**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

**INTERAÇÕES ENTRE A ATMOSFERA E A SUPERFÍCIE TERRESTRE:
variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP**

Gustavo Armani

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Geografia Física,
do Departamento de Geografia da
Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Geografia Física.**

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

**São Paulo
2004**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA**

**INTERAÇÕES ENTRE A ATMOSFERA E A SUPERFÍCIE TERRESTRE:
variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP**

Gustavo Armani

**São Paulo
2004**

Dedico este trabalho às minhas mais preciosas pérolas

Às minhas queridas avós

Anna Corsi Armani

Berta Schmid

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível de ser concretizado e completado porque eu tive a ajuda, o apoio e o carinho dos meus amigos e familiares, dos meus professores, da Universidade de São Paulo e do Instituto Florestal de São Paulo (SMA). Desta forma, eu sou muito grato à todas às pessoas que conviveram comigo e me ajudaram nestes árduos três anos e meio.

Algumas pessoas tiveram um papel muito ativo e importante neste trabalho, sendo que cada uma delas é como um co-autor deste trabalho. Entre elas eu gostaria de destacar:

- os meus pais e meus irmãos, que me apoiaram em todos os momentos e decisões que eu precisava tomar, além de me darem todo o carinho durante todos estes anos de vida;
- os meus tios e tias, primos e primas pela união da família, pelo carinho, e pelos incentivos que sempre me foram dados;
- o meu orientador e amigo Prof. Emerson Galvani, que não só contribuiu com seus conhecimentos e dicas, como também no papel ativo na execução de etapas desta pesquisa, além de conseguir os equipamentos e ajudas de custo;
- o meu antigo orientador e amigo Prof. José Roberto Tarifa, que muito influenciou o meu pensamento e me fêz entender a climatologia por uma lado diferente;
- o professor Rubens Junqueira Villela, que muito me ensinou sobre meteorologia e climatologia, como também me ajudou na interpretação das cartas sinóticas e imagens de satélites para este trabalho, além de ter me dado a oportunidade de ter tido a melhor aula sobre meteorologia a bordo de um planador;
- a professora e amiga Rosely Pacheco, que sempre esteve pronta a me ajudar, me orientando e incentivando, além de não deixar que eu desistisse da pós-graduação;
- a professora e amiga Sônia Furian, que desde o início me incentivou a pesquisar no Núcleo Cunha, como também me ajudou com orientações e comentários durante a elaboração do projeto e deste trabalho;
- a professora e amiga Lylian Coltrinari, que sempre me enriqueceu com seu conhecimento, além de ter me ajudado na qualificação;
- o professor e amigo Tarik Rezende Azevedo que me ajudou com os equipamentos, orientações e críticas.
- o Rogério Rosolem, técnico do Laboratório de Climatologia e um grande amigo, que me ajudou na preparação dos equipamentos e instalação dos

aparelhos no campo, além de armazenar as imagens e cartas sinóticas para que eu pudesse utilizar;

