esta variável possa ser fornecida, com maior grau de precisão, pelo termômetro de máxima e mínima, considerou-se que a leitura de três diferentes variáveis (Tmax, Tmin e T9) no mesmo aparelho poderia eventualmente confundir os observadores no momento do registro dos dados.

5.5 Registro dos dados

Este procedimento foi realizado por um conjunto de quatro pessoas, residentes em locais próximos aos pontos de instalação de cada um dos postos meteorológicos. No setor A, cujos postos situam-se a uma distância maior, cada posto ficou sob a responsabilidade de um observador próprio; enquanto nos setores B e C, a maior proximidade entre cada um dos seus dois postos permitiu arregimentar apenas um observador por setor. Mediante um pagamento regular, estes observadores procederam ao preenchimento dos dados nas fichas mensais de registro (Figura 15), recebendo as devidas orientações a este respeito, e também quanto à utilização dos instrumentos.

O registro dos dados iniciou-se no dia 5 de março de 2010 (um dia após a instalação dos postos), e perdurou até o dia 1 de outubro do mesmo ano, o que, basicamente, compreendeu as estações de outono e inverno. Conforme Nimer *et al.* (1979), estas estações representam os períodos que, respectivamente, registram os maiores e os menores totais de precipitação no setor norte do NEB. Portanto, as informações da dinâmica microclimática, obtidas nesta pesquisa, são representativas das estações chuvosa e seca do ano de 2010. Apesar da pequena extensão temporal dos dados, esse aspecto acaba por torna-se uma característica dos estudos microclimáticos, na medida em que estes impõem uma rede mais densa de postos, normalmente de operação própria, o que afeta a manutenção do custeio de toda essa estrutura (GEIGER, 1990).

Quanto ao momento do dia para se proceder ao registro dos dados, segundo Rodrigues (2010), chefe do Laboratório de Instrumentos Meteorológicos (LAIME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os horários de leitura das estações convencionais neste instituto são às 9, 15 e 21 horas, considerando o Horário Oficial de Brasília. Visando a adotar, pelo menos em parte, este procedimento padrão, optou-se pela

⁴ Valores que representam o instante em que se realiza a observação.

realização das observações às 9 horas. Duas ou mais leituras diárias não seriam possíveis, devido à indisponibilidade de tempo por parte dos observadores.

MARÇO					
A1					
DIA			 ANOTAR E DEPOIS DESPEJAR A ÁGUA	 DEPOIS DE ANOTAR OS DADOS, DESCER OS PONTEIROS NO BOTÃO CENTRAL	
	PONT. <u>GRANDE</u>	PONT. <u>PEQUENO</u>		ESQUERDO ←	DIREITO →
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					

Figura 15 – Exemplar de ficha mensal de registro.

Especificamente nos casos dos setores *B* e *C*, o fato de um único observador efetuar as leituras dos dois diferentes postos fez com que sempre em um deles a leitura não tenha ocorrido exatamente às 9 horas. Todavia, a proximidade entre ambos os postos e o pouco tempo para o deslocamento entre os mesmos, não acarretou discrepâncias no registro dos valores instantâneos, devido à inércia que é própria aos mecanismos dos instrumentos. Portanto, os valores diários de *T9* e *UR*, no conjunto dos postos observados, podem ser considerados como simultâneos.

Em decorrência das especificidades de alguns instrumentos e do horário de observação escolhido, os valores de certas variáveis tiveram que ser atribuídos aos dias imediatamente anteriores às datas de seu registro.

Ao longo das 24 horas do dia, a *Tmin* normalmente ocorre durante a madrugada, enquanto a *Tmax* dá-se no período da tarde (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Ao se realizar a observação às 9 horas de um dia qualquer, a *Tmin* desse dia (ocorrida durante a madrugada) já se encontra registrada no instrumento. No entanto, sua *Tmax* somente acontecerá ao longo da tarde, resultando na leitura da mesma pelo observador apenas no dia seguinte. A implicação prática desse fato é que as *Tmin* devem ser atribuídas ao mesmo dia de sua leitura, enquanto as *Tmax* serão sempre referentes ao dia anterior.

No que se refere aos dados dos pluviômetros, o procedimento é semelhante. Santos *et al.* (2001, p. 38) explicam que, “Via de regra, as precipitações acumuladas em 24 horas e observadas antes do meio dia devem ser atribuídas ao dia anterior, pois a maior parte do período transcorrido entre as observações ocorreu nesta data”.

O registro das variáveis obtidas no termo-higrômetro dispensou essa medida de retroação temporal, devido ao fato de que as mesmas se referem a valores instantâneos, portanto, relativos às 9 horas do mesmo dia em que foram observados.

O procedimento de ajustamento temporal dos dados, anteriormente discutido, não foi realizado diretamente pelos observadores, sendo estes instruídos simplesmente a preencher as lacunas relativas a cada dia, de acordo com os valores observados no momento da leitura. O correto relacionamento entre as variáveis se deu apenas durante o trabalho de gabinete, quando da criação e alimentação de uma planilha eletrônica, no programa Microsoft Excel 2007, que aprimorasse o tratamento dos dados e respondesse pela criação dos gráficos.

5.6 Tratamento estatístico dos dados

A utilização dos parâmetros estatísticos apresentados a seguir (Quadro 5) visa a promover a sistematização da base de dados gerada a partir dos procedimentos anteriores. Embora de grande simplicidade, tais ferramentas possibilitarão uma melhor interpretação acerca das informações contidas no conjunto dos registros obtidos.

Parâmetro estatístico	Definição
Frequência (F)	Número de vezes em que um determinado valor ocorreu ao longo de uma série de dados.
Moda (MO)	Valor que ocorre com maior frequência na série.
Valores máximos (Vmax) e mínimos (Vmin)	Valores de maior e menor magnitude da série, respectivamente.
Amplitude (Δ)	Diferença entre o Vmax e o Vmin.
Desvio padrão (S)	Refere-se à medida do grau de dispersão dos valores em relação à média aritmética. Seu valor (expresso na unidade de medida de cada variável) é obtido através da equação: $S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$, em que X_i corresponde a cada valor da série, $\bar{X}$ refere-se à média destes valores, e n é o número total de elementos.

Quadro 5 – Parâmetros estatísticos empregados na pesquisa. Fonte: compilado de Galvani (2005).

5.7 Material cartográfico

Os resultados, assim obtidos e sistematizados, não serão tomados isoladamente. Os locais de medição serão inseridos dentro de seu contexto espacial, reconhecendo o relevo e a cobertura vegetal como os mais importantes fatores a atuarem no condicionamento dos microclimas. Para tanto, os mapas topográfico e dos estados de conservação da vegetação contribuirão como bases iniciais para a interpretação dos dados.

Devido ao tamanho reduzido da microbacia e aos métodos empregados nesta pesquisa, a cartografia correspondente deveria ser dotada de um elevado nível de detalhe. Procurando atender a essa imposição, inicialmente buscou-se junto ao *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) imagens dos satélites da linha *China-Brazil Earth Resources Satellites* (CBERS), especialmente do CBERS 2B. Equipando este satélite, o sensor *High Resolution Camera* (HRC) produziu, durante setembro de 2007 a abril de 2010, em alta resolução espacial (2,7 m), imagens de todo o território nacional. Entretanto, devido ao fato de grande parte da microbacia situar-se sobre o maciço da Serra da Meruoca, todas as imagens da área apresentam-se marcadas por uma ampla cobertura de nuvens, o que impediu sua utilização.

Na tentativa de contornar esse problema, buscaram-se informações a respeito da compra de imagens do satélite *Quickbird*, também de alta resolução espacial (0,7 m). Neste caso, havia a disponibilidade de imagens de qualidade, porém os elevados custos tornaram a sua utilização proibitiva.

Após o insucesso de pesquisas realizadas em diversos órgãos públicos⁵, recorreu-se novamente ao banco de imagens do INPE, mas para a obtenção de produtos dos satélites da série Landsat. A imagem selecionada é oriunda do satélite Landsat-5, cujo sensor TM proporciona uma resolução espacial de 30 m.

Para a produção do mapa dos estados de conservação da vegetação, foram utilizadas as bandas 4, 5 e 6 (esta com resolução de 120 m) de uma das cenas mais recentes disponíveis, datada de 01 de outubro de 2009 (INPE, 2009). Em função de não se constituir no tipo de imagem mais adequado para esta aplicação, seu uso certamente afetou a qualidade do produto final. Entretanto, considera-se que o mapa ainda é capaz de responder aos seus objetivos básicos.

Deve-se mencionar que a confecção de todo o material cartográfico foi terceirizada, sendo as demais fontes de informação obtidas pelo profissional responsável pela elaboração dos mapas. Segundo ele próprio (informação verbal)⁶, para a criação das curvas de

⁵ Em busca de imagens de satélite, e de quaisquer outras fontes de informação, foram visitados os seguintes órgãos: a) em Fortaleza: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), FUNCEME, Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará (IDACE) e o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE); b) em Sobral: Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SPLAM), Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA), além da COGERH local.

⁶ Informações fornecidas por Ícaro de Paiva Oliveira, no PROPGEIO/UECE, em Fortaleza, setembro de 2010.

nível no mapa topográfico e para a delimitação da microbacia, fez-se uso das folhas SA-24-YC e SB-24-V-C, derivadas de dados da *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) e disponíveis no *site* da EMBRAPA; já a rede hidrográfica foi representada a partir de cartas disponibilizadas no *site* da COGERH; enquanto a delimitação dos municípios resultou da utilização do mapa de divisão municipal do Ceará, acessível no *site* do IPECE.

Os mapas aqui apresentados foram todos produzidos a partir do emprego dos programas Spring 5.1.6 e ArcGIS 9.3.

6 ANÁLISE DO REGISTRO

6.1 A influência da circulação atmosférica regional sobre os microclimas da microbacia

Conforme Barbieri (2010), meteorologista da FUNCEME, o comportamento das TSMs dos oceanos Atlântico e Pacífico, durante as estações de verão e outono do ano de 2010, apresentou-se bastante desfavorável à ocorrência de precipitações sobre o estado do Ceará. Em relação ao Atlântico tropical, as anomalias de TSM foram positivas em ambas as bacias deste oceano, porém significativamente mais intensas sobre a bacia do norte [gradiente positivo]. Quanto ao Pacífico, a fase *El Niño* do ENOS manifestava-se já desde os meses de julho/agosto de 2009, vindo o evento de 2009/2010 a ser enquadrado na categoria daqueles de forte intensidade. Todo esse quadro determinou a atuação pouco expressiva da ZCIT sobre o Atlântico sul e suas adjacências continentais, na medida em que esse sistema meteorológico permaneceu predominantemente sobre as águas mais aquecidas do Atlântico norte, região inclusive não-afetada pela subsidência dos ventos gerados a partir do *El Niño*. Além da tímida atuação da ZCIT, os sistemas secundários promotores de chuva, com exceção dos VCANs, não tiveram sua ocorrência verificada durante as estações consideradas. Compreende-se, dessa forma, o registro de uma anomalia negativa de precipitação em torno dos 55%, sobre todo o Ceará, calculada em relação à média histórica do estado.

A microbacia do Riacho do Boqueirão também esteve sujeita a esse decréscimo em suas precipitações. A base de dados da FUNCEME (2010b) disponibiliza séries históricas de dois postos pluviométricos, que podem ser tomados como representativos dos setores A e B da microbacia, além dos dados de um terceiro posto, localizado relativamente próximo à área do setor C. O primeiro posto situa-se na cidade de Sobral, e seria representativo do setor A; o segundo está localizado na Comunidade do Boqueirão, bem próximo ao local de instalação do posto B1, sendo assim representativo do setor B; enquanto o terceiro é alocado na cidade de Alcântaras, situando-se fora da área da microbacia, mas à pouca distância do setor C. Respectivamente, as médias pluviométricas anuais para estes postos¹ são de 916, 825 e 775 mm; todavia, os mesmos registravam até junho de 2010 apenas 558, 514 e 499 mm de precipitação total.

¹ A média para o posto de Sobral foi calculada com base numa série de 36 anos (1974-2009); a do posto do Boqueirão baseou-se em sua série de apenas 12 anos completos (1998-2009); enquanto a do posto da cidade de Alcântaras considerou os 23 anos para os quais não há falta de dados durante o período chuvoso (1981, 1983, 1988 e 1990-2009). Cumpre informar que a FUNCEME não se responsabiliza pela validade dos dados disponibilizados. Especialmente no caso do posto de Alcântaras, acredita-se que o baixo valor encontrado (775 mm anuais) não corresponda efetivamente à realidade. Torna-se importante reafirmar que Souza e Oliveira (2006) calculam para a sede deste município uma média pluviométrica de 1600 mm.

Embora o desempenho da ZCIT tenha sido pouco significativo, este sistema meteorológico ainda exerceu certa influência sobre a climatologia da microbacia do Boqueirão. A Figura 16 ilustra a presença de nuvens associadas à ZCIT, no dia 20 de março, encobrindo parte do território cearense². Na data da imagem, apesar de os valores de UR não terem sofrido variações significativas, todos os postos dos setores A e B registraram algum volume de precipitação, acompanhados também de uma queda nas Tmax em torno deste dia (Gráficos 1 a 8)³.

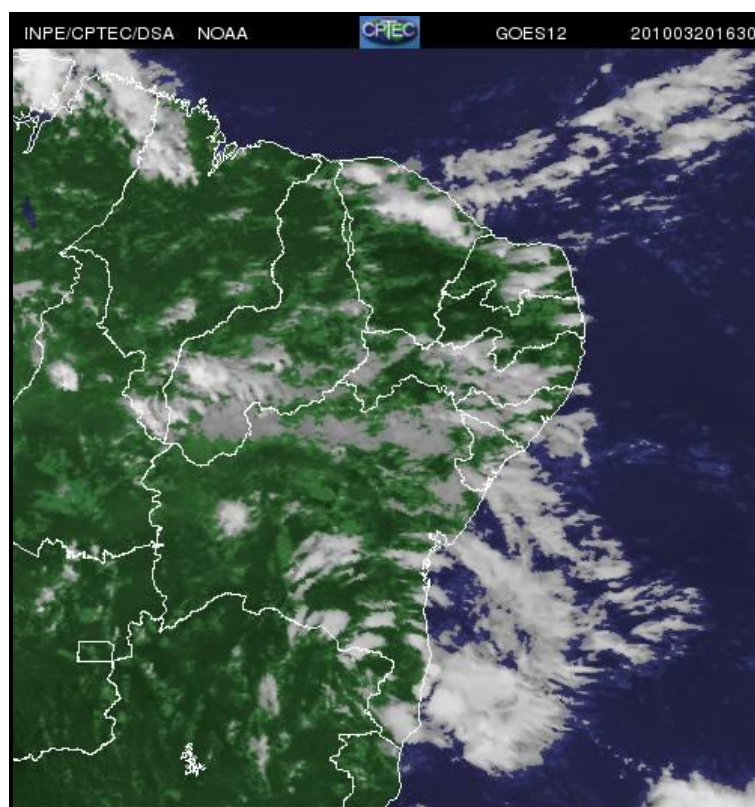


Figura 16 – Atuação da ZCIT sobre o norte do Ceará, em 20/03/2010, às 13 horas e 30 minutos (Horário Oficial de Brasília). Fonte: CPTEC (2010a).

² Todas as imagens de caráter meteorológico reproduzidas neste trabalho, além daquelas utilizadas apenas na identificação dos sistemas listados nos gráficos de análise rítmica, são oriundas do 12º satélite da missão *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES). As mesmas estão disponíveis no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), e são derivadas de dados relativos à radiação infravermelha. Sua interpretação contou com o auxílio do meteorologista Paulo Ricardo Bardou Barbieri (FUNCEME).

³ Os postos situados nos locais de vegetação degradada têm suas séries de temperatura e UR representadas em tons de vermelho, enquanto aqueles instalados em meio à vegetação mais preservada têm essas mesmas séries grafadas em tons de verde. Interrupções em algumas das séries decorrem da ausência de dados, gerada durante o período entre a apresentação de defeitos nos instrumentos e sua substituição. A desconsideração do registro do mês de setembro, especificamente no caso do posto A2, deve-se à provável incorreção dos dados, bastante evidente a partir da irregularidade apresentada pelo comportamento de todas as variáveis no referido mês. Problemas associados às observações realizadas no setor C prejudicaram significativamente a validade do registro efetuado nesta área. Maiores informações sobre os dados dos postos deste setor serão apresentadas no subtópico 6.3.

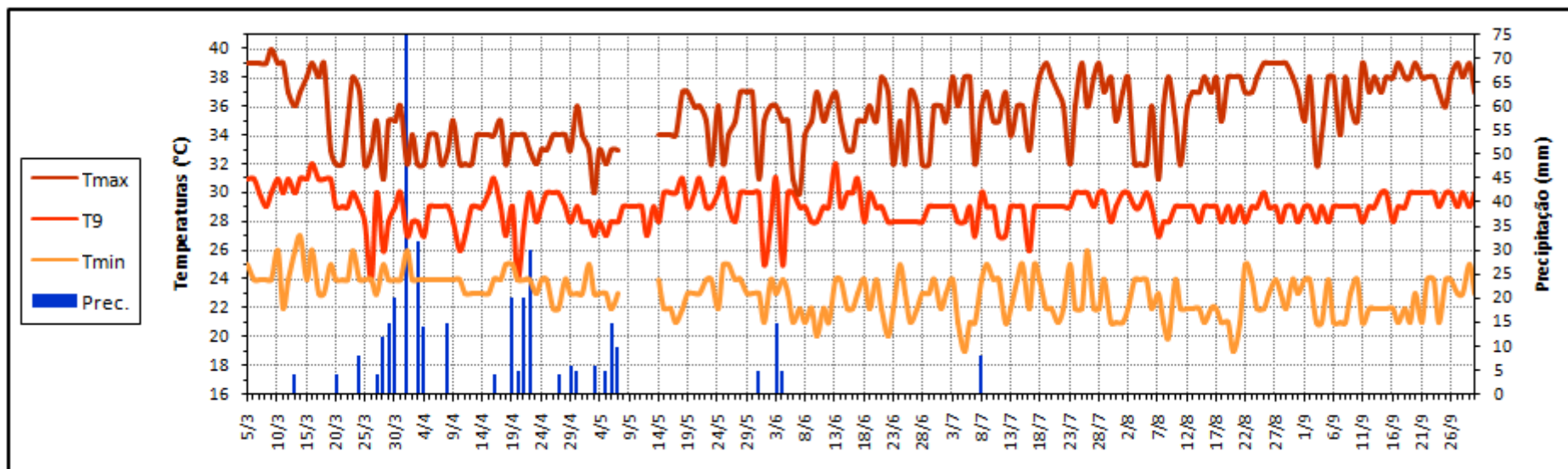


Gráfico 1 – Séries de temperatura e precipitação para o posto A1.

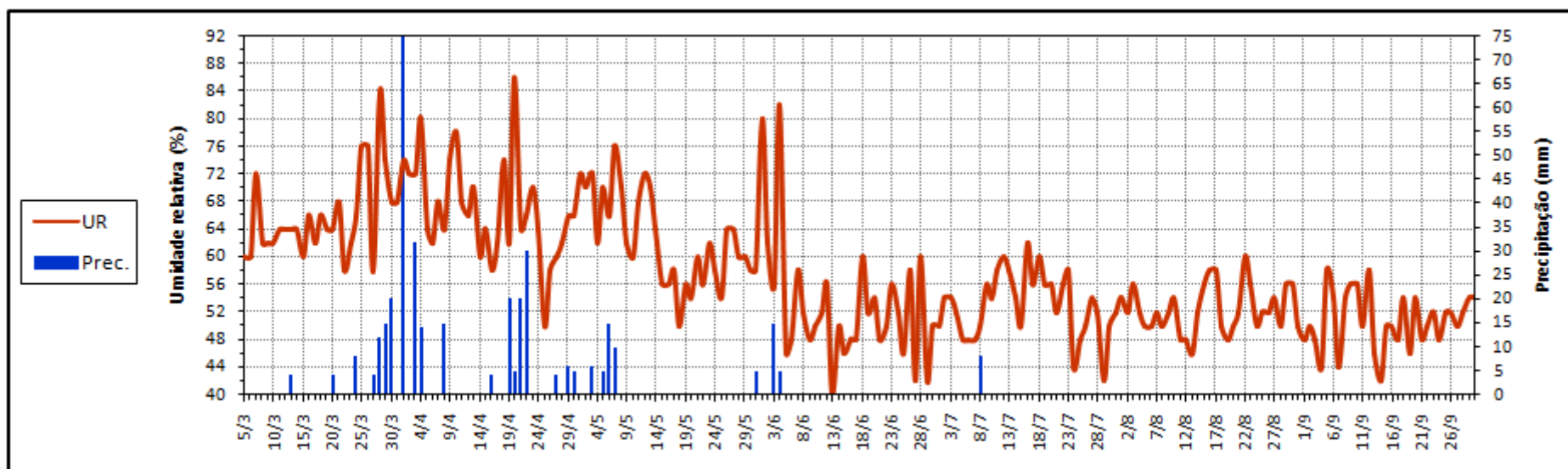


Gráfico 2 – Séries de UR e precipitação para o posto A1.

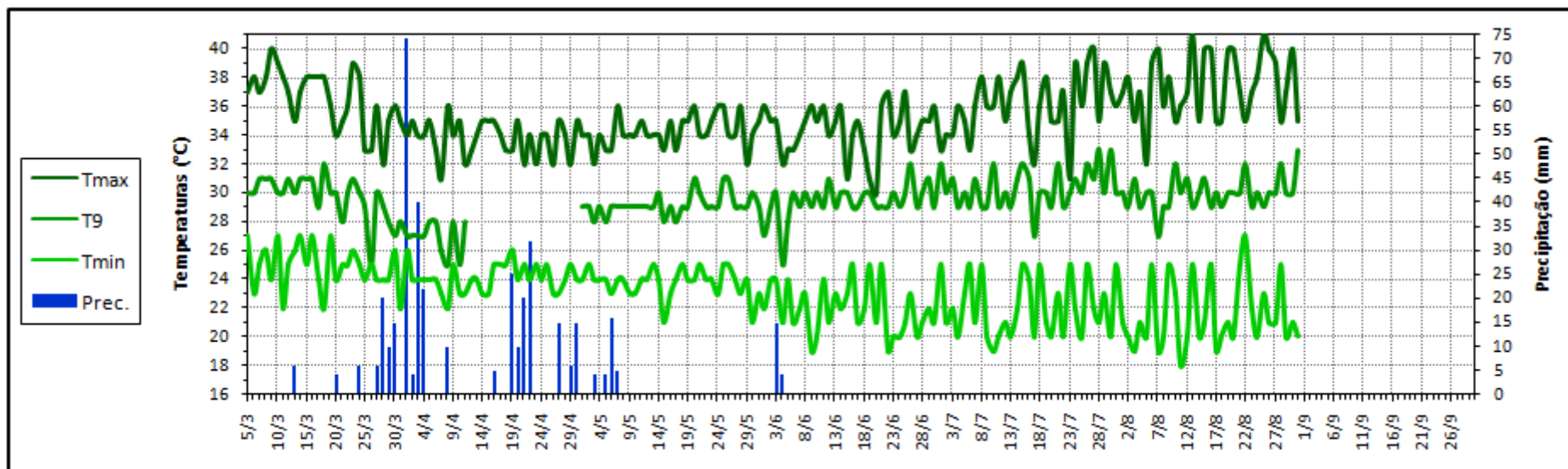


Gráfico 3 – Séries de temperatura e precipitação para o posto A2.

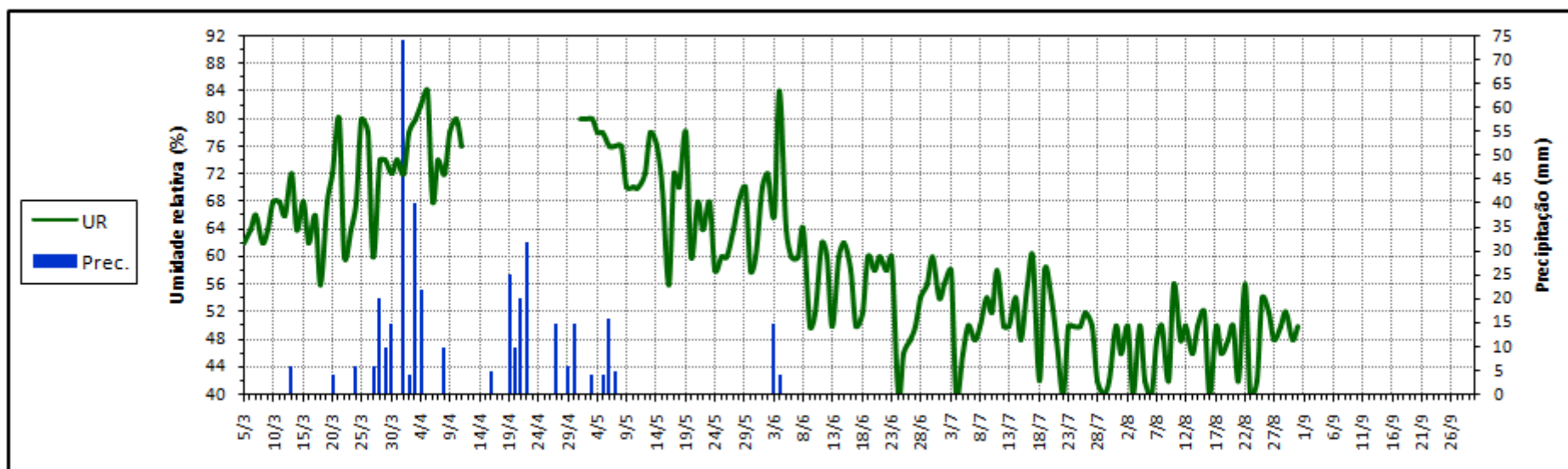


Gráfico 4 – Séries de UR e precipitação para o posto A2.

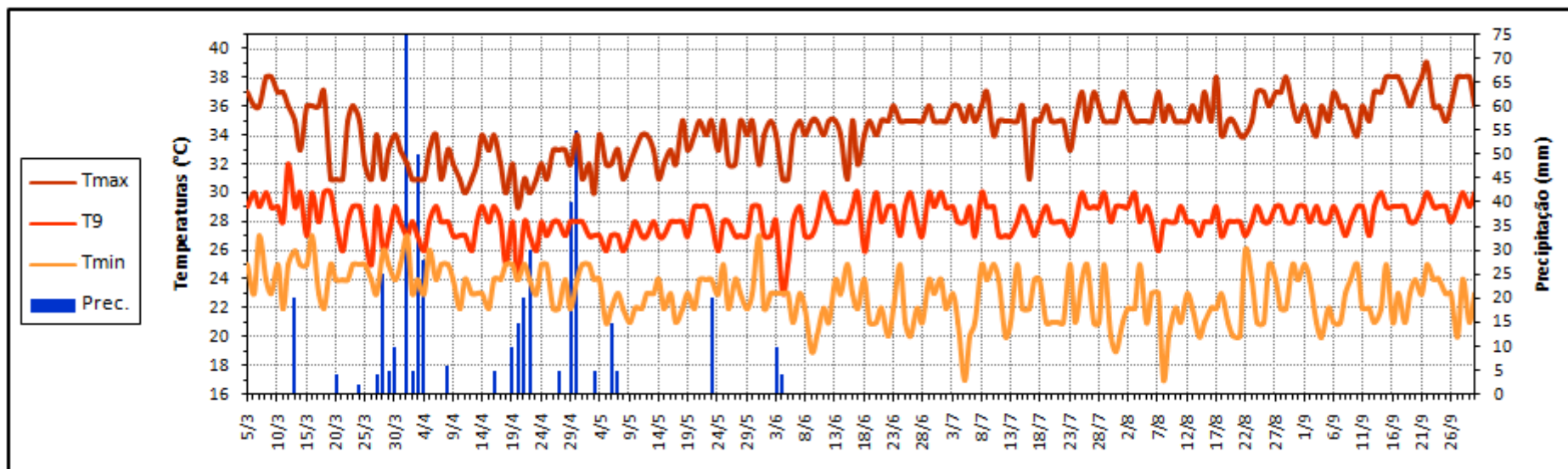


Gráfico 5 – Séries de temperatura e precipitação para o posto B1.

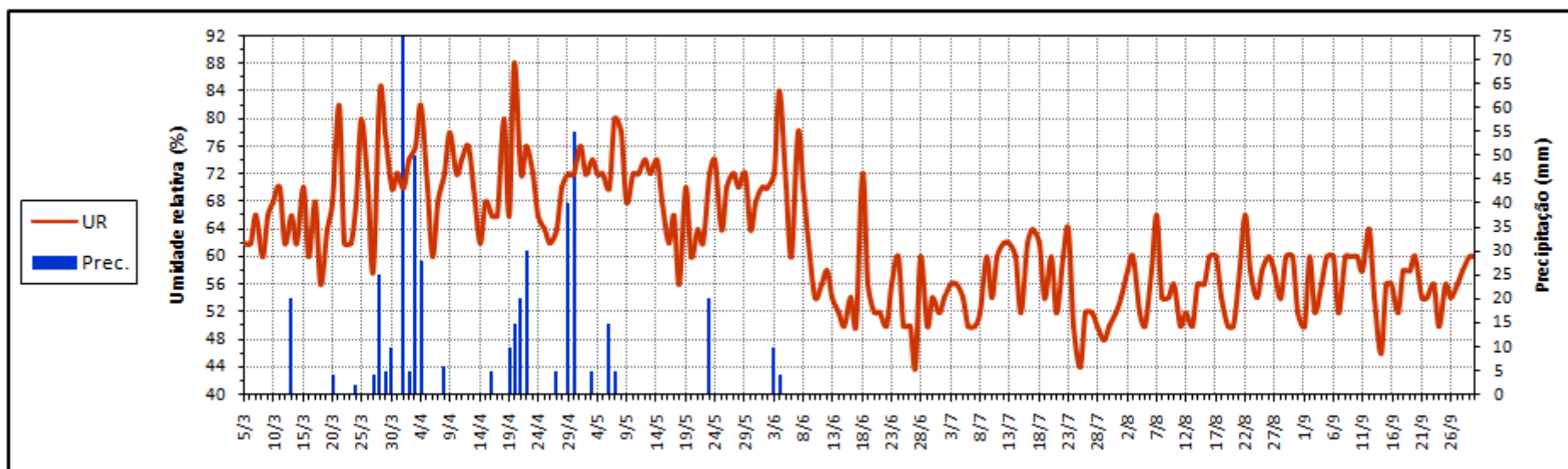


Gráfico 6 – Séries de UR e precipitação para o posto B1.

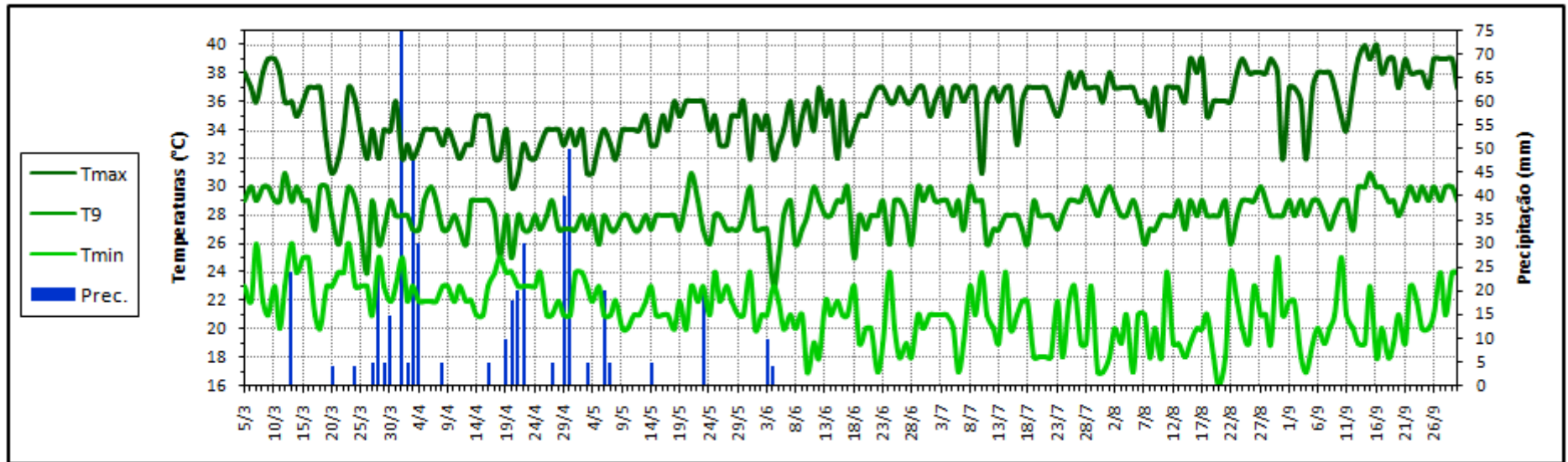


Gráfico 7 – Séries de temperatura e precipitação para o posto B2.

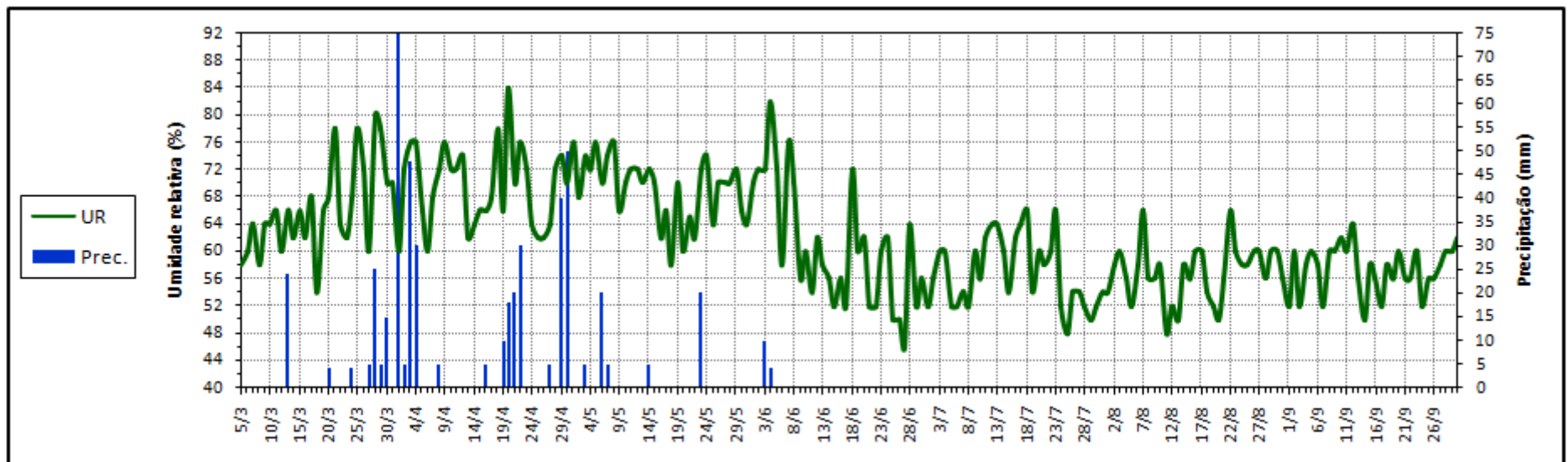


Gráfico 8 – Séries de UR e precipitação para o posto B2.