- a professora Maria Elisa Siqueira, que também contribuiu com discussões;
- o professor e amigo José Bueno Conti que, sempre muito prestativo, colaborou com bibliografias e comentários oportunos;
- a professora Maria Elena Ramos Simielli que me incentivou e ajudou nos momentos que antecederam a qualificação;
- a professora e amiga Sônia Castelar que sempre acreditou no meu trabalho e competência, mesmo quando eu achava que não sabia nada;
- o professor Mário De Biasi, que sempre me ajudou com explicações e esclarecimentos sobre os mapas e foi uma fonte de referências bibliográficas;
- a professora e amiga Sidneyde Manfredini, que sempre esteve comigo durante a elaboração do trabalho, me orientando, esclarecendo dúvidas e dando sugestões;
- os meus amigos Sheila Furquim e Fernando que sempre me ajudaram em tudo o que eu sempre precisei sem nunca recusar, além dos ótimos momentos que passamos juntos;
- os pesquisadores e funcionários do Instituto Florestal: Francisco Arcova, Valdir DiCicco, Isabel Mattos, Roberto Starvinsky, Aderbal, Carlinhos e Dona Jura, pois deram um apoio fundamental à realização da pesquisa;
- o grande amigo e funcionário do Instituto Florestal, João Batista, que fez o possível e o impossível para que este trabalho fosse concretizado, ajudando nas trilhas, nos equipamentos e nas lições sobre a natureza e sobre Cunha. Sem ele este trabalho não existiria;
- os meus amigos da geografia e meteorologia: Graziela, Denise, Rogério, Franco Villela, Sérgio Damiani, Sérgio Bernardes, Carlos Jardim, Carlos Assis Dias, pelas discussões, pelo apoio, carinho, ajuda na produção, troca de materiais e informações;
- o Wanderley Santos, meu amigo e vocalista da minha banda, pois que além de ser meu inseparável amigo para ocasiões musicais, me ajudou com algumas revisões no texto;
- os Laboratórios de Climatologia e Pedologia pelo apoio e fornecimento dos materiais e instrumentos para os trabalhos de campo;
- o Instituto Florestal pela oportunidade dada para realizar esta pesquisa no Núcleo Cunha;
- o Programa de Pós-Graduação em Geografia Física pelo apoio e condições de pesquisa.

RESUMO

Os objetivos desta pesquisa são: a) compreender como a temperatura do ar e a umidade relativa na bacia B do Núcleo Cunha (IF) estão relacionadas aos controles climáticos (altitude, declividade e orientação das vertentes, vegetação, a configuração do céu, etc); b) entender qual a importância de cada controle climático nas variações de temperatura e umidade relativa sob a ação de diferentes sistemas atmosféricos.

Os controles microclimáticos produzem alterações no ritmo da temperatura e da umidade relativa de diferentes formas e graus de importância em função do sistema atmosférico atuante. Entretanto, a combinação de controles climáticos específicos pode criar ambientes que mantêm o ritmo da temperatura e umidade mais “estável”, independente do sistema atmosférico que estiver atuando. A água no solo desempenha um papel fundamental na minimização das variações da temperatura e da umidade em ambientes específicos. A vegetação também desempenha um papel importante no controle dos valores de umidade relativa, sendo mais relevante que a declividade e a orientação da vertente.

As unidades climáticas da Bacia B foram delimitadas como síntese de todas as interações entre os atributos e controles climáticos. O conceito de unidade climática como um espaço onde a interação entre os atributos e controles climáticos tem uma certa homogeneidade, permitiu a delimitação de quatro topoclimas e muitas unidades microclimáticas na bacia B.

Palavras-chave: ritmo; interação; temperatura do ar e umidade relativa; controles climáticos; sistemas atmosféricos.

ABSTRACT

The objectives of this work are: a) to understand how the air temperature and relative humidity in Basin B of Núcleo Cunha (IF) relate to micro and topoclimatic controls (altitude, gradient, slope orientation, vegetation, sky diagram, etc.); b) to comprehend the relative importance of each micro and topoclimatic control in the air temperature and relative humidity variation within different atmospheric systems.

Micro and topoclimatic controls influence temperature and relative humidity variation differently in each atmospheric system. However, the arrangement of some specific climatic controls generates environments that conserve the rhythm of temperature and relative humidity, whatever the atmospheric system. Water in the soil has an evident role in the reduction of temperature and relative humidity variation. Vegetation has a fundamental role in the maintenance of the relative humidity, being clearly more important than gradient and slope orientation.

Climatic units of Basin B were delimited as a synthesis of all interactions. The concept of climate units as a space where climatic attributes and controls keep a relative homogeneity, made possible the identification of four topoclimates and several microclimates units.

Key words: rhythm; interaction; air temperature and relative humidity; climatic controls; atmospheric systems.