Compensando, parcialmente, os baixos totais pluviométricos devidos à fraca atuação da ZCIT, os VCANs cumpriram um papel importante na determinação da ocorrência de chuvas sobre a microbacia. O maior dos eventos pluviométricos registrado durante o período de estudo, ocorrido no dia 01 de abril, foi justamente devido à ação de um desses vórtices, como se pode constatar pela análise da Figura 17, paralelamente à verificação dos Gráficos 1 a 8.

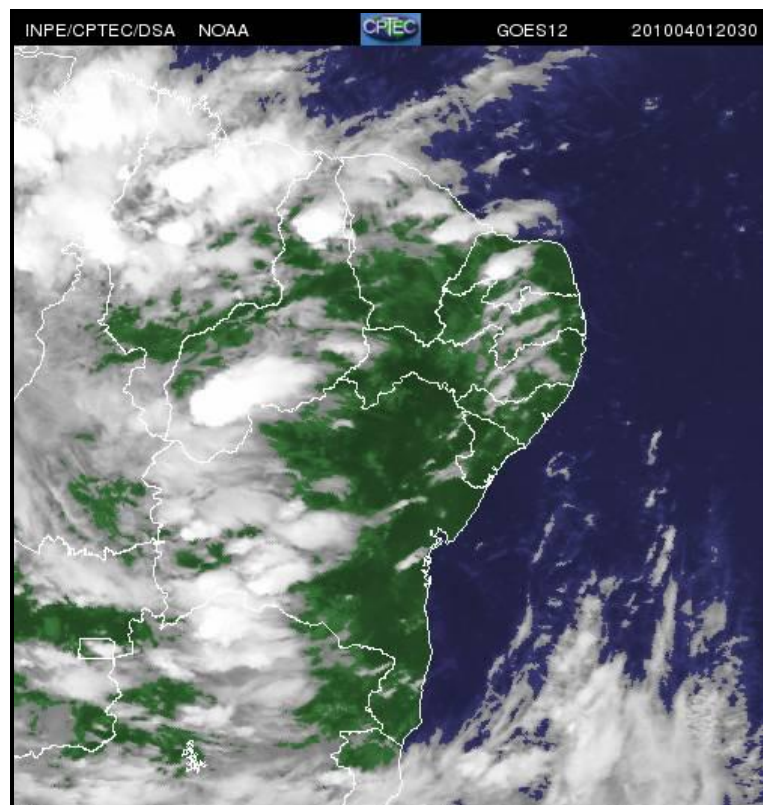


Figura 17 – Borda de um VCAN atuando sobre vastas áreas do NEB, em 01/04/2010, às 17 horas e 30 minutos (Horário Oficial de Brasília). Fonte: CPTEC (2010b).

No que concerne ao comportamento climático durante a estação de inverno, a condição da MTA como sistema meteorológico de atuação predominante determinou a gênese de um quadro caracterizado por elevadas temperaturas e pela ausência de precipitações. Ilustrando essa situação, a Figura 18 evidencia a inexistência de qualquer nebulosidade significativa sobre o norte do Ceará, no dia 14 de setembro, como consequência do domínio da MTA. Na mesma data desta imagem, foram verificados os mais baixos valores de UR do mencionado mês no posto A1 (Gráfico 2), e também em ambos os postos do setor B (Gráficos 6 e 8). Por sua vez, as Tmax e T9 registradas nos postos citados apresentaram-se relativamente elevadas neste mesmo dia (Gráficos 1, 5 e 7). Não há dados válidos para o posto A2 ao longo do mês de setembro.



Figura 18 – Ausência de qualquer nebulosidade significativa sobre o norte do Ceará, em 14/09/2010. Momento da imagem: 09 horas (Horário Oficial de Brasília). Fonte: CPTEC (2010c).

Ainda no decurso da estação de inverno, mesmo que não promovendo a ocorrência de precipitações, a atuação secundária de linhas de instabilidade, provenientes do Atlântico, exerceu um significativo impacto sobre a dinâmica das temperaturas diurnas. A Figura 19 mostra a nebulosidade associada à passagem de uma linha de instabilidade sobre parte do litoral setentrional do NEB e áreas interiores adjacentes. Especificamente na data desta imagem (07/08/2010), uma modificação na orientação dos ventos fez com que os mesmos tornassem-se provenientes da direção nordeste. Ao assumirem uma orientação perpendicular ao litoral, o contraste térmico (devido à entrada e ao deslocamento por sobre o continente) os induziu à instabilidade, dando origem à nebulosidade visível na figura. Na mesma data deste evento, foram registradas as menores T9 do mês de agosto em todos os postos dos setores A e B (Gráficos 1, 3, 5 e 7).

Quando predominam ventos de sudeste, situação mais típica para esta época do ano, a dinâmica anterior não ocorre, pois os ventos deslocam-se paralelamente ao litoral.

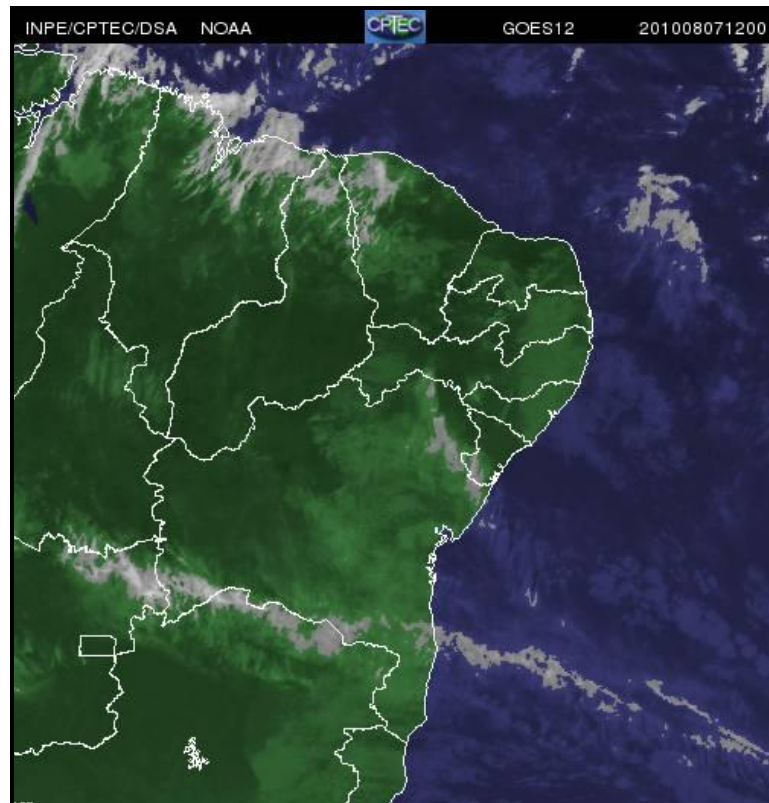


Figura 19 – Nebulosidade associada a uma linha de instabilidade sobre parte do litoral setentrional do NEB e áreas interiores adjacentes, em 07/08/2010. Momento da imagem: 09 horas (Horário Oficial de Brasília). Fonte: CPTEC (2010d).

Estas considerações serviram para exemplificar a atuação dos sistemas meteorológicos que contribuíram com a definição do comportamento climático sobre a microbacia do Boqueirão, durante o período de estudo.

Ao se realizar uma síntese temporal, baseada na interpretação dos gráficos e imagens apresentados, percebe-se a tendência de diminuição das amplitudes térmicas diárias, conforme o aumento dos totais pluviométricos; imediatamente após o término das chuvas, segue-se a tendência de aumento das amplitudes térmicas (ambos os efeitos corriqueiros na sazonalidade do semiárido). Como reflexo da regulação térmica promovida pelo aumento das precipitações, praticamente todas as T_{max} e T_{min} absolutas ocorreram apenas durante o período seco. Em relação às T_9 , os mais baixos valores desta variável sempre foram apresentados ao longo da estação chuvosa.

As menores amplitudes térmicas, no decorrer dos primeiros meses, são explicadas por dois fatores: a maior nebulosidade, que contribui com a manutenção do balanço térmico do sistema em um estado de maior equilíbrio; e a disponibilidade de água para o processo de evaporação, que consome energia do ambiente. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 53), as nuvens “[...] retêm parte da radiação de onda longa emitida

pela Terra durante a noite e possibilitam uma maior contra-radiação [...]”, fenômenos que concorrem para o aumento das T_{min} . Além disso, ainda atenuam a entrada de radiação solar direta durante o dia, promovendo o rebaixamento das T_{max} . Por sua vez, a maior disponibilidade de água atua também no sentido de diminuir as T_{max} , pois (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980) a energia solar passa a ser utilizada intensamente no processo de evaporação, em detrimento do aquecimento do ar.

Com o incremento na evaporação, uma consequência direta é o aumento da umidade atmosférica, ambos os processos também relacionados à modificação na dinâmica das temperaturas. Durante a temporada de chuvas, os valores de UR permaneceram elevados, enquanto as amplitudes térmicas mantiveram-se reduzidas. Mas, tão logo passadas as precipitações, todos os postos registraram o decréscimo nos níveis de UR, em concomitância com o crescimento das amplitudes térmicas. Sendo o vapor d’água um dos principais agentes de absorção da radiação, sua presença na atmosfera contribui com o controle das temperaturas apresentadas pelo ar, enquanto sua escassez promove a diminuição desse efeito regulador.

Esse pequeno conjunto de aspectos representa aquilo que foi identificado como comum, no que diz respeito ao comportamento verificado nos diversos postos dos setores A e B. O próximo segmento deste trabalho, além de reconhecer as características genéticas dos microclimas, visa a destacar as diferenças manifestadas entre os microclimas de um mesmo setor da microbacia, para identificar os possíveis impactos causados pela degradação da vegetação.

6.2 Análises rítmica e comparativa

6.2.1 Setor A

Neste trabalho, os aspectos genéticos dos microclimas serão considerados segundo a concepção relacionada à ideia de ritmo climático. Conforme já discutido anteriormente, esta perspectiva demanda a elaboração do chamado gráfico de análise rítmica. Devido a necessidades de ordem prática, os mesmos serão restritos apenas a intervalos de tempo (31 dias) representativos das temporadas chuvosa e seca do período de registro. Cada gráfico é acompanhado de um quadro, no qual são apresentados comentários a respeito da sucessão dos estados de tempo.

As ferramentas utilizadas na análise comparativa são constituídas por tabelas, mediante as quais se pode confrontar os valores assumidos pelos parâmetros estatísticos, quando aplicados às séries completas de dados.

Os Gráficos 9 e 10 referem-se, respectivamente, aos intervalos de tempo representativos dos períodos chuvoso e seco no posto A1, ao passo que os Quadros 6 e 7 destacam as principais considerações relacionadas aos dados apresentados.

Dia	Sistema meteorol.	Prec.	UR	Tmin	T9	Tmax	Δ Térm.
12/3	Núcleo VCAN		64	24	31	37	13
13/3	Borda VCAN	4	64	26	30	36	10
14/3	Núcleo VCAN		64	27	31	37	10
15/3	Núcleo VCAN		60	24	31	38	14
16/3	Borda VCAN		66	26	32	39	13
17/3	Núcleo VCAN		62	23	31	38	15
18/3	MTA		66	23	31	39	16
19/3	ZCIT		64	25	31	33	8
20/3	ZCIT	4	64	24	29	32	8
21/3	ZCIT		68	24	29	32	8
22/3	Borda VCAN		58	24	29	35	11
23/3	Borda VCAN		62	26	30	38	12
24/3	ZCIT/Borda VCAN	8	66	24	29	37	13
25/3	Borda VCAN		76	24	28	32	8
26/3	Borda VCAN		76	24	24	33	9
27/3	MTA	4	58	23	30	35	12
28/3	Borda VCAN	12	84	25	26	31	6
29/3	Borda VCAN	15	74	24	28	35	11
30/3	Borda VCAN	20	68	24	29	35	11
31/3	Núcleo VCAN		68	24	30	36	12
1/4	Borda VCAN	75	74	26	27	32	6
2/4	ZCIT/Borda VCAN		72	24	28	34	10
3/4	ZCIT/Borda VCAN	32	72	24	28	32	8
4/4	ZCIT	14	80	24	27	32	8
5/4	ZCIT		64	24	29	34	10
6/4	MTA		62	24	29	34	10
7/4	ZCIT		68	24	29	32	8
8/4	ZCIT	15	64	24	29	33	9
9/4	ZCIT		74	24	28	35	11
10/4	ZCIT		78	24	26	32	8
11/4	ZCIT		68	23	27	32	9

	Vmax de precipitação / UR.		Vmax das temperaturas / Δ térmicas.
	Vmin de precipitação / UR.		Vmin das temperaturas / Δ térmicas.
	Valores modais (moda) de UR e das temperaturas / Δ térmicas.		

Gráfico 9 – Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 12/3 a 11/4 de 2010, representativo do período chuvoso no posto A1. Valores nas unidades de medida de cada variável.

Dia	Considerações sobre o Gráfico 9
12/3	Valores das temperaturas diurnas relativamente elevados.
13/3	Borda de um VCAN promove precipitação e ligeiro rebaixamento desses valores.
14/3	Todas as temperaturas voltam a se elevar. Apresentação da maior Tmin.
16/3	Aumento das temperaturas. Maiores temperaturas diurnas.
17/3	Núcleo de um VCAN permite a perda de calor durante a noite, pela ausência de nebulosidade, levando à ocorrência da Tmin absoluta.
18/3	Menor controle térmico, devido à MTA, leva à maior das amplitudes de temperatura, com o registro das Tmin e Tmax absolutas.
19/3	ZCIT diminui consideravelmente a Tmax.
20/3	ZCIT promove precipitação e diminuição das temperaturas.
22/3	Menor dos valores de UR, mesmo sob a ação da borda de um VCAN.
24/3	ZCIT/borda de VCAN geram chuva, aumento da UR e diminuição das temperaturas.
25/3	Borda de um VCAN conduz ao aumento da UR, além das quedas nas temperaturas diurnas, principalmente na T9 do dia 26.
26/3	
27/3	MTA condiciona a ocorrência dos Vmin de UR e Tmin, além do aumento nas temperaturas diurnas.
28/3	Maior UR e menor Tmax, devidas à precipitação associada à borda de um VCAN.
29/3	Ocorrência de precipitações ainda relacionadas à atuação da borda de um VCAN.
30/3	Diminuição das Tmin e elevação das temperaturas diurnas.
31/3	Núcleo do VCAN eleva as temperaturas diurnas.
1/4	A maior das precipitações, gerada pela atuação da borda de um VCAN, eleva a UR e faz decrescer a amplitude térmica.
2/4	UR mantida em níveis relativamente altos, e temperaturas diurnas relativamente reduzidas, em função da permanência dos sistemas ZCIT e VCAN (borda).
3/4	
4/4	
5/4	Enfraquecimento da ZCIT leva ao decréscimo da UR e aumento das temperaturas diurnas.
9/4	Domínio da ZCIT mantém os níveis de UR razoavelmente elevados, e promove uma diminuição das T9.
10/4	

Quadro 6 – Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 9 (representativos do período chuvoso no posto AI).

Dia	Sistema meteorol.	Prec.	UR	Tmin	T9	Tmax	Δ Térm.
1/8	MTA		54	21	30	37	16
2/8	MTA		52	22	30	38	16
3/8	MTA		56	24	29	32	8
4/8	MTA		52	24	29	32	8
5/8	MTA		50	24	30	32	8
6/8	MTA		50	22	29	36	14
7/8	linha de instabilidade		52	23	27	31	8
8/8	MTA		50	21	28	36	15
9/8	MTA		52	20	28	38	18
10/8	MTA		54	24	29	35	11
11/8	MTA		48	22	29	32	10
12/8	MTA		48	22	29	36	14
13/8	MTA		46	22	29	37	15
14/8	MTA		52	22	28	37	15
15/8	MTA		56	21	29	38	17
16/8	MTA		58	22	29	37	15
17/8	MTA		58	22	29	38	16
18/8	MTA / linha de inst.		50	21	28	35	14
19/8	MTA		48	21	29	38	17
20/8	MTA		50	19	28	38	19
21/8	MTA		52	21	29	38	17
22/8	MTA		60	25	28	37	12
23/8	MTA		56	24	29	37	13
24/8	MTA		50	22	29	38	16
25/8	MTA		52	22	30	39	17
26/8	MTA		52	23	29	39	16
27/8	MTA		54	24	29	39	15
28/8	MTA		50	23	28	39	16
29/8	MTA		56	22	29	39	17
30/8	MTA		56	24	29	38	14
31/8	linha de instabilidade		50	23	28	37	14

	Vmax de UR.		Vmax das temperaturas / Δ térmicas.
	Vmin de UR.		Vmin das temperaturas / Δ térmicas.
	Valores modais (moda) de UR e das temperaturas / Δ térmicas.		

Gráfico 10 – Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 1/8 a 31/8 de 2010, representativo do período seco no posto A1. Valores nas unidades de medida de cada variável.

Dia	Considerações sobre o Gráfico 10
1/8	Temperaturas diurnas e amplitudes térmicas relativamente elevadas.
2/8	
3/8	
4/8	Diminuição das temperaturas diurnas e amplitudes térmicas. Elevação das Tmin.
7/8	Linha de instabilidade determina as menores temperaturas diurnas e amplitude térmica.
8/8	Aumento das temperaturas diurnas após a passagem da linha de instabilidade.
9/8	
11/8	Queda nos valores de UR.
12/8	
13/8	
14/8	Relativa estabilidade das variáveis associadas à temperatura. Elevação da UR.
15/8	
16/8	
17/8	
18/8	Linha de instabilidade promove a queda verificada no valor de Tmax, mas parece não afetar a UR.
19/8	Aumento das temperaturas diurnas.
22/8	Uma possível mudança na direção dos ventos traz umidade do oceano. O aumento da UR e da nebulosidade (pouco intensa) contribuem com a apresentação da maior Tmin, em função da retenção de calor pelo vapor d'água.
24/8	Elevadas Tmax, com a apresentação das Tmax absolutas entre os dias 25 e 29. Valores de T9 e UR razoavelmente estáveis.
25/8	
26/8	
27/8	
28/8	
29/8	
30/8	
31/8	Linha de instabilidade promove diminuição das temperaturas diurnas.

Quadro 7 – Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 10 (representativos do período seco no posto A1).

Quanto ao posto A2, os intervalos de tempo representativos dos períodos chuvoso e seco são respectivamente apresentados nos Gráficos 11 e 12; os Quadros 8 e 9 expõem as principais considerações relacionadas.

Dia	Sistema meteorol.	Prec.	UR	Tmin	T9	Tmax	Δ Térm.
12/3	Núcleo VCAN		66	25	31	37	12
13/3	Borda VCAN	6	72	26	30	35	9
14/3	Núcleo VCAN		64	27	31	37	10
15/3	Núcleo VCAN		68	25	31	38	13
16/3	Borda VCAN		62	27	31	38	11
17/3	Núcleo VCAN		66	24	29	38	14
18/3	MTA		56	22	32	38	16
19/3	ZCIT		68	27	30	36	9
20/3	ZCIT	4	72	24	30	34	10
21/3	ZCIT		80	25	28	35	10
22/3	Borda VCAN		60	25	30	36	11
23/3	Borda VCAN		64	26	31	39	13
24/3	ZCIT/Borda VCAN	6	68	25	30	38	13
25/3	Borda VCAN		80	24	29	33	9
26/3	Borda VCAN		78	25	25	33	8
27/3	MTA	6	60	24	30	36	12
28/3	Borda VCAN	20	74	24	29	32	8
29/3	Borda VCAN	10	74	24	28	35	11
30/3	Borda VCAN	15	72	26	27	36	10
31/3	Núcleo VCAN		74	22	28	35	13
1/4	Borda VCAN	74	72	26	27	34	8
2/4	ZCIT/Borda VCAN	4	78	24	27	35	11
3/4	ZCIT/Borda VCAN	40	80	24	27	34	10
4/4	ZCIT	22	82	24	27	34	10
5/4	ZCIT		84	24	28	35	11
6/4	MTA		68	24	28	33	9
7/4	ZCIT		74	23	26	31	8
8/4	ZCIT	10	72	22	25	36	14
9/4	ZCIT		78	25	28	34	9
10/4	ZCIT		80	23	25	35	12
11/4	ZCIT		76	23	28	32	9

	Vmax de precipitação / UR.		Vmax das temperaturas / Δ térmicas.
	Vmin de precipitação / UR.		Vmin das temperaturas / Δ térmicas.
	Valores modais (moda) de UR e das temperaturas / Δ térmicas.		

Gráfico 11 – Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 12/3 a 11/4 de 2010, representativo do período chuvoso no posto A2. Valores nas unidades de medida de cada variável.

Dia	Considerações sobre o Gráfico 11
12/3	Relativamente elevados valores de temperatura.
13/3	Precipitação eleva a UR e diminui a amplitude térmica.
14/3	Núcleo de um VCAN condiciona o aumento das temperaturas diurnas e o rebaixamento dos valores de UR.
15/3	
18/3	Menor controle térmico, devido à MTA, leva à maior das amplitudes de temperatura, com registro da Tmin absoluta, do Vmax de T9 e do Vmin de UR.
19/3	ZCIT reduz as amplitudes térmicas e eleva os níveis de UR.
20/3	
21/3	
22/3	Borda de VCAN não consegue manter o quadro dos dias anteriores, condicionado pela atuação da ZCIT.
23/3	
24/3	Acoplamento ZCIT/borda de VCAN produz precipitação, levando ao aumento da UR e à diminuição das temperaturas diurnas.
25/3	Borda de um VCAN reduz as Tmax e eleva os valores de UR. Apresentação dos menores valores de T9 e amplitude térmica no dia 26.
26/3	
27/3	Elevação das temperaturas diurnas e diminuição da UR, sob a ação da MTA.
28/3	Ocorrência de precipitação associada à borda de um VCAN. Valores de T9 em queda.
29/3	
30/3	
31/3	A falta de nebulosidade, decorrente da atuação do núcleo do VCAN, condiciona a ocorrência da Tmin absoluta.
1/4	A maior das precipitações, gerada pela atuação da borda de um VCAN, faz decrescer a amplitude térmica deste dia.
2/4	A sequência de dias de chuva mantém as temperaturas diurnas em níveis reduzidos, e gera um incremento nos valores de UR.
3/4	
4/4	
5/4	Enfraquecimento da ZCIT promove o aumento das temperaturas diurnas. Registro do maior nível de UR, provavelmente em função da sequência de dias chuvosos anteriores.
6/4	Queda do nível de UR com a atuação da MTA.
7/4	ZCIT eleva a UR e diminui as temperaturas diurnas.
8/4	ZCIT mantém razoavelmente elevados os valores de UR.
9/4	
10/4	
11/4	

Quadro 8 – Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 11 (representativos do período chuvoso no posto A2).

Dia	Sistema meteorol.	Prec.	UR	Tmin	T9	Tmax	Δ Térm.
1/8	MTA		46	21	30	37	16
2/8	MTA		50	20	29	38	18
3/8	MTA		40	19	31	35	16
4/8	MTA		50	21	29	37	16
5/8	MTA		42	20	30	32	12
6/8	MTA		40	25	30	39	14
7/8	linha de instabilidade		48	19	27	40	21
8/8	MTA		50	20	29	36	16
9/8	MTA		42	25	29	38	13
10/8	MTA		56	23	32	35	12
11/8	MTA		48	18	30	36	18
12/8	MTA		50	20	31	37	17
13/8	MTA		46	25	29	41	16
14/8	MTA		50	20	30	35	15
15/8	MTA		52	21	31	40	19
16/8	MTA		40	25	29	40	15
17/8	MTA		50	19	30	35	16
18/8	MTA / linha de inst.		46	20	29	35	15
19/8	MTA		48	21	30	40	19
20/8	MTA		50	20	30	40	20
21/8	MTA		42	25	30	37	12
22/8	MTA		56	27	32	35	8
23/8	MTA		40	22	29	37	15
24/8	MTA		42	20	30	38	18
25/8	MTA		54	23	29	41	18
26/8	MTA		52	21	30	40	19
27/8	MTA		48	21	30	39	18
28/8	MTA		50	25	32	35	10
29/8	MTA		52	20	30	37	17
30/8	MTA		48	21	30	40	19
31/8	linha de instabilidade		50	20	33	35	15

	Vmax de UR.		Vmax das temperaturas / Δ térmicas.
	Vmin de UR.		Vmin das temperaturas / Δ térmicas.
	Valores modais (moda) de UR e das temperaturas / Δ térmicas.		

Gráfico 12 – Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 1/8 a 31/8 de 2010, representativo do período seco no posto A2. Valores nas unidades de medida de cada variável.

Dia	Considerações sobre o Gráfico 12
1/8	Baixa UR e amplitude térmica moderada.
7/8	Linha de instabilidade afeta mais significativamente apenas o valor de T9, pois nesta data ocorreu a maior amplitude térmica diária.
11/8	Elevação contínua das Tmin e Tmax. Apresentação da Tmin absoluta no dia 11 e Tmax absoluta no dia 13.
12/8	
13/8	
15/8	Elevadas Tmax e queda nos valores de UR.
16/8	
18/8	Linha de instabilidade mantém as temperaturas diurnas moderadas.
19/8	Elevadas Tmax.
20/8	
22/8	Uma possível mudança na direção dos ventos traz umidade do oceano. O aumento da UR e da nebulosidade (pouco intensa) contribuem com a apresentação da maior Tmin, em função da retenção de calor pelo vapor d'água.
24/8	Sucessão de elevados valores de Tmax.
25/8	
26/8	
27/8	
31/8	A linha de instabilidade não exerceu efeito regulador sobre o valor de T9, mas apenas sobre as Tmax, as quais se apresentavam elevadas nos dois dias anteriores.

Quadro 9 – Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 12 (representativos do período seco no posto A2).

O setor A, conforme já mencionado, corresponde às porções mais rebaixadas da microbacia, também sujeitas à quase total devastação de sua cobertura vegetal original. Todo esse quadro justifica o fato de que nesta área tenham sido registrados os maiores valores das variáveis T9 (33°C) e Tmax (41°C), considerando a totalidade dos postos e o período integral de estudo. Neste setor também foram verificados os mais baixos níveis de UR, os quais chegaram à marca dos 40%.

Tratando-se mais especificamente sobre a comparação entre os dados dos dois postos integrantes do setor A, a Tabela 1 confronta os valores assumidos pelos principais parâmetros estatísticos empregados.

Tabela 1 – Principais parâmetros estatísticos aplicados às variáveis mensuradas nos postos do setor A (considera o período de registro completo, sendo os valores expressos nas unidades de medida de cada variável).

Variável	Parâmetro estatístico	Posto A1	Posto A2
Precipitação	Total	366	393
Tmin	Tmin absoluta	19	18
	F	2	1
	Vmax	27	27
	F	1	6
	MO	24	24
	F	66	40
T9	Vmax	32	33
	F	2	3
	Vmin	24	25
	F	2	4
	MO	29	29
	F	87	54
Tmax	Tmax absoluta	40	41
	F	1	2
	Vmin	30	30
	F	2	1
	MO	38	35
	F	34	40
Δ Térmica diária	Vmax	19	21
	F	2	1
	Vmin	6	6
	F	2	2
	MO	11	12
	F	28	26
Δ Térmica total		21	23
UR	Vmax	86	84
	F	1	2
	Vmin	40	40
	F	1	8
	MO	50	50
	F	25	22
Δ Higrométrica total		46	44

De acordo com esta tabela, a Tmin absoluta registrada no posto A2 (local de vegetação mais preservada) foi mais baixa do que a verificada em A1 (local de vegetação degradada). No entanto, a Tmin de valor mais elevado (27°C) foi mais frequente no posto A2, o que sugere o papel da cobertura vegetal no impedimento à perda excessiva de calor durante

a noite. O efeito termorregulador exercido pela vegetação é bastante discutido na literatura (GARCEZ, 1967; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; VIANELLO; ALVES, 1991).

Já durante o dia, outros processos parecem sobrepor-se à ação desse efeito regulador das temperaturas, dado que no posto A2 foram superiores tanto os V_{min} (25°C) e V_{max} (33°C) da variável T9, quanto o valor da T_{max} absoluta (41°C). Como resultado das maiores T_{max} e menores T_{min} em A2, este posto apresentou os maiores valores de amplitude térmica máxima diária (21°C) e total (23°C). Uma interpretação visual desses dados pode ser realizada pela análise do Gráfico 13, que compara as variáveis de temperatura dos postos do setor A.

A tendência à apresentação de maiores temperaturas diurnas no posto situado em área de vegetação mais preservada poderia ser explicada ao se considerar a possibilidade da menor intensidade dos ventos no interior desse ambiente. Geiger (1990) e Tubelis e Nascimento (1980) mencionam o efeito de diminuição na velocidade dos ventos, provocado pela vegetação. Os dois últimos autores explicam que, sobre espaços desmatados, o perfil vertical da velocidade dos ventos é crescente já a partir da superfície do solo, enquanto que, sobre espaços vegetados, torna-se crescente apenas após o nível das copas das árvores. Ou seja, a velocidade do vento no interior da cobertura vegetal é condicionada a permanecer em níveis reduzidos. Uma vez que situações de baixa mobilidade do vento dificultam a redistribuição de calor no ar (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007), este fato pode estar determinando a ocorrência das maiores temperaturas diurnas em A2.

Mas, um aspecto importante, o qual contraria a mencionada tendência à apresentação de maiores temperaturas diurnas em A2, corresponde ao valor significativamente inferior da moda das T_{max} (35°C) neste posto. Isso indica a grande frequência com que aí as T_{max} não chegam a alcançar valores demasiadamente elevados.

Quanto à UR, ainda que seu V_{max} (86%) tenha sido registrado no posto A1 (dia 20/04/2010), não é possível afirmar que em A2 não tenham ocorrido valores superiores, pois nas datas em torno desta ocorrência não há dados disponíveis para o posto A2. Em relação ao V_{min} de UR (40%), este foi verificado em ambos os postos, porém com uma frequência acentuadamente maior em A2 (Gráfico 14).

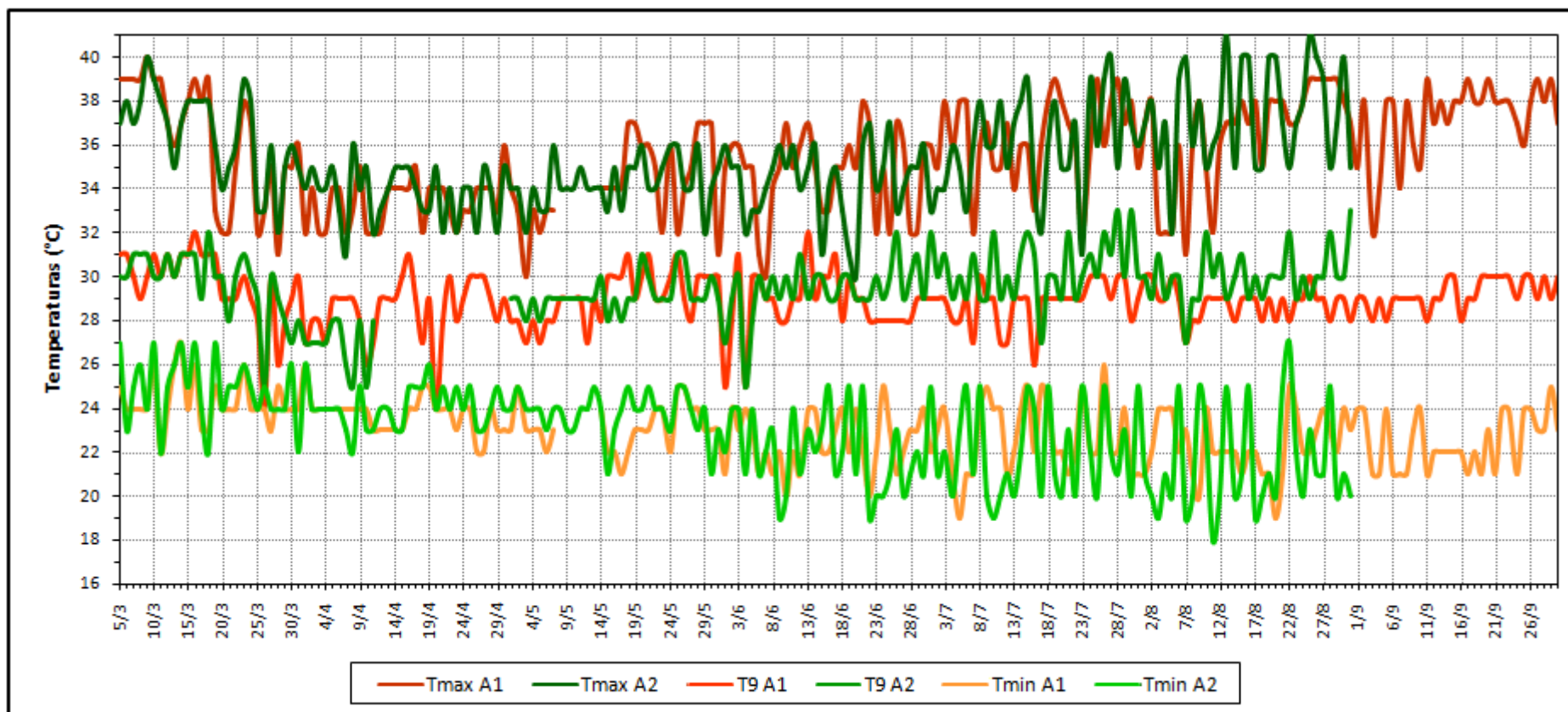


Gráfico 13 – Comparativo entre as temperaturas registradas nos postos A1 e A2.

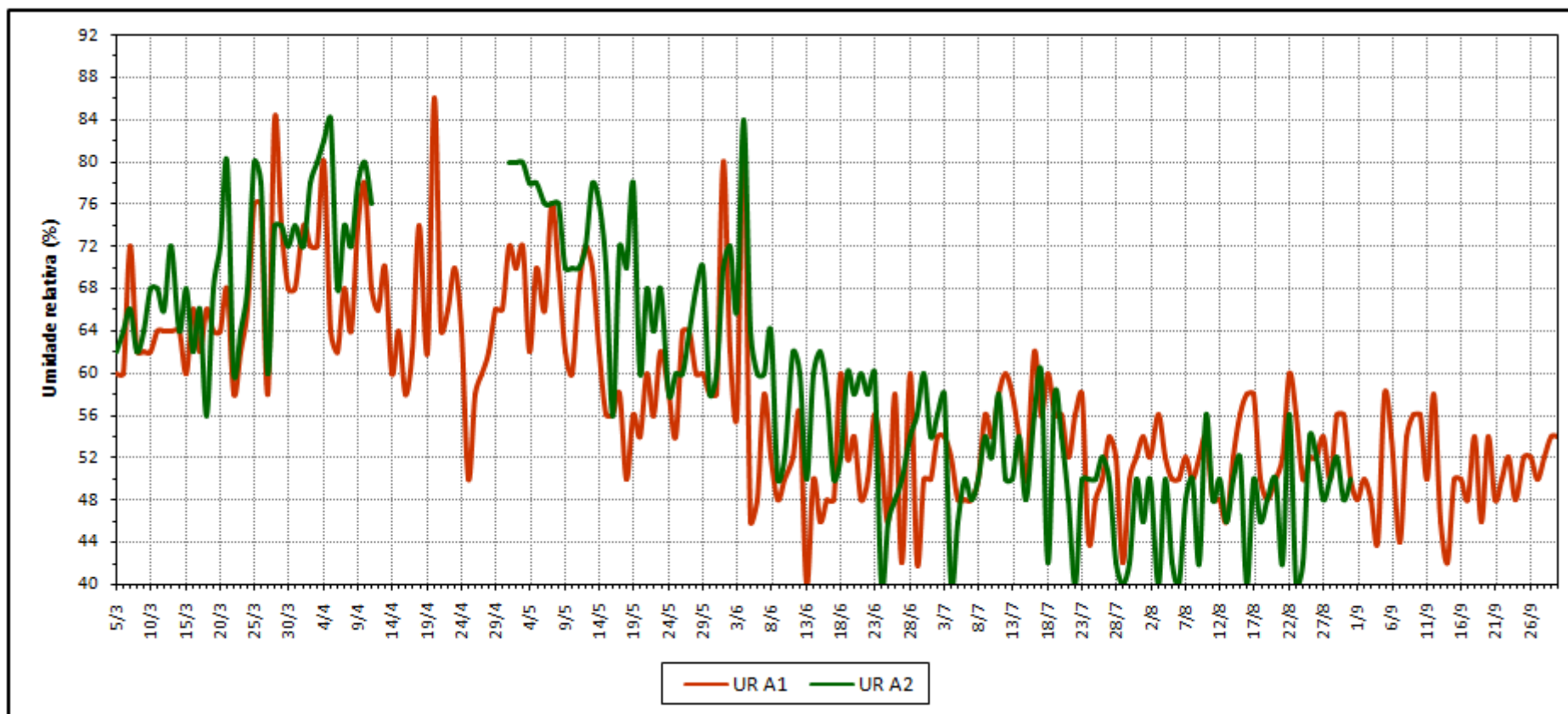


Gráfico 14 – Comparativo entre os valores de UR registrados nos postos A1 e A2.