SUMÁRIO

Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Abstract	vii
Índice	ix
Lista de tabelas	xi
Lista de fotos	xi
Lista de figuras	xii
1. Introdução	1
2. A área de estudo	5
3. Procedimentos metodológicos	38
4. Resultados e discussões	78
5. Conclusões e considerações finais	183
6. Bibliografia	191

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. A área de estudo	5
2.1 - Localização da área de estudo.....	5
2.2 - Justificativas da escolha da área de estudo	8
2.3 - Caracterização climática	9
2.3.1 - O clima regional.....	9
2.3.2 - O clima local	10
2.3.2.1 - O regime da temperatura	10
2.3.2.2 - O regime da umidade relativa.....	11
2.3.2.3 - O regime da chuva	12
2.3.2.4 - O regime da insolação	13
2.4 - A bacia B	14
2.4.1 - As altitudes	15
2.4.2 - As declividades	17
2.4.3 - A orientação das vertentes.....	19
2.4.4 - Vegetação	21
2.4.5 - Morfografia	23
2.5 - Os postos microclimáticos	25
2.5.1 - Posto 1 (P1)	25
2.5.2 - Posto 2 (P2)	27
2.5.3 - Posto 3 (P3)	28
2.5.4 - Posto 4 (P4)	30
2.5.5 - Posto 5 (P5)	31
2.5.6 - Posto 6 (P6)	32
2.5.7 - Posto 7 (P7)	33
2.5.8 - Posto 8 (P8)	34
2.5.9 - Posto 9 (P9)	36
3. Procedimentos metodológicos	38
3.1 - As bases teóricas e metodológicas	39
3.2 - Levantamento dos principais controles climáticos	42
3.2.1 - As altitudes	42
3.2.2 - As declividades	44
3.2.3 - As orientações das vertentes	46
3.2.4 - A vegetação	47
3.2.5 - A morfografia	50
3.2.6 - A configuração do céu (<i>sky view factor</i>)	51

3.2.7 - A circulação atmosférica.....	53
3.3 - A escolha dos locais de medida (postos microclimáticos)	55
3.4 - Os equipamentos utilizados	56
3.4.1 - Temperatura do ar	56
3.4.2 - Umidade relativa	58
3.4.3 - O miniabrigo meteorológico de baixo custo	58
3.4.3.1 - A concepção do abrigo	60
3.4.3.2 - O experimento para avaliação do Abc	60
3.4.3.3 - O desempenho do abrigo (resultados)	63
3.4.4 - A pressão atmosférica	72
3.5 - A calibração e correção dos instrumentos	72
3.6 - Os trabalhos de campo	74
3.7 - O tratamento e organização dos dados	75
3.8 - Os mapeamentos climáticos	76
3.9 - Unidades climáticas	76
4. Resultados e discussões	78
4.1 - A temperatura do ar sem distinções diárias ou horárias	78
4.2 - A umidade relativa do ar sem distinções diárias ou horárias	98
4.3 - A variação média horária da temperatura do ar na bacia B	114
4.4 - A variação média horária da umidade relativa na bacia B	122
4.5 - A variação diária da temperatura do ar e os sistemas atmosféricos....	128
4.6 - A variação diária da umidade relativa e os sistemas atmosféricos	148
4.7 - A análise episódica da variação horária da temperatura do ar e umidade relativa na bacia B do Núcleo Cunha	157
4.7.1 - O prenúncio e domínio da Frente Polar Atlântica (FPA)	157
4.7.2 - O domínio do Sistema Polar Atlântico (SPA)	163
4.7.3 - O domínio do Sistema Polar Continental (SPC)	168
4.7.4 - O domínio do Sistema Polar Tropicalizado (SPT) e do Sistema Tropical Atlântico (STA)	173
5. Conclusões e considerações finais	183
6. Bibliografia	191

Lista de quadros

Quadro 1: Características dos ambientes microclimáticos	37
---	----

Lista de tabelas

Tabela 1: Séries de temperatura - parâmetros estatísticos elementares	63
Tabela 2: Séries de umidade relativa - parâmetros estatísticos elementares	68
Tabela 3: Equações para correção dos dados de temperatura	73