Visando a quantificar precisamente o montante de dias nos quais o valor de uma determinada variável foi mais elevado em um dos postos, relativamente ao registrado no outro; além de expor o desvio padrão das respectivas séries de dados, apresenta-se a Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem de dias em que o valor de uma determinada variável foi mais elevado que o correspondente no outro posto, e de dias em que ambos os valores coincidiram. Desvio padrão (S) para as séries de dados completas de cada variável. Informações relativas aos postos do setor A.

Variável	Mais elevado em A1 (% de dias)	Mais elevado em A2 (% de dias)	Coincidiram (% de dias)	S	
				A1	A2
Tmin	35,1	39,7	25,3	1,4	2,1
T9	21,1	52,2	26,7	1,2	1,5
Tmax	37,4	43,7	19,0	2,4	2,2
Δ Térmica	37,4	43,1	19,5	3,0	3,2
UR	30,4	55,9	13,7	8,9	11,8

Para todas as variáveis de temperatura, os dados da Tabela 2 confirmam as tendências sugeridas pela Tabela 1 (mais evidentes no Gráfico 13), que se referem à predominância de valores mais elevados no posto A2, e mais reduzidos em A1. A T9 aparece como a variável de temperatura que mais recorrentemente apresenta os valores superiores em A2, embora a porcentagem de dias com valores coincidentes também seja a mais alta. Refletindo a menor variabilidade associada à dinâmica das temperaturas em A1, o valor do desvio padrão de quase todas as séries de temperatura foi menor no referido posto. A exceção se faz à série de Tmax, cujo valor (2,4°C) foi maior do que o calculado em A2 (2,2°C). Este fato certamente decorre do valor significativamente mais baixo da moda das Tmax em A2, o que contribuiu com a menor variabilidade deste aspecto climático.

No que diz respeito ao comportamento da UR, a segunda tabela evidencia o fato de que em 55,9% dos dias os valores desta variável foram maiores no posto A2 (representante do local de vegetação mais preservada). Considerando também os casos de coincidência entre os valores mensurados, pode-se afirmar que em 69,6% dos dias os níveis de UR do posto A2 foram maiores ou iguais àqueles registrados em A1. Especificamente no caso dos ambientes estudados, isso mostra que, para a determinação da UR, a cobertura vegetal (posto A2) parece constituir-se num fator mais importante do que a proximidade em relação a corpos hídricos (posto A1). Sobre os valores de desvio padrão para a variável UR, os mais elevados foram apresentados pelo posto A2 (11,8 unidades percentuais), o que pode ser decorrente da maior frequência com que aí também ocorreram níveis muito baixos desta variável (Gráfico 14).

6.2.2 Setor B

Os Gráficos 15 e 16 referem-se, respectivamente, aos intervalos de tempo representativos dos períodos chuvoso e seco no posto *B1*, ao passo que os Quadros 10 e 11 destacam as principais considerações relacionadas aos dados apresentados.

Dia	Sistema meteorol.	Prec.	UR	Tmin	T9	Tmax	Δ Térm.
12/3	Núcleo VCAN		62	25	32	36	11
13/3	Borda VCAN	20	66	26	29	35	9
14/3	Núcleo VCAN		62	25	30	33	8
15/3	Núcleo VCAN		70	25	27	36	11
16/3	Borda VCAN		60	27	30	36	9
17/3	Núcleo VCAN		68	23	28	36	13
18/3	MTA		56	22	30	37	15
19/3	ZCIT		64	25	30	31	6
20/3	ZCIT	4	68	24	28	31	7
21/3	ZCIT		82	24	26	31	7
22/3	Borda VCAN		62	24	28	35	11
23/3	Borda VCAN		62	25	29	36	11
24/3	ZCIT/Borda VCAN	2	68	25	29	35	10
25/3	Borda VCAN		80	25	27	32	7
26/3	Borda VCAN		70	24	25	31	7
27/3	MTA	4	58	23	29	34	11
28/3	Borda VCAN	25	84	26	26	31	5
29/3	Borda VCAN	5	78	25	27	33	8
30/3	Borda VCAN	10	70	24	29	34	10
31/3	Núcleo VCAN		72	25	28	33	8
1/4	Borda VCAN	75	70	27	27	32	5
2/4	ZCIT/Borda VCAN	5	74	23	28	31	8
3/4	ZCIT/Borda VCAN	50	76	24	27	31	7
4/4	ZCIT	28	82	23	26	31	8
5/4	ZCIT		70	26	28	33	7
6/4	MTA		60	24	29	34	10
7/4	ZCIT		68	25	28	31	6
8/4	ZCIT	6	72	25	28	33	8
9/4	ZCIT		78	24	27	32	8
10/4	ZCIT		72	22	27	31	9
11/4	ZCIT		74	24	27	30	6

	Vmax de precipitação / UR.		Vmax das temperaturas / Δ térmicas.
	Vmin de precipitação / UR.		Vmin das temperaturas / Δ térmicas.
	Valores modais (moda) de UR e das temperaturas / Δ térmicas.		

Gráfico 15 – Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 12/3 a 11/4 de 2010, representativo do período chuvoso no posto *B1*. Valores nas unidades de medida de cada variável.

Dia	Considerações sobre o Gráfico 15
12/3	Elevadas temperaturas diurnas, sob a ação do núcleo de um VCAN.
13/3	Borda do VCAN promove precipitação e rebaixamento das temperaturas diurnas.
16/3	Nebulosidade associada à borda do VCAN condiciona a maior Tmin.
17/3	Falta de nebulosidade, decorrente da atuação do núcleo de um VCAN, conduz ao rebaixamento da Tmin.
18/3	Menor controle térmico, devido à MTA, leva à maior das amplitudes de temperatura, com o registro das Tmin e Tmax absolutas, além do menor valor de UR.
19/3	ZCIT eleva a UR e a Tmin, tanto quanto promove a queda da Tmax.
20/3	Aumento da UR sob a atuação da ZCIT. Valores de Tmin e Tmax mantidos estáveis.
21/3	
22/3	Elevação das Tmax e decréscimo nos níveis de UR, mesmo sob a atuação da borda de um VCAN.
23/3	
24/3	Acoplamento da ZCIT com o VCAN eleva a UR, e diminui pouco significativamente o valor da Tmax.
25/3	Borda do VCAN eleva ainda mais a UR, e promove o decréscimo das temperaturas diurnas.
26/3	O mesmo sistema continua a condicionar a diminuição das temperaturas diurnas, principalmente da T9.
27/3	Elevação das temperaturas diurnas e diminuição da UR, devido à ação da MTA.
28/3	Sequência de dias com registro de precipitações devidas à borda do VCAN. Temperaturas diurnas mantidas em níveis moderados / baixos. Verificação do maior valor de UR e da menor amplitude térmica, no dia 28.
29/3	
30/3	
1/4	Borda do VCAN gera o maior evento pluviométrico registrado, proporcionando novamente o alcance da mais baixa amplitude térmica, com temperaturas noturnas elevadas e diurnas reduzidas.
2/4	ZCIT e borda do VCAN dão sequência às precipitações, mantendo a UR em alta, as T9 em queda, e as Tmax em níveis reduzidos.
3/4	
4/4	
5/4	Enfraquecimento da ZCIT leva ao decréscimo da UR e aumento das temperaturas diurnas.
6/4	MTA promove o aumento das temperaturas diurnas e a diminuição da UR.
7/4	ZCIT inverte o quadro do dia anterior.
8/4	ZCIT mantém as temperaturas diurnas em níveis baixos / moderados, e a UR razoavelmente elevada.
9/4	
10/4	
11/4	

Quadro 10 – Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 15 (representativos do período chuvoso no posto B1).

Dia	Sistema meteorol.	Prec.	UR	Tmin	T9	Tmax	Δ Térm.
1/8	MTA		54	21	29	37	16
2/8	MTA		58	22	29	36	14
3/8	MTA		60	22	30	35	13
4/8	MTA		52	25	28	35	10
5/8	MTA		50	21	29	35	14
6/8	MTA		58	23	28	35	12
7/8	linha de instabilidade		66	23	26	37	14
8/8	MTA		54	17	28	35	18
9/8	MTA		54	20	28	36	16
10/8	MTA		56	22	28	35	13
11/8	MTA		50	21	29	35	14
12/8	MTA		52	23	28	35	12
13/8	MTA		50	22	28	36	14
14/8	MTA		56	20	27	35	15
15/8	MTA		56	21	28	37	16
16/8	MTA		60	22	28	35	13
17/8	MTA		60	22	29	38	16
18/8	MTA / linha de inst.		54	23	27	34	11
19/8	MTA		50	21	28	35	14
20/8	MTA		50	20	28	35	15
21/8	MTA		56	20	28	34	14
22/8	MTA		66	26	27	34	8
23/8	MTA		58	24	28	35	11
24/8	MTA		54	21	29	37	16
25/8	MTA		58	21	28	37	16
26/8	MTA		60	25	28	36	11
27/8	MTA		58	24	29	37	13
28/8	MTA		54	22	29	37	15
29/8	MTA		60	22	28	38	16
30/8	MTA		60	25	28	36	11
31/8	linha de instabilidade		52	24	29	35	11

	Vmax de UR.		Vmax das temperaturas / Δ térmicas.
	Vmin de UR.		Vmin das temperaturas / Δ térmicas.
	Valores modais (moda) de UR e das temperaturas / Δ térmicas.		

Gráfico 16 – Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 1/8 a 31/8 de 2010, representativo do período seco no posto B1. Valores nas unidades de medida de cada variável.

Dia	Considerações sobre o Gráfico 16
1/8	Elevadas temperaturas diurnas e baixa UR, sob o domínio da MTA.
4/8	Muito baixos valores de UR. Tmax moderadas.
5/8	
7/8	Passagem de uma linha de instabilidade condiciona a menor T9 e a maior UR registradas no período.
8/8	Diminuição da UR com o retorno do predomínio da MTA. Tmin absoluta leva à maior amplitude térmica diária.
11/8	Sequência de dias com valores de UR muito reduzidos. Temperaturas diurnas moderadas para o período.
12/8	
13/8	
17/8	Elevação das temperaturas diurnas, principalmente da Tmax. Entretanto, apresentação de um valor de UR consideravelmente alto.
18/8	Linha de instabilidade promove queda da Tmax e diminuição da T9, mas parece não afetar a UR.
19/8	Sequência de dias com a apresentação de valores de UR muito baixos.
20/8	
22/8	Uma possível mudança na direção dos ventos traz umidade do oceano. O aumento da UR e da nebulosidade (pouco intensa) contribuem com o controle térmico, reduzindo a amplitude de temperatura. Apresentação da maior Tmin e da menor Tmax.
23/8	Elevação das temperaturas diurnas, decréscimo das Tmin e dos valores de UR.
24/8	
26/8	Elevação das Tmax, acompanhada da diminuição das Tmin.
27/8	
28/8	
29/8	
31/8	Linha de instabilidade pode ter contribuído com o pequeno rebaixamento da Tmax.

Quadro 11 – Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 16 (representativos do período seco no posto B1).

Quanto ao posto B2, os intervalos de tempo representativos dos períodos chuvoso e seco são respectivamente apresentados nos Gráficos 17 e 18; os Quadros 12 e 13 expõem as principais considerações relacionadas.

Dia	Sistema meteorol.	Prec.	UR	Tmin	T9	Tmax	Δ Térm.
12/3	Núcleo VCAN		60	23	31	36	13
13/3	Borda VCAN	24	66	26	29	36	10
14/3	Núcleo VCAN		62	24	30	35	11
15/3	Núcleo VCAN		66	25	29	36	11
16/3	Borda VCAN		62	25	29	37	12
17/3	Núcleo VCAN		68	21	27	37	16
18/3	MTA		54	20	30	37	17
19/3	ZCIT		66	23	30	33	10
20/3	ZCIT	4	68	23	28	31	8
21/3	ZCIT		78	24	26	32	8
22/3	Borda VCAN		64	24	28	34	10
23/3	Borda VCAN		62	26	30	37	11
24/3	ZCIT/Borda VCAN	4	68	23	29	36	13
25/3	Borda VCAN		78	23	27	34	11
26/3	Borda VCAN		72	23	24	32	9
27/3	MTA	5	60	21	29	34	13
28/3	Borda VCAN	25	80	25	26	32	7
29/3	Borda VCAN	5	78	23	27	34	11
30/3	Borda VCAN	15	70	22	29	34	12
31/3	Núcleo VCAN		70	23	28	36	13
1/4	Borda VCAN	75	60	25	28	32	7
2/4	ZCIT/Borda VCAN	5	72	22	28	33	11
3/4	ZCIT/Borda VCAN	48	76	23	27	32	9
4/4	ZCIT	30	76	22	27	33	11
5/4	ZCIT		66	22	29	34	12
6/4	MTA		60	22	30	34	12
7/4	ZCIT		68	22	29	34	12
8/4	ZCIT	5	72	23	27	33	10
9/4	ZCIT		76	23	27	34	11
10/4	ZCIT		72	22	28	33	11
11/4	ZCIT		72	23	27	32	9

	Vmax de precipitação / UR.		Vmax das temperaturas / Δ térmicas.
	Vmin de precipitação / UR.		Vmin das temperaturas / Δ térmicas.
	Valores modais (moda) de UR e das temperaturas / Δ térmicas.		

Gráfico 17 – Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 12/3 a 11/4 de 2010, representativo do período chuvoso no posto B2. Valores nas unidades de medida de cada variável.

Dia	Considerações sobre o Gráfico 17
12/3	Elevadas temperaturas diurnas, sob a atuação do núcleo de um VCAN.
13/3	Borda do VCAN promove precipitação, aumento nos valores de UR e Tmin, além de diminuição da T9.
18/3	Menor controle térmico, devido à MTA, leva à maior das amplitudes de temperatura, com o registro das Tmin e Tmax absolutas, além do menor valor de UR.
19/3	ZCIT promove a inversão do quadro anterior, diminuindo as temperaturas diurnas, elevando as temperaturas noturnas e a UR. Apresentação da menor Tmax no dia da ocorrência de uma leve precipitação (20/3).
20/3	
21/3	
22/3	Atuação da borda de um VCAN não consegue manter as condições anteriores, com exceção da continuidade no aumento das Tmin, possivelmente devido à nebulosidade noturna.
23/3	
24/3	Acoplamento ZCIT / borda do VCAN condiciona leve diminuição das temperaturas diurnas e elevação da UR.
25/3	Nebulosidade associada à borda do VCAN faz decrescerem as temperaturas diurnas, porém a UR também diminui.
26/3	
27/3	Elevação das temperaturas diurnas (principalmente da T9) e rebaixamento da Tmin, com a atuação da MTA. O valor da UR decresce.
28/3	Sequência de dias com a ocorrência de precipitações devidas à atuação da borda de um VCAN. Temperaturas diurnas de moderadas a baixas, e níveis de UR consideravelmente altos. Entretanto, sucessão de valores de Tmin sempre inferiores.
29/3	
30/3	
31/3	Núcleo do VCAN interrompe a sequência de dias de chuva e eleva a Tmax.
1/4	Maior dos eventos pluviométricos devido à atuação da borda de um VCAN. Diminuição da Tmax e crescimento da Tmin, redundando no registro da menor amplitude térmica.
2/4	Continuidade à sequência de dias chuvosos. Manutenção das temperaturas diurnas em níveis reduzidos e da UR com valores consideravelmente elevados.
3/4	
4/4	
5/4	Enfraquecimento da ZCIT leva à queda da UR, e ao leve aumento das temperaturas diurnas.
6/4	MTA reduz ainda mais o nível de UR, e eleva o valor de T9.
7/4	O retorno da ZCIT proporciona a subida dos valores de UR, e mantém as temperaturas diurnas de baixas a moderadas.
8/4	
9/4	
10/4	
11/4	

Quadro 12 – Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 17 (representativos do período chuvoso no posto B2).

Dia	Sistema meteorol.	Prec.	UR	Tmin	T9	Tmax	Δ Térm.
1/8	MTA		54	18	30	38	20
2/8	MTA		58	20	29	37	17
3/8	MTA		60	19	28	37	18
4/8	MTA		56	21	28	37	16
5/8	MTA		52	17	29	37	20
6/8	MTA		58	21	28	36	15
7/8	linha de instabilidade		66	21	26	36	15
8/8	MTA		56	18	27	35	17
9/8	MTA		56	20	27	37	17
10/8	MTA		58	18	28	34	16
11/8	MTA		48	24	28	37	13
12/8	MTA		52	19	28	37	18
13/8	MTA		50	19	29	37	18
14/8	MTA		58	18	27	36	18
15/8	MTA		56	19	29	39	20
16/8	MTA		60	20	28	38	18
17/8	MTA		60	20	29	39	19
18/8	MTA / linha de inst.		54	21	28	35	14
19/8	MTA		52	18	28	36	18
20/8	MTA		50	16	28	36	20
21/8	MTA		56	18	29	36	18
22/8	MTA		66	24	26	36	12
23/8	MTA		60	22	28	38	16
24/8	MTA		58	20	29	39	19
25/8	MTA		58	19	29	38	19
26/8	MTA		60	23	29	38	15
27/8	MTA		60	21	30	38	17
28/8	MTA		56	21	29	38	17
29/8	MTA		60	19	28	39	20
30/8	MTA		60	25	28	38	13
31/8	linha de instabilidade		56	21	28	32	11

	Vmax de UR.		Vmax das temperaturas / Δ térmicas.
	Vmin de UR.		Vmin das temperaturas / Δ térmicas.
	Valores modais (moda) de UR e das temperaturas / Δ térmicas.		

Gráfico 18 – Gráfico de análise rítmica para o intervalo de 1/8 a 31/8 de 2010, representativo do período seco no posto B2. Valores nas unidades de medida de cada variável.

Dia	Considerações sobre o gráfico 18
1/8	Elevadas temperaturas diurnas e amplitude térmica. Baixo valor de UR.
2/8	Redução das temperaturas diurnas, acompanhada de elevação das temperaturas noturnas. Leve aumento dos valores de UR.
3/8	
4/8	
5/8	Diminuição da T _{min} leva à grande amplitude térmica. Redução da UR.
6/8	Diminuição da amplitude térmica e aumento da UR.
7/8	Passagem de uma linha de instabilidade condiciona a menor T ₉ e a maior UR registradas no período.
8/8	Diminuição da UR com o retorno ao predomínio da MTA.
11/8	Sequência de dias que apresentaram valores muito baixos de UR. As T _{max} mantêm-se relativamente elevadas.
12/8	
13/8	
14/8	Leve inversão do quadro anterior.
15/8	Sequência de dias que apresentam valores muito elevados de T _{max} .
16/8	
17/8	
18/8	Linha de instabilidade promove a queda nas T _{max} .
20/8	Reduzido nível de UR pode ter contribuído com a ocorrência da T _{min} absoluta, pela menor eficácia do controle térmico, devida à escassez de vapor d'água atmosférico.
21/8	Leve inversão do quadro anterior.
22/8	Uma possível mudança na direção dos ventos traz umidade do oceano. O aumento da UR e da nebulosidade (pouco intensa) contribuem com o controle térmico, elevando o valor de T _{min} . Apresentação da menor T ₉ .
23/8	Elevação das temperaturas diurnas, decréscimo das T _{min} e dos valores de UR.
24/8	
25/8	Manutenção das T _{max} em níveis bastante elevados, das T ₉ em níveis de moderados a altos, e dos valores de UR entre moderados e baixos. As T _{min} variam de maneira mais significativa.
26/8	
27/8	
28/8	
29/8	
30/8	
31/8	Linha de instabilidade determina grande queda da T _{max} .

Quadro 13 – Principais considerações acerca dos dados apresentados no Gráfico 18 (representativos do período seco no posto B2).

Embora os postos do setor B também se situem sobre terrenos relativamente rebaixados e predominantemente submetidos a um intenso processo de desmatamento, a área em foco corresponde ao fundo do vale encaixado, cujas vertentes laterais apresentam-se sob a forma de amplos paredões, ainda recobertos por um corpo vegetacional parcialmente preservado. A redução do horizonte, provocada por esses paredões, certamente determina uma diminuição na quantidade diária de horas de insolação recebida, com reflexos diretos sobre as temperaturas locais. A UR também é afetada por essa diminuição na quantidade de energia

térmica que entra no sistema, tanto quanto pelo quadro de maior densidade da cobertura vegetal do ambiente circundante.

O resultado desse conjunto de condições geoambientais é que, relativamente ao setor A, os postos do setor B registraram os mais baixos níveis das variáveis: Tmin (absoluta 16°C, Vmax 26°C), T9 (Vmin 23°C, Vmax 31°C), Tmax (absoluta 39°C, Vmin 29°C) e amplitude térmica diária (Vmin 5°C, Vmax 18°C). No que concerne à UR, os postos do setor B ainda verificaram os maiores Vmax (88%), bem como os Vmin mais elevados (44%).

Direcionando a análise para a comparação entre os dois postos deste setor, a Tabela 3 apresenta os valores dos parâmetros estatísticos assumidos pelas variáveis estudadas.

Tabela 3 – Principais parâmetros estatísticos aplicados às variáveis mensuradas nos postos do setor B (considera o período de registro completo, sendo os valores expressos nas unidades de medida de cada variável).

Variável	Parâmetro estatístico	Posto B1	Posto B2
Precipitação	Total	473	492
Tmin	Tmin absoluta	17	16
	F	2	1
	Vmax	27	26
	F	4	3
	MO	24	21
	F	41	46
T9	Vmax	32	31
	F	1	3
	Vmin	23	23
	F	1	1
	MO	28	29
	F	72	62
Tmax	Tmax absoluta	39	40
	F	1	2
	Vmin	29	30
	F	1	1
	MO	35	37
	F	62	43
Δ Térmica diária	Vmax	18	22
	F	3	1
	Vmin	5	6
	F	5	1
	MO	11	13
	F	32	26
Δ Térmica total		22	24

Tabela 3 – Principais parâmetros estatísticos aplicados às variáveis mensuradas nos postos do setor *B* (considera o período de registro completo, sendo os valores expressos nas unidades de medida de cada variável).

Variável	Parâmetro estatístico	Posto <i>B1</i>	Posto <i>B2</i>
UR	Vmax	88	84
	F	1	1
	Vmin	44	46
	F	2	1
	MO	60	60
	F	28	32
Δ Higrométrica total		44	38

Esta tabela sugere a tendência à ocorrência de noites mais frias na área do posto *B2* (local de vegetação mais preservada), na medida em que todos os parâmetros estatísticos aplicados à variável *Tmin* apresentaram valores inferiores àqueles verificados em *B1* (local de vegetação degradada). A moda, em particular, foi significativamente inferior, apresentando-se três graus abaixo da registrada no outro posto. Isso mostra que o efeito de regulação térmica, promovido pela cobertura vegetal, parece não ser o fenômeno preponderante no ambiente do posto *B2*. Tal fato pode ser decorrente das características topográficas do local de implantação deste posto, dado que o mesmo está situado numa cota 13 metros inferior à de *B1*, sobre áreas mais rebaixadas, próximas à calha do Riacho do Boqueirão. Geiger (1990) explica relacionamento existente entre as feições de relevo rebaixado e a dinâmica de escoamento noturno de ar frio. Segundo o autor, o resfriamento da camada de ar junto ao solo, durante a noite, torna-a progressivamente mais densa. Sob essas condições, a porção de ar tende a escoar em direção às partes mais deprimidas do relevo, o que implica na ocorrência de temperaturas mínimas mais reduzidas nesses espaços.

Contrariando também a expectativa de menores temperaturas diurnas no ambiente de vegetação mais preservada, a moda das *T9* em *B2*, bem como os valores de todos os parâmetros estatísticos aplicados às *Tmax* deste posto, apresentaram-se mais elevados do que em *B1*. Como resultado da dinâmica das *Tmax* e *Tmin* em *B2*, os valores dos parâmetros relativos à amplitude térmica também foram mais elevados neste posto. O comportamento comparado entre as variáveis de temperatura pode ser analisado no Gráfico 19.

Quanto à variável UR, a Tabela 3 não sugere um comportamento significativamente diferenciado entre os dois microclimas, aspecto este que se torna bastante evidente a partir da análise do Gráfico 20.

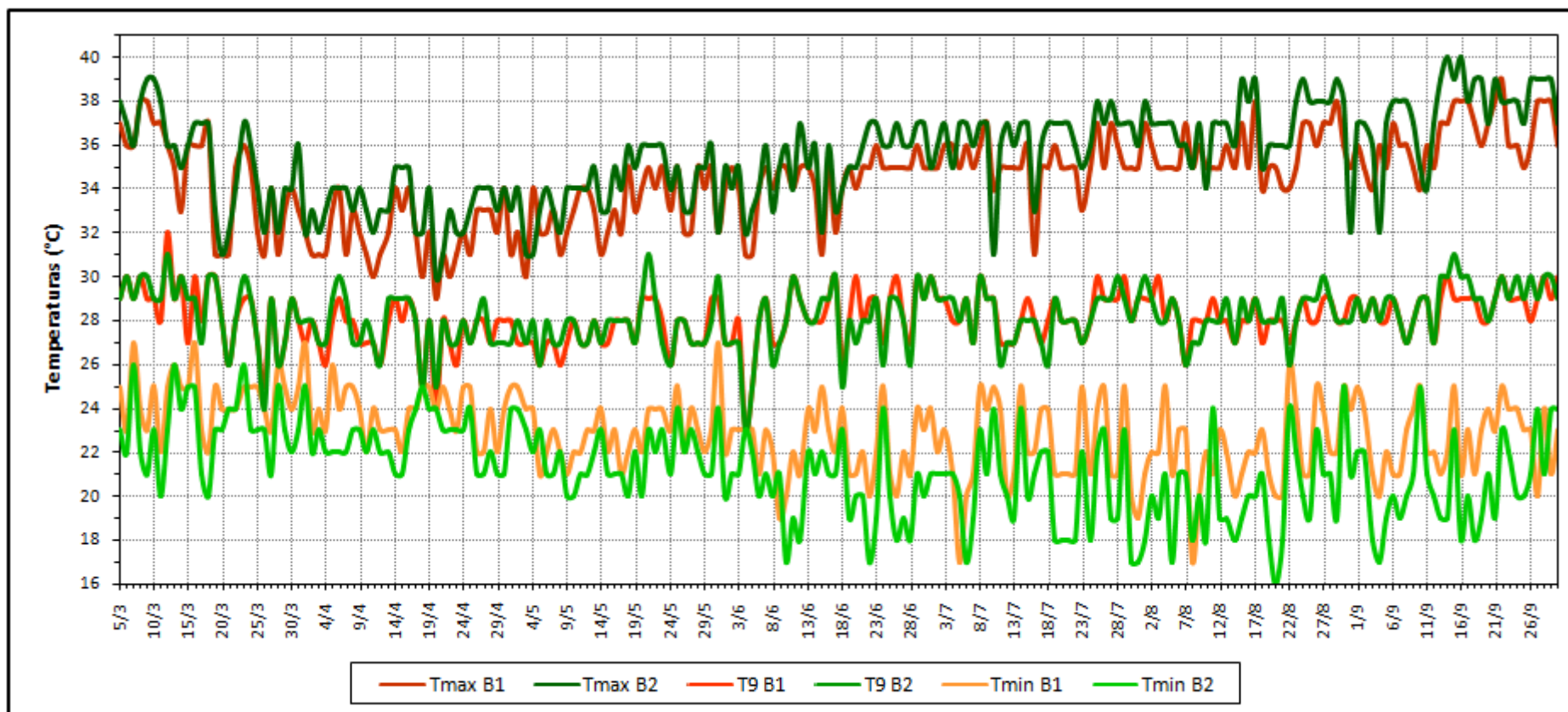


Gráfico 19 – Comparativo entre as temperaturas registradas nos postos B1 e B2.

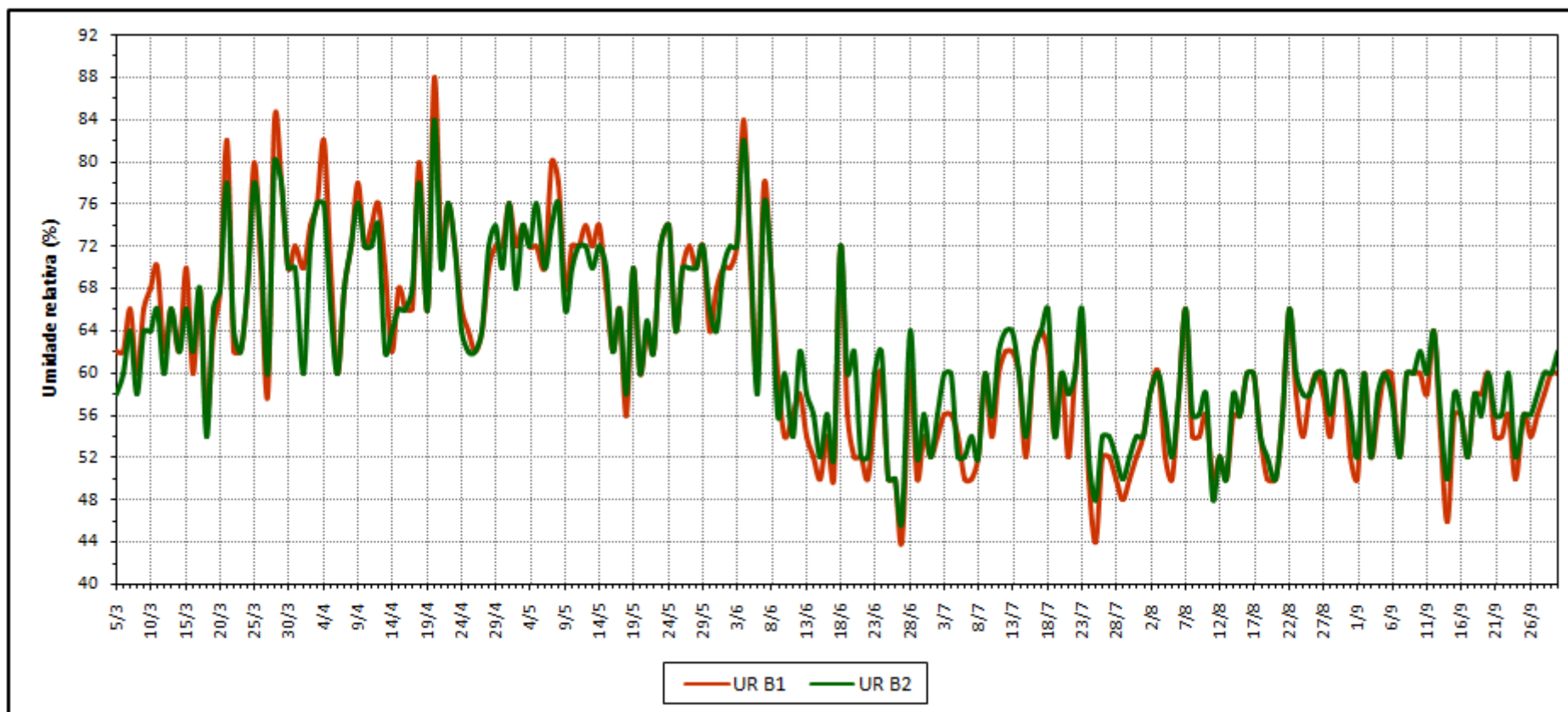


Gráfico 20 – Comparativo entre os valores de UR registrados nos postos B1 e B2.

A maior similaridade no comportamento apresentado pelas variáveis dos postos do setor *B* é devida à maior proximidade entre os mesmos e, conseqüentemente, à maior semelhança do quadro geoambiental que os envolve – relativamente à situação dos postos do setor *A* –. Entretanto, diferenças na dinâmica dos microclimas do setor *B* já foram discutidas, e estão mais precisamente quantificadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Porcentagem de dias em que o valor de uma determinada variável foi mais elevado que o correspondente no outro posto, e de dias em que ambos os valores coincidiram. Desvio padrão (*S*) para as séries de dados completas de cada variável. Informações relativas aos postos do setor *B*.

Variável	Mais elevado em <i>B1</i> (% de dias)	Mais elevado em <i>B2</i> (% de dias)	Coincidiram (% de dias)	S	
				<i>B1</i>	<i>B2</i>
Tmin	87,1	4,3	8,6	1,8	2,1
T9	14,3	20,5	65,2	1,2	1,3
Tmax	5,7	79,0	15,2	2,1	2,2
Δ Térmica	6,7	91,0	2,4	3,0	3,5
UR	22,9	38,1	39,0	9,0	7,9

A mencionada tabela, tanto quanto o Gráfico 19, evidenciam a firme tendência à ocorrência de noites mais frias em *B2*, possivelmente devido à sua instalação em local mais rebaixado, conforme já explicado anteriormente. Neste posto, a maior variabilidade das *Tmin* (*S* 2,1°C) pode estar associada ao fato da constante apresentação de valores muito baixos desta variável, concomitante aos eventuais episódios de noites relativamente mais quentes, quando os valores chegaram a ser iguais ou superiores aos verificados em *B1* (12,9% dos casos).

Em relação à variável *T9*, a tendência predominante correspondeu à apresentação de valores coincidentes entre os postos (65,2% dos casos); no restante dos dias, prevaleceu o registro de maiores *T9* em *B2* (20,5% dos casos). Já as *Tmax* comportaram-se de modo distinto, tendendo terminantemente a manifestarem-se mais elevadas no mencionado posto (79,0% dos casos). Da mesma forma que para o setor *A*, as temperaturas diurnas mais elevadas no posto rodeado por vegetação poderiam ser explicadas como sendo uma consequência da possível menor velocidade dos ventos no interior da cobertura vegetal. A situação topográfica do local, num espaço mais rebaixado, também poderia contribuir com a diminuição dos ventos no interior desse ambiente, gerando uma porcentagem tão elevada de dias com *Tmax* superiores no mencionado posto. Da maior intensidade das *Tmax* e também das *Tmin* em *B2*, resultaram suas maiores amplitudes térmicas, como ainda a maior

variabilidade dessas séries de dados, conforme indicam os respectivos valores de desvio padrão.