Lista de fotos

Foto 1: O ambiente microclimático do posto 1 (P1)	26
Foto 2: A configuração do céu no posto 1	26
Foto 3: O ambiente microclimático do posto 2 (P2)	27
Foto 4: A configuração do céu no posto 2	28
Foto 5: O ambiente microclimático do posto 3 (P3)	29
Foto 6: A configuração do céu no posto 3	29
Foto 7: A configuração do céu no posto 4	30
Foto 8: O ambiente microclimático do posto 4 (P4)	31
Foto 9: A configuração do céu no posto 5	32
Foto 10: A configuração do céu no posto 6	33
Foto 11: A configuração do céu no posto 7	34
Foto 12: A configuração do céu no posto 8	35
Foto 13: O ambiente microclimático do posto 8 (P8)	35
Foto 14: A configuração do céu no posto 9	36
Foto 15: O ambiente microclimático do posto 9 (P9)	37
Foto 16: O abrigo meteorológico de baixo custo (Abc)	60

Lista de figuras

Figura 1: Localização da área de estudo	7
Figura 2: Regime de temperatura em Cunha	10
Figura 3: Regime de umidade relativa em Cunha	12
Figura 4: Regime da chuva em Cunha	13
Figura 5: Regime da insolação em Cunha	14
Figura 6: Carta hipsométrica da bacia B do Núcleo Cunha (IF) -SP	16
Figura 7: Carta clinográfica da bacia B do Núcleo Cunha (IF) -SP	18
Figura 8: Carta de orientação de vertentes da bacia B do Núcleo Cunha (IF) -SP	20
Figura 9: Carta de vegetação da bacia B do Núcleo Cunha (IF) -SP	22
Figura 10: Carta morfográfica da bacia B do Núcleo Cunha (IF) -SP	24
Figura 11: Variação horária de T_p e T_{abc} durante o experimento	64
Figura 12: T_{abc} horária em função de T_p	65
Figura 13: Média de temperatura por horário	66
Figura 14: Desvios de T_{abc} em relação a T_p por horário	67
Figura 15: Variação horária de U_p e U_{abc} durante o experimento	69
Figura 16: U_{abc} horária em função de U_p	69
Figura 17: Média de umidade relativa por horário	70
Figura 18: Desvios de U_{abc} em relação a U_p por horário	71
Figura 19: Temperatura média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária (7 a 10 de abril)	79
Figura 20: Temperatura média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária (1º trabalho de campo)	83
Figura 21: Temperatura média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária (2º trabalho de campo)	85
Figura 22: Temperatura média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária (3º trabalho de campo)	86

Figura 23: Variação espacial da temperatura média (1º trabalho de campo)	89
Figura 24: Variação espacial da temperatura média (2º trabalho de campo)	90
Figura 25: Variação espacial da temperatura média (3º trabalho de campo)	91
Figura 26: Variação espacial da temperatura mínima (1º trabalho de campo)	92
Figura 27: Variação espacial da temperatura mínima (2º trabalho de campo)	93
Figura 28: Variação espacial da temperatura mínima (3º trabalho de campo)	94
Figura 29: Variação espacial da temperatura máxima (1º trabalho de campo)	95
Figura 30: Variação espacial da temperatura máxima (2º trabalho de campo)	96
Figura 31: Variação espacial da temperatura máxima (3º trabalho de campo)	97
Figura 32: Umidade relativa média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos (1º trabalho de campo)	99
Figura 33: Umidade relativa média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos (2º trabalho de campo)	102
Figura 34: Umidade relativa média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos (3º trabalho de campo)	104
Figura 35: Variação espacial da umidade relativa média (1º trabalho de campo) ..	108
Figura 36: Variação espacial da umidade relativa mínima (1º trabalho de campo)	109
Figura 37: Variação espacial da umidade relativa média (2º trabalho de campo) .	110
Figura 38: Variação espacial da umidade relativa média (3º trabalho de campo) ...	111
Figura 39: Variação espacial da umidade relativa mínima (2º trabalho de campo)	112
Figura 40: Variação espacial da umidade relativa mínima (3º trabalho de campo)	113
Figura 41: Variação média horária da temperatura (1º trabalho de campo)	115
Figura 42: Variação média horária da temperatura (2º trabalho de campo)	118
Figura 43: Variação média horária da temperatura (3º trabalho de campo)	120
Figura 44: Variação média horária da umidade relativa (1º trabalho de campo)	123
Figura 45: Variação média horária da umidade relativa (2º trabalho de campo)	125
Figura 46: Variação média horária da umidade relativa (3º trabalho de campo)	127

Figura 47: Variação da temperatura média diária no 1º trabalho de campo	129
Figura 48: Variação da temperatura máxima diária no 1º trabalho de campo	131
Figura 49: Variação da temperatura mínima diária no 1º trabalho de campo	134
Figura 50: Variação da temperatura média diária no 2º trabalho de campo	136
Figura 51: Variação da temperatura máxima diária no 2º trabalho de campo	139
Figura 52: Variação da temperatura mínima diária no 2º trabalho de campo	140
Figura 53: Variação da temperatura média diária no 3º trabalho de campo	142
Figura 54: Variação da temperatura máxima diária no 3º trabalho de campo	144
Figura 55: Variação da temperatura mínima diária no 3º trabalho de campo	146
Figura 56: Variação da umidade relativa média diária no 1º trabalho de campo	149
Figura 57: Variação da umidade relativa mínima diária no 1º trabalho de campo ...	150
Figura 58: Variação da umidade relativa média diária no 2º trabalho de campo	151
Figura 59: Variação da umidade relativa mínima diária no 2º trabalho de campo ...	153
Figura 60: Variação da umidade relativa média diária no 3º trabalho de campo	155
Figura 61: Variação da umidade relativa mínima diária no 3º trabalho de campo ...	156
Figura 62: Variação da temperatura sob o prenúncio e domínio da FPA	158
Figura 63: Gráfico comparativo das temperaturas sob o domínio da FPA	162
Figura 64: Variação da umidade relativa sob o prenúncio e domínio da FPA ...	164
Figura 65: Variação da temperatura sob o domínio do SPA	165
Figura 66: Variação da temperatura sob o domínio do SPC	169
Figura 67: Variação da umidade relativa sob o domínio do SPC	174
Figura 68: Variação da temperatura sob o domínio do SPT e STA	175
Figura 69: Gráfico comparativo das temperaturas sob o domínio do STA	179
Figura 70: Variação da umidade relativa sob o domínio do SPT e STA	181
Figura 71: Unidades climáticas da bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP	185

1. Introdução

1. Introdução

O tema desta pesquisa baseia-se numa simples questão: quais os climas de uma bacia hidrográfica em condições naturais? O interesse por este assunto iniciou-se com os problemas enfrentados na compreensão dos climas das áreas urbanas.

As dificuldades com o dimensionamento e a importância de cada controle climático sobre a temperatura e umidade nas cidades, conforme pode ser observado nos trabalhos de JARDIM (1998; 2001) conduziu à esta proposta, que busca compreender, primeiro, como seriam as variações de temperatura e umidade de uma bacia hidrográfica “natural” (ou “preservada” da ação antrópica), para depois retornar à complexidade das áreas urbanas.

Os trabalhos nas escalas inferiores do clima foram, de certa forma, sistematizados por GEIGER (1990), que por meio de uma densa revisão de pesquisas sobre microclimatologia, estabeleceu conceitos, procedimentos e métodos para as pesquisas nas escalas climáticas de detalhe. O empirismo dos trabalhos citados e produzidos por GEIGER (*op. cit*) garantiram a formação de bases teóricas sólidas para o conhecimento em microclimatologia.