Acompanhando o comportamento das T9, a coincidência entre os valores de UR também correspondeu à tendência predominante nos postos do setor *B* (39,0% dos casos); no restante dos dias, prevaleceu a ocorrência de maiores níveis de UR no posto *B2* (38,1% dos casos). Sendo a dinâmica desta variável mais estável no local circundado por vegetação, o desvio padrão apresentado pela série de UR em *B2* (7,9 unidades percentuais) mostrou-se menos elevado que o calculado para *B1* (9,0 unidades percentuais).

6.3 Considerações sobre os microclimas do setor *C*

Devido ao descumprimento do compromisso assumido pelo observador, grande parte do registro oriundo do setor *C* teve que ser desconsiderado.

Os dados do mês de março apresentam coerência, e inclusive correspondência significativa com a dinâmica dos demais setores. Todavia, a partir de abril e maio, percebeu-se a irrerealidade dos dados de UR, e levantou-se certa suspeita em relação aos dados de temperatura. Após se verificar o correto estado de funcionamento dos instrumentos, todos esses fatos foram discutidos com o observador. Porém, a continuidade dos problemas e o evidente descaso com o registro levaram ao encerramento das atividades no setor *C*. Em decorrência da relação entre o tempo transcorrido e o ainda restante para o término do registro, tornou-se inviável a transferência dos abrigos para outros pontos do mesmo setor. Estes fatos acabaram por afetar muito significativamente as possibilidades de análise acerca do comportamento microclimático nesse espaço.

Dessa forma, as informações apresentadas a seguir são baseadas nos dados colhidos durante os 27 dias de registro ao longo o mês de março, período em relação ao qual há confiabilidade acerca das observações.

O baixo total pluviométrico (36 mm) registrado no setor *C*, durante esse intervalo de tempo, não permite que o período seja tomado como característico da estação chuvosa; e, tão pouco, o mesmo intervalo pode ser apresentado como representativo da estação seca. Por esses motivos, considerou-se desnecessária a elaboração dos gráficos de análise rítmica, sob o ponto de vista da sistemática adotada no exame dos microclimas dos demais setores. Ainda conforme esta perspectiva, o curto período de registro não fornece um conjunto de dados tão significativo, que permita uma análise comparativa mais segura, em relação ao comportamento dos dois microclimas considerados nesta área.

Considerando todas essas limitações, o objetivo deste subtópico é apenas o de construir uma ideia relativa à diversidade dos microclimas existentes na microbacia do Riacho do Boqueirão, ao simplesmente evidenciar os valores assumidos pelos atributos climáticos no setor C.

A área em foco abrange as porções de relevo mais elevadas da microbacia, as quais, em função da situação topográfica pouco favorável à implementação das práticas agrícolas, apresentam um estágio menos intenso de degradação de sua cobertura vegetal. Estes aspectos irão contribuir com a determinação de microclimas bastante diferenciados em relação aos estudados anteriormente, conforme se verifica pela análise dos gráficos 21 e 22, que respectivamente apresentam os dados de temperatura e UR colhidos no posto C1; enquanto os gráficos 23 e 24 fazem o mesmo, relativamente ao posto C2.

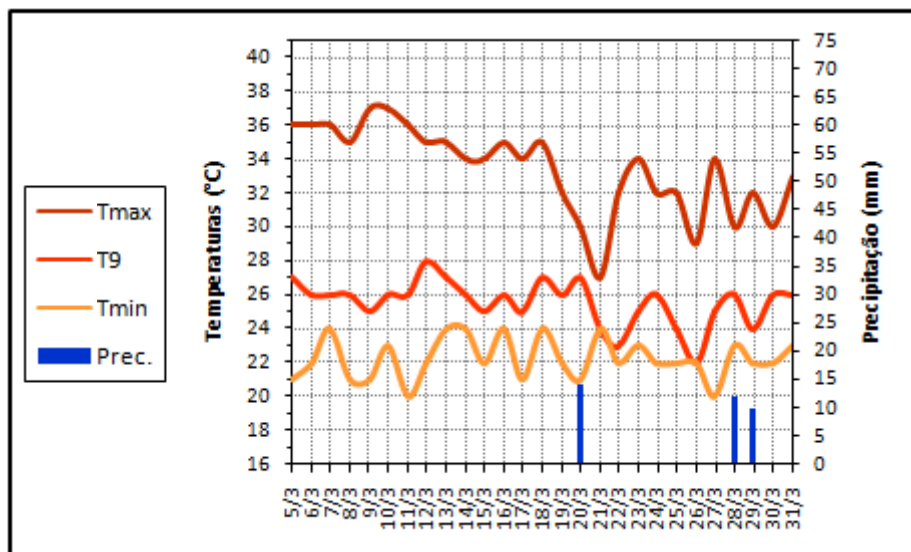


Gráfico 21 – Séries de temperatura e precipitação para o posto C1.

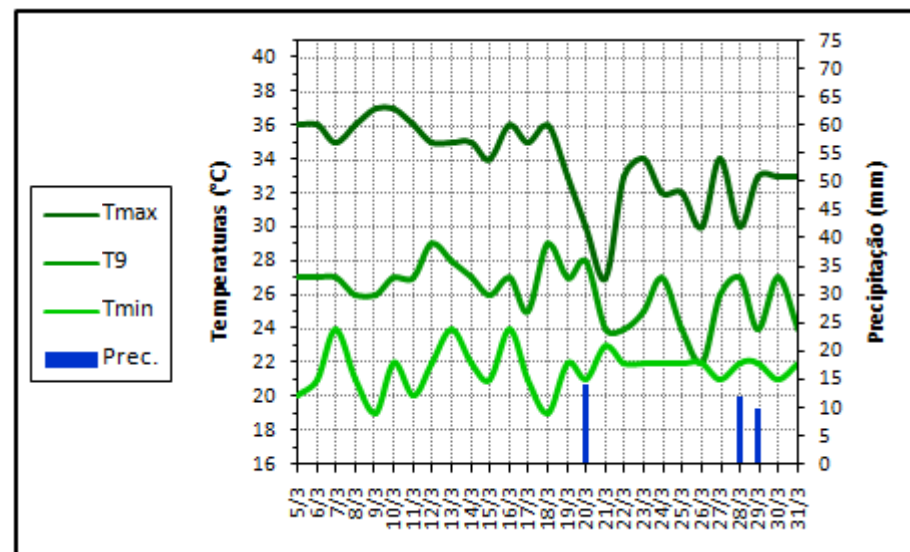


Gráfico 23 – Séries de temperatura e precipitação para o posto C2.

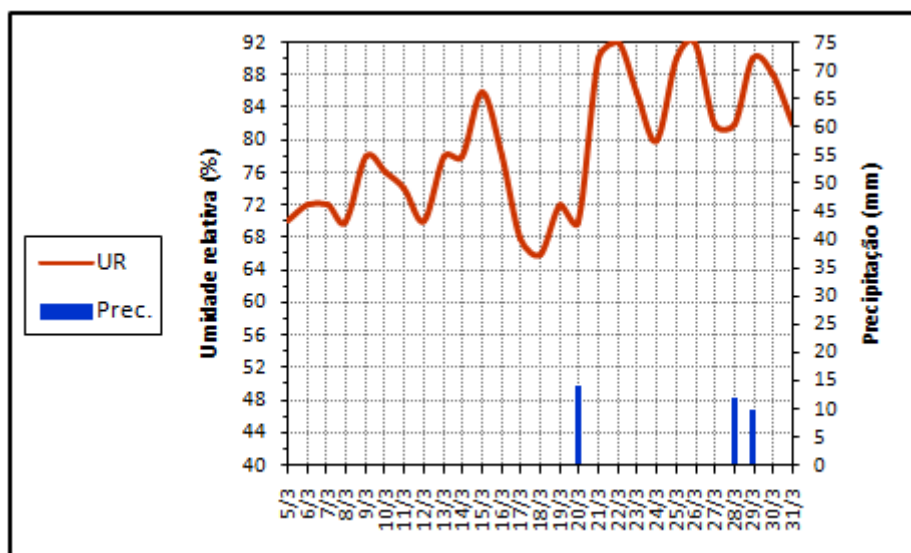


Gráfico 22 – Séries de UR e precipitação para o posto C1.

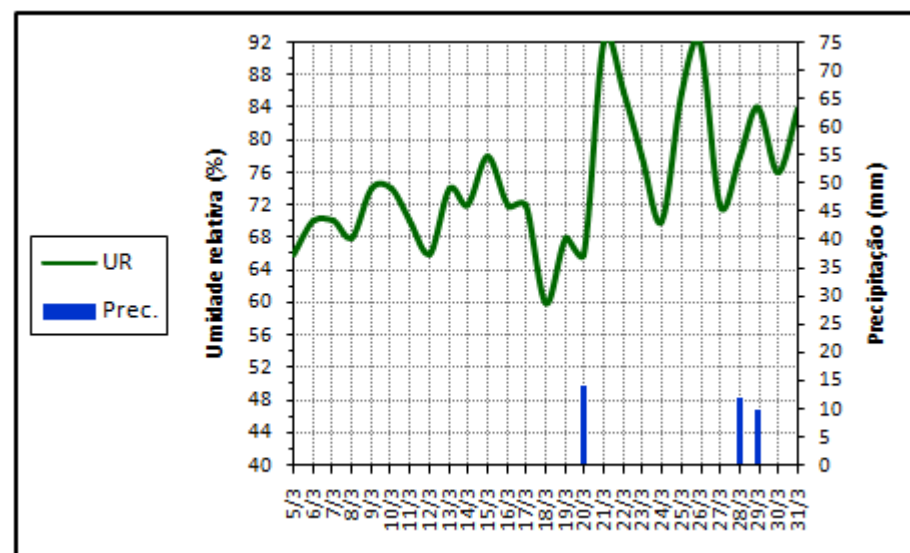


Gráfico 24 – Séries de UR e precipitação para o posto C2.

Os gráficos indicam que o setor *C*, mesmo nesse curto período de observação, registrou vários dos valores extremos verificados em todo o conjunto dos postos empregados nesta pesquisa. Aqui foram observados os mais baixos valores das seguintes variáveis: T_9 (V_{min} 22°C, V_{max} 28°C), T_{max} (absoluta 37°C, V_{min} 27°C) e amplitude térmica diária (V_{min} 3°C, V_{max} 18°C). Quanto à UR, os postos deste setor ainda registraram os maiores V_{max} desta variável (92%), tanto quanto seus V_{min} mais elevados (60%).

Embora o contexto de maior preservação da cobertura vegetal influencie na configuração desse quadro microclimático, a causa mais importante, certamente, corresponde aos efeitos desencadeados pelo relevo. As massas de ar, ao se deslocarem sobre o maciço residual, são forçadas a elevarem-se, atingindo altitudes em que predominam níveis mais baixos de pressão atmosférica. Esse processo promove o fenômeno da descompressão adiabática, já discutido anteriormente, que leva ao rebaixamento das temperaturas e à elevação da UR, condicionando os microclimas manifestados no setor *C*.

7 CONCLUSÃO

Destaca-se, inicialmente, a ideia referente à importância do conhecimento dos processos associados à circulação atmosférica regional, visto que se constituem em importantes fatores condicionantes do clima de um dado lugar. Durante os intervalos tomados como representativos das estações chuvosa e seca, na microbacia do Riacho do Boqueirão, a atuação dos diferentes sistemas meteorológicos determinou, na grande maioria dos casos, a promoção daqueles estados de tempo que lhe são característicos. Consequentemente, a possibilidade de verificar a ocorrência simultânea de um determinado sistema meteorológico, e do seu estado de tempo típico, contribuiu com o entendimento acerca da gênese da dinâmica climática observada localmente.

A análise do ritmo de sucessão desses estados de tempo tornou mais evidente os aspectos que marcaram a modificação do comportamento climático, quando da passagem entre aqueles intervalos representativos das estações chuvosa e seca. Ao longo do intervalo chuvoso, o constante revezamento entre um número maior de sistemas meteorológicos, alguns dos quais, promotores de precipitação (ZCIT e VCAN), implicou na grande dinamicidade constatada no ritmo dos estados de tempo; enquanto no transcurso do intervalo seco, tal dinamicidade foi drasticamente reduzida, devido ao domínio quase absoluto de um único sistema (MTA).

A possibilidade de trânsito entre diferentes escalas do fenômeno climático – da circulação atmosférica regional ao ritmo climático local – foi facilitada pelo emprego da abordagem sistêmica. Seus pressupostos, fundados no entendimento da realidade como uma ordem de sistemas e subsistemas hierarquicamente organizados, permitiram integrar em um único modelo lógico o conjunto dos processos manifestados em diferentes escalas de análise. Este fato reforça a grande pertinência da adoção do pensamento sistêmico como arcabouço teórico-metodológico para os estudos desenvolvidos no âmbito da Geografia Física.

A partir dessa transição escalar, a adoção do enfoque microclimático forneceu os meios para se poder evidenciar as características assumidas pelo clima especificamente nesta ordem de magnitude espaço-temporal. Somente pelo redirecionamento da análise para a consideração dos fatores controladores locais, a gênese das particularidades microclimáticas pôde ser identificada. O procedimento de setorização da microbacia colaborou significativamente para este fim, pois se baseou na identificação prévia dos espaços portadores de características geoambientais distintas, no interior dos quais os condicionantes locais determinam a configuração de conjuntos de microclimas próprios.

No exame das influências exercidas por tais condicionantes, a utilização do conceito de sistema ambiental permitiu ressaltar as interações estabelecidas entre os diferentes elementos físicos integrantes da microbacia, cujo modo de organização contribui com a determinação da dinâmica microclimática desse espaço.

Quanto aos impactos sobre os microclimas, ao se comparar os parâmetros estatísticos dos postos instalados em locais marcados pela degradação de sua vegetação, com os obtidos naqueles situados em meio a uma cobertura vegetal mais conservada, constatou-se que a hipótese inicialmente aventada¹ é apenas em parte verdadeira. As temperaturas diurnas apresentaram um comportamento completamente imprevisto, enquanto a dinâmica das T_{min} variou de acordo com o setor da microbacia. O impacto negativo mais significativo (identificado tanto no setor *A*, quanto no *B*) correspondeu à redução dos índices de UR nos locais desmatados.

Contrariando o efeito da regulação térmica, normalmente exercido pela cobertura vegetal, grande parte dos parâmetros indicou, para ambos os setores, a tendência à maior elevação das temperaturas diurnas nos locais de vegetação mais preservada. A provável causa, relacionada à diminuição da velocidade dos ventos, já foi discutida. Entretanto, sabe-se que grandes áreas desmatadas efetivamente apresentam temperaturas superiores às dos espaços adjacentes, amplamente recobertos por sua vegetação original. Dessa forma, o aumento das temperaturas diurnas nos geoambientes dos postos *A2* e *B2* deve ser a expressão de um efeito estritamente local, não-extensível a escalas espaciais mais amplas.

No que se refere às T_{min} , aquelas registradas nos postos do setor *A* comportaram-se de acordo com o modo previsto, apresentando-se predominantemente mais elevadas no local circundado por vegetação. Quanto ao caso do setor *B*, o que se verificou foi a dinâmica oposta, com o predomínio de temperaturas mais elevadas no local desmatado. A causa apontada foi a possível diferença no regime de escoamento noturno de ar, desencadeada pela distinta situação topográfica dos locais de instalação dos postos.

No que concerne à UR, excetuando-se os casos de coincidência entre os valores diários nos postos de um mesmo setor, a tendência predominante correspondeu à ocorrência de dias em que os índices dessa variável foram superiores nos locais rodeados por vegetação. Nem mesmo a proximidade em relação a corpos hídricos conseguiu compensar a redução da UR, promovida pela remoção da cobertura vegetal.

¹ A hipótese referia-se à possibilidade de a prática do desmatamento na microbacia do Boqueirão estar causando impactos negativos sobre os microclimas da área (em termos de aspectos termo-higrométricos).

Este e vários outros impactos negativos sobre os microclimas sempre acompanharão o processo de apropriação dos espaços naturais. As intervenções humanas – muitas vezes, necessárias – inevitavelmente resultam na promoção de um conjunto de impactos ambientais, dos mais variados tipos e magnitudes, sendo que os de natureza microclimática compõem apenas uma das diversas categorias possíveis. Deste modo, as também necessárias medidas de mitigação dos múltiplos impactos devem ser operadas conjuntamente, inclusive devido à organização sistêmica dos elementos naturais.

A consumação desse propósito demanda a elaboração e a efetiva implementação de políticas de gestão ambiental sólidas – porém, realistas –, desenvolvidas principalmente no âmbito dos municípios, conjuntamente com a participação dos órgãos estaduais, a partir da base fornecida pela legislação pertinente em vigor. A esfera municipal, por corresponder à dimensão de vivência mais imediata, configura-se no recorte territorial e administrativo que melhor adéqua-se ao desenvolvimento prático dessas políticas. Na medida do possível, tal processo deveria ainda ocorrer de modo associado à política ambiental dos municípios vizinhos, uma vez que os sistemas ambientais não-necessariamente serão circunscritos aos limites administrativos.