TARIFA (1981) discute que as mudanças no ritmo das trocas verticais de radiação e horizontais (fluxos advectivos) dependem substancialmente de mudanças nas características da superfície (topo e microclima). Segundo FRIEDRICH & MÖLDERS (2000), as mudanças no fluxo de calor causadas pelas características das superfícies provocam alterações nas propriedades da atmosfera em meso-escala. Os estudos de áreas urbanas e naturais por MONTEIRO (1975; 1980), MONTEIRO & TARIFA (1977), TARIFA (1976, 1981) e

TARIFA & ARMANI (2000; 2001) complementaram ou revisaram alguns conceitos e métodos de pesquisa propostos por GEIGER (1990), principalmente porque foram adequados à análise geográfica do clima.

Estudos dos climas de bacias hidrográficas são relativamente escassos. JARDIM (1998; 2001) estudou como a variação micro e topoclimática da temperatura e umidade na bacia hidrográfica do Aricanduva (São Paulo - SP) estão relacionadas ao uso do solo urbano. Entretanto, as insuficiências de métodos, técnicas e conhecimentos das relações entre atributos e controles climáticos deixaram várias dúvidas a respeito dos microclimas em áreas urbanas.

SHITARA *et al.* (1973) estudaram a variação em micro-escala do resfriamento noturno numa bacia hidrográfica no nordeste do Japão, concluindo que o padrão de resfriamento noturno daquela bacia hidrográfica é muito complexo, mesmo sob situações de calma e de céu limpo. GUTJAHR (1993) propôs uma compartimentação climática para a bacia do Ribeira de Iguape. KIDRON (2000) estudou a precipitação de orvalho numa pequena bacia hidrográfica no deserto de Neguev, concluindo que o relevo tem um papel fundamental nestes casos, pois permite que os fluxos advectivos criem condições para precipitação de orvalho mesmo após o nascer do sol, garantindo o suprimento necessário de água para a vida que se desenvolve nestes ambientes.

A fim de contribuir com o conhecimento climatológico de bacias hidrográficas, o objetivo desta dissertação de mestrado é verificar como as variações espaciais e temporais da temperatura e umidade estão relacionadas com as características da superfície (relevo, modelado, vegetação, canais de drenagem) em interação com a dinâmica atmosférica (fluxos advectivos e

convectivos) na bacia B do Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar. Como síntese foi produzido um mapa de unidades climáticas para esta bacia.

As hipóteses que nortearam a condução deste trabalho são:

- a) A superfície terrestre modifica as propriedades do ar que interage com ela nas escalas climáticas inferiores (micro, topo, meso).
- b) As modificações nas propriedades do ar induzidas pela superfície dependem, em parte, das condições atmosféricas das escalas superiores (local, regional, zonal).

Existem vários estudos desenvolvidos no Núcleo Cunha. A grande maioria está relacionada à hidrologia florestal (ARCOVA, 1996; CICCIO *et al.*, 1985a; CICCIO *et al.*, 1985b; CICCIO *et al.*, 1987; CICCIO *et al.*, 1989; CICCIO, *et al.*, 1995; EMMERICH *et al.*, 1982) e alguns outros ao relevo e solos (CARVALHO *et al.*, 1992; FURIAN, 1987). O trabalho de FURIAN (*op.cit*) merece destaque pela meticulosidade e cuidado, pois foi executado em escala de detalhe, um desafio aos geomorfólogos.

Inexistem trabalhos relacionados ao clima do Núcleo Cunha, com exceção dos tratamentos e informações feitos nos trabalhos de hidrologia florestal supracitados. Desta forma, acredita-se que a contribuição deste trabalho será importante não só do ponto de vista teórico e metodológico para a geografia, como também para o conhecimento da realidade climática do Núcleo Cunha.

Os estudos nas escalas inferiores do clima (meso, topo e micro) são de fundamental importância, pois são os níveis onde a vida (biológica e social) e a maioria dos processos pedológicos e geomorfológicos se desenvolvem.