Especificamente no caso em pauta, em função da excepcionalidade geoambiental assumida pela Serra da Meruoca, a gestão do conjunto deste espaço exige a adoção de medidas próprias, a serem coletivamente executadas pelos municípios que aí possuem parte de seus territórios. As diretrizes de ação para o alto e o médio cursos da microbacia do Boqueirão seriam mais eficazes se subordinadas às desenvolvidas para aquele maciço residual, na medida em que com o mesmo compartilham muitas de suas características naturais e problemas ambientais. Mediante o incentivo à integração das comunidades locais nos processos de gestão dos espaços rurais, as respectivas secretarias municipais de meio ambiente deveriam promover uma ação conjunta, no sentido de interromper a continuidade da prática do desmatamento. A execução de programas de reflorestamento, além de induzir ao alcance de condições microclimáticas mais próximas às originais, contribuiria ainda com a minimização de uma série de outros impactos negativos, tais como o excesso de escoamento superficial, a erosão dos solos, a desestabilização das vertentes, o assoreamento dos leitos dos canais, dentre outros.

As medidas mencionadas deveriam ser acompanhadas de projetos de assistência rural, objetivados na implantação de um manejo agrícola sustentável, baseado no emprego do amplo conjunto de técnicas de uso racional do solo e da água, já existentes. Deve-se observar, também, que todas essas ações seriam efetivamente válidas apenas se desenvolvidas a partir

da redefinição de algumas das prioridades das políticas econômicas locais. Reconhecer a produção de caráter familiar como o verdadeiro meio para a promoção da melhoria das condições sociais das populações rurais, através da implementação de todas as formas de apoio a essa categoria produtiva, constitui-se no mais importante dos pré-requisitos a serem considerados.

As proposições defendidas neste trabalho, expressas nas considerações dos parágrafos precedentes, poderiam ser amparadas por um importante instrumento legal, já instituído. Os objetivos e medidas referidos na Lei Federal Nº 11.891, de 24 de dezembro de 2008, que criou a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Meruoca, são subsídios fundamentais à concretização dos desígnios anteriormente discutidos.

O Artigo 1º da mencionada Lei destaca os objetivos que justificaram a sua elaboração e aprovação (BRASIL, 2008, p. 20):

“Art. 1º Fica criada a Área de Proteção Ambiental denominada Serra da Meruoca, situada na biorregião da Serra de mesmo nome, localizada nos Municípios de Meruoca, Massapê, Alcântara e Sobral, no Estado do Ceará, com o objetivo de:

- I - garantir a conservação de remanescentes das florestas caducifólias e subcaducifólias;
- II - proteger os recursos hídricos;
- III - proteger a fauna e a flora silvestres;
- IV - promover a recomposição da vegetação natural;
- V - melhorar a qualidade de vida das populações residentes, mediante orientação e disciplina das atividades econômicas locais;
- VI - ordenar o turismo ecológico;
- VII - fomentar a educação ambiental;
- VIII - preservar as culturas e tradições locais”.

Quanto às medidas previstas para a consumação da APA, estas são apresentadas no Artigo 3º da referida Lei (BRASIL, 2008, p. 20):

“Art. 3º Na implantação e gestão da APA Serra da Meruoca, serão adotadas, entre outras, as seguintes medidas:

I - elaboração do zoneamento ecológico-econômico, definindo as atividades a serem permitidas ou incentivadas em cada zona e as que deverão ser restringidas e proibidas;

II - utilização dos instrumentos legais e dos incentivos financeiros governamentais, para assegurar a proteção da biota, o uso racional do solo e outras medidas referentes à salvaguarda dos recursos ambientais;

III - aplicação de medidas legais destinadas a impedir ou evitar o exercício de atividades causadoras de degradação da qualidade ambiental;

IV - divulgação das medidas previstas nesta Lei, objetivando o esclarecimento da comunidade local sobre a APA e suas finalidades;

V - promoção de programas específicos de educação ambiental, extensão rural e saneamento básico;

VI - incentivo à instituição de Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN nos imóveis que se encontrem inseridos, no todo ou em parte, nos limites da APA”.

As iniciativas no sentido de efetivamente dar cabo aos objetivos e medidas estabelecidos na Lei Federal Nº 11.891 contribuiriam significativamente para a mitigação do quadro de degradação ambiental na APA da Serra da Meruoca, e, especificamente, em grande parte da microbacia do Riacho do Boqueirão. No entanto, a não-implementação de nenhuma ação de caráter prático, até o momento, denuncia o evidente descaso das autoridades competentes, quanto à execução dos seus compromissos legais. Nesse tocante, cabe à sociedade civil organizada exigir do Poder Público o imprescindível cumprimento dos deveres impostos ao mesmo.

No que se refere ao restante da microbacia (baixo-curso), a igualmente necessária recuperação ambiental desse espaço deveria ocorrer de modo paralelo ao enfrentamento do problema representado pela ação de especuladores imobiliários. O crescimento urbano de Sobral vem tornando extremamente valorizadas algumas áreas situadas na periferia desta cidade. Diante desse quadro, certos agentes estão coagindo famílias de pequenos agricultores a abandonarem os terrenos sobre os quais historicamente têm-se estabelecido (na área da Comunidade do Mucambinho), o que configura um grave e evidente caso de abuso do poder econômico. Desse processo de expropriação da terra, tem resultado a construção de conjuntos residenciais de médio padrão, já concluídos, ou ainda em fase de implantação.

O combate a esta situação demanda a utilização de modelos de gestão democrática, que promovam a participação do conjunto dos atores envolvidos na problemática associada ao planejamento urbano de Sobral. Assembleias públicas regulares poderiam ser instituídas, com os objetivos de discutir e deliberar sobre os assuntos relativos à cidade, dentre eles, o ordenamento de seu processo de expansão. As associações de bairros e de comunidades rurais periurbanas, as universidades, o Poder Público Municipal, os investidores, etc., todos deveriam estar, *de maneira justa e equitativa*, representados nesses fóruns, tornando-se tal agremiação a responsável pelas grandes decisões, que possam afetar a coletividade.

A resolução da totalidade dos problemas aqui destacados, ou apenas o alcance de algo que se aproxime desse intuito, não é uma tarefa simples, pois envolve aspectos das mais variadas ordens. A gestão dos espaços rurais e urbanos, desenvolvida sobre bases participativas, e em conformidade com as práticas de conservação ambiental, constitui-se num elemento importante, mas de significância secundária, na medida em que a mesma encontra-se sempre subordinada à determinação exercida pelo fator econômico. Mudanças culturais e políticas, unicamente consolidáveis em longo prazo, poderão responder pela inversão desses valores, a partir da prevalência dos interesses sociais e ambientais sobre aqueles de caráter estritamente econômico.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 5. ed. São Paulo: Ateliê, 2008.
- ANDRADE, H. O clima urbano: natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra: revista portuguesa de Geografia**, Lisboa, v. XL, n. 80, p. 67-91, 2005. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/2005-80/80_05.pdf>. Acesso em: 27 out. 2010.
- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do Atlântico tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 63-74, abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v22n1/a07v22n1.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2010.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Título original: *Introduction of Climatology for the tropics*.
- AZEVEDO, T. R. de. Técnicas de campo e laboratório em Climatologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. cap. 8, p. 131-146.
- BARBIERI, P. R. B. Entrevista ocorrida em 04 de novembro de 2010, na FUNCEME. Fortaleza, 2010.
- BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em Climatologia Geográfica. **Mercator**, Fortaleza, ano 8, n. 16, p. 255-261, mai./ago. 2009. Universidade Federal do Ceará. Disponível em <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/289/235>>. Acesso em: 28 out. 2010.
- BASTOS, A. C. S.; FREITAS, A. C. de. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. cap. 1, p. 17-75.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973. (Coleção Teoria dos Sistemas, 2). Título original: *General System Theory*.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. Tradução de O. Cruz. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1972. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo. Título original: *Paysage et Geographie Physique Globale: esquisse méthodologique*.
- BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. cap. 8, p. 269-300.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. cap. 6, p. 153-192.

BRASIL. Ministério da Agricultura; Ministério do Interior. **Levantamento Exploratório: reconhecimento de solos do estado do Ceará**. v. 1. Recife, 1973.

BRASIL. Lei nº 11.891, de 24 de dezembro de 2008. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental Serra da Meruoca, no Estado do Ceará, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2008. Seção 1, p. 20. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/imprensa/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=20&data=26/12/2008>>. Acesso em: 10 out. 2010.

CAMARGO, L. H. R. de. **A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da Ciência: a Geografia da Complexidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CARACRISTI, I. Processo de desertificação no Nordeste Brasileiro. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 8-9, n. 1, p. 31-43, 2006- : Universidade Estadual Vale do Acaraú.

CAVALCANTI, I. F. A. **Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais**. 1982. 113 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1982.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Frentes frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 9, p. 135-147.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS.

S11219896_201003201630. [Ribeirão Preto], 2010a. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Disponível em: <http://pururuca.cptec.inpe.br/repositorio5/goes12/goes12_web/ne_col_alta/2010/03/S11219896_201003201630.jpg>. Acesso em: 13 out. 2010.

_____. **S11219896_201004012030**. [Ribeirão Preto], 2010b. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Disponível em: <http://pururuca.cptec.inpe.br/repositorio5/goes12/goes12_web/ne_col_alta/2010/04/S11219896_201004012030.jpg>. Acesso em: 13 out. 2010.

_____. **S11219896_201009141200**. [Ribeirão Preto], 2010c. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Disponível em: <http://pururuca.cptec.inpe.br/repositorio5/goes12/goes12_web/ne_col_alta/2010/09/S11219896_201009141200.jpg>. Acesso em: 13 out. 2010.

_____. **S11219896_201008071200**. [Ribeirão Preto], 2010d. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Disponível em: <http://pururuca.cptec.inpe.br/repositorio5/goes12/goes12_web/ne_col_alta/2010/08/S11219896_201008071200.jpg>. Acesso em: 13 out. 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia: introdução**. São Paulo: Hucitec, 1979.

_____. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. cap. 3, p. 93-148.

CONTI, J. B. A questão climática do Nordeste Brasileiro e os processos de desertificação. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 7-14, dez. 2005. Associação Brasileira de Climatologia. Disponível em: <<http://www.geografia.fflch.usp.br/abclima/>>. Acesso em: 27 out. 2010.

_____. **Clima e meio ambiente**. 6. ed. São Paulo: Atual, 2007. (Série meio ambiente).

CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. cap. 7, p. 337-379.

DIAS, M. A. F. S.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 12, p. 181-194.

DIAS, M. A. F. S.; SILVA, M. G. A. J. da. Para entender tempo e clima. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 1, p. 15-21.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Tradução de João Alves dos Santos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. Título original: *Man-environment processes*.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EVANGELISTA, F. S. M.; **Análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Mucambinho-Ce**. 2009. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 1998.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 15-28, dez. 2005. Associação Brasileira de Climatologia. Disponível em: <<http://www.geografia.fflch.usp.br/abclima/>>. Acesso em: 27 out. 2010.

FERREIRA, J. N.; VALVERDE RAMÍREZ, M.; GAN, M. A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 3, p. 43-60.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS.

Classificação das chuvas nas regiões hidrográficas do estado do Ceará no período de fevereiro a maio. [Fortaleza, 2010a]. Disponível em: <http://portal.funceme.br/plone/tempoClima/clima/Chuvas_bacias.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2010.

_____. **Download de séries históricas.** [Fortaleza, 2010b]. Base de dados. Disponível em: <<http://www.funceme.br/areas/monitoramento/download-de-series-historicas>>. Acesso em: 15 out. 2010.

GALVANI, E. Sistematização de dados quantitativos. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005. cap. 11, p. 175-186.

GARCEZ, L. N. **Hidrologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1967.

GEIGER, R. **Manual de Microclimatologia:** o clima da camada de ar junto ao solo. Tradução de Ivone Gouveia, Francisco Caldeira Cabral e A. Lobo de Azevedo. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990. Título original: *Das klima der bodennahen luftschicht: ein lehrbuch der Mikroklimatologie.*

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física.** Tradução de Eduardo de Almeida Navarro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992. (Coleção Geografia). Título original: *The nature of Physical Geograpy.*

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **L5TM21806220091001.** [São Jose dos Campos], 2009. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 28 jan. 2010.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 14, p. 213-233.

LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M. **Lições de Hidrologia.** Lisboa: UNL, 1984.

LOCALIZAÇÃO do posto A1. Programa Google Earth, 2005a. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Acesso em: 15 set. 2010.

LOCALIZAÇÃO do posto A2. Programa Google Earth, 2005b. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Acesso em: 15 set. 2010.

LOCALIZAÇÃO do posto B1. Programa Google Earth, 2007a. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Acesso em: 15 set. 2010.

LOCALIZAÇÃO do posto B2. Programa Google Earth, 2007b. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Acesso em: 15 set. 2010.

LOCALIZAÇÃO do posto C1. Programa Google Earth, 2007c. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Acesso em: 15 set. 2010.

LOCALIZAÇÃO do posto C2. Programa Google Earth, 2007d. 1 Imagem de satélite. Escalas variam. Acesso em: 15 set. 2010.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Org.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: UESC, 2002. cap. 2, p. 37-65.

MACHADO, L. A. T. *et al.* Distúrbios ondulatórios de leste. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 4, p. 61-74.

MARQUES, J. R. **Meio ambiente urbano**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005.

MELO, A. B. C. de.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 2, p. 25-41.

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

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG-USP, 1976. (Série teses e monografias, 25).

_____. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. cap. 1, p. 9-67.

NASCIMENTO, F. R. do. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do Rio Acaraú**. 2006. 325 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. Disponível em: <<http://www.dominipublico.gov.br/download/texto/cp027817.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2010.

NASCIMENTO, F. R. do. *et al.* Diagnóstico geoambiental da bacia hidrográfica semi-árida do Rio Acaraú: subsídios aos estudos sobre desertificação. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 28, n. 1, p. 41-61, jan./jun. 2008. Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/bgg/article/view/4900/4106>>. Acesso em: 08 mar. 2010.

NIMER, E. *et al.* **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. (Série recursos naturais e meio ambiente, 4).

NUNES, L. H. A escala nas ciências atmosféricas. **Revista do Instituto Geológico de São Paulo**, São Paulo, v. 19, n. 1/2, p. 71-73, jan./dez. 1998. Disponível em: <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/19_1-2_6.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2009.

OLIVEIRA, I. de P. **Localização e altimetria da microbacia do Riacho do Boqueirão**. Fortaleza, 2010a. 1 mapa. Escalas variam.

_____. **Estados de conservação da vegetação na microbacia do Riacho do Boqueirão**. Fortaleza, 2010b. 1 mapa. Escalas variam.

_____. **Setorização da microbacia do Riacho do Boqueirão e localização dos postos meteorológicos.** Fortaleza, 2010c. 1 mapa. Escalas variam.

OLIVEIRA, L. L. de.; VIANELLO, R. L.; FERREIRA, N. J. **Meteorologia fundamental.** Erechim: EdiFAPES, 2001.

PEZZI, L.; SOUZA, R. B. de. Variabilidade de mesoescala e interação oceano-atmosfera no Atlântico Sudoeste. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (Org.). **Tempo e clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 24, p. 385-405.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos.; ESTEVAN DEL PRETTE, M. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Org.). **Conceitos de bacias hidrográficas:** teorias e aplicações. Ilhéus: UESC, 2002. cap. 1, p. 17-35.

QUEIROZ, P. H. B. **Planejamento ambiental aplicado a um setor do médio curso da bacia hidrográfica do Rio Pacoti-CE.** 2010. 198 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do departamento de Geografia**, São Paulo, n. 14, p. 69-77, 2001. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_14/RDG14_Cleide.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2008.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia:** técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. cap. 9, p. 147-166.

RODRIGUES, J. E. **Dúvida sobre horários de medição** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <lauropmj@gmail.com> em 20 set. 2010.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. cap. 6, p. 291-336.

SANTANA, D. P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. (Série documentos, 30). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/documento/Doc_30.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2010.

SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas:** implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: UEM, 2000. Apresentação da obra.

SANTOS, I. dos. *et al.* **Hidrometria Aplicada.** Curitiba: LATEC, 2001.

SANTOS, M. J. Z. dos. Mudanças climáticas e o planejamento agrícola. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas:** implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: UEM, 2000. cap. 4, p. 65-80.

SILVA, A. M. da.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e Hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos: Rima, 2004.

SORRE, M. Objeto e método da Climatologia. Tradução de José Bueno Conti. **Revista do departamento de Geografia**, São Paulo, n. 18, p. 89-94, 2006. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/rdg/RDG_18/RDG18_089_094.pdf>. Acesso em: 27 set. 2009.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. Tradução de Carlos Augusto Figueiredo Monteiro e Dora de Amarante Romariz. **Métodos em questão**, São Paulo, n. 16, p. 1-51, 1977. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo.

SOUZA, M. J. N. de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L. C.; SOUZA, M. J. N. de.; MORAIS, J. O. de. (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. cap. 1, p. 5-104.

SOUZA, M. J. N. de.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, ano 5, n. 9, p. 85-102, jan./jun. 2006. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/91/63>>. Acesso em: 09 mar. 2010.

SOUZA FILHO, F. A. de. Variabilidade e mudanças climáticas nos semi-áridos brasileiros. In: TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. (Org.). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. cap. 3, p. 77-116.

TARIFA, J. R.; SETTE, D. M. O holorritmo e o trabalho de campo em Climatologia: uma contribuição metodológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., [2009], Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, [2009]. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eix08/030.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2010.

TROPPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator**, Fortaleza, ano 5, n. 10, p. 79-89, jul./dez. 2006. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/MERCATOR%2010/GEOSSISTEMAS.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2008.

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

TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. Clima e recursos hídricos. In: _____. (Org.). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. cap. 1, p. 1-30.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. 2. ed. São Carlos: Rima, 2005.

VASCONCELLOS, M. J. E. de. **Pensamento sistêmico**: o novo paradigma da Ciência. 5. ed. Campinas: Papirus, 2006.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 1991.

ZAVATINI, J. A. Desenvolvimento e perspectivas da Climatologia Geográfica no Brasil: o enfoque dinâmico, a noção de ritmo climático e as mudanças climáticas. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas**: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: UEM, 2000. cap. 12, p. 225-251.