2. A área de estudo

2. A área de estudo

2.1 - Localização da área de estudo

A área de estudo é a bacia B do Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar (Instituto Florestal - SP), que fica no município de Cunha, São Paulo.

O Núcleo Cunha localiza-se entre as coordenadas geográficas 23°13'10" a 23°17'28" de latitude sul, e 44°59'30" a 45°02'40" de longitude oeste. Está inserido no Planalto Atlântico com altitudes variando entre 1000 e 1228 metros, e é drenado pelo Rio Paraibuna, num trecho condicionado pela estrutura geológica, com um vale encaixado e encachoeirado. Este núcleo é administrado pelo Instituto Florestal (SP), órgão da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, e foi instituído em 1974 como área de preservação dos recursos naturais (Fig. 01).

A região apresenta relevo montanhoso com substrato composto por rochas cristalinas do período Pré-Cambriano, sendo que as rochas mais comuns são os granitos, gnaisses, xistos e migmatitos (DIAS, 2000). Os solos são predominantemente latossolos vermelho-amarelo fase rasa (FURIAN & PFEIFER, 1986, *apud* DIAS, 2000), e a vegetação é de mata atlântica (Floresta Latifoliada Perenifólia).

A área de estudo dista, em linha reta, 15 km da linha de costa do litoral norte do Estado de São Paulo, onde é banhado pela Corrente do Brasil, que apresenta temperaturas das águas superficiais maiores que 20°C (CASTRO FILHO et al., 2003).

Fig. 01 - Localização da Área de Estudo

Projeção: Universal Transversa de Mercator

Fontes:

Carta Topográfica 1:50.000 Folha Cunha (SF-23-Z-C-I-1)
Carta Topográfica 1:50.000 Folha Picinguaba (SF-23-Z-I-3)
Carta Topográfica 1:50.000 Folha Lagoinha (SF-23-Y-D-III-2)
Carta Topográfica 1:50.000 Folha Ubatuba (SF-23-Y-D-III-4)
DIAS (2000)

Organização: Gustavo Armani, julho de 2003.

0 500 1000 1500 2000m

2.2 - Justificativas da escolha da área de estudo

Teoricamente este estudo poderia ser desenvolvido em qualquer bacia sem a ocupação humana. Entretanto, durante o contato com o Núcleo Cunha no curso de pós-graduação ministrado pela Prof. Sônia Furian, percebeu-se que lá era uma área adequada ao desenvolvimento desta pesquisa. Os motivos pelos quais houve o interesse na realização desta pesquisa na bacia B no núcleo Cunha são:

- É uma área preservada, sem a ocupação humana (premissa necessária para atingir os objetivos).
- Há uma infra-estrutura boa para o desenvolvimento da pesquisa, com alojamento e equipamentos básicos (pluviógrafos, linígrafos, uma estação meteorológica e microcomputadores).
- Existe uma “segurança mínima” para os equipamentos que serão instalados.
- Há carência de estudos climatológicos em todo o núcleo Cunha.
- A área da bacia é relativamente pequena (36,7 ha), tornando possível caminhar por quase toda ela, observando-a em escala 1:1.
- Uma equipe do IAG - USP tem experimentos montados e vem desenvolvendo trabalhos nesta bacia. Com isso, pode-se colaborar para o avanço do conhecimento relacionado a esta realidade (bacia B).

2.3. Caracterização climática

2.3.1. O clima regional

Segundo MONTEIRO (1973) a área de estudo situa-se no clima regional caracterizado pelo predomínio da Massa Tropical, sendo que as massas polares são menos freqüentes e que, por isso, conduzem à existência de um período menos úmido, exceto no litoral. Este período pode ser mais, ou menos intenso, dependendo da circulação atmosférica. A menor penetração do ar polar no setor setentrional do Estado de São Paulo reduz a quantidade de chuvas, pois que a diminuição progressiva das chuvas frontais de sul para norte conduz, normalmente ao bom tempo.

No contexto regional do Núcleo Cunha, as massas polares têm cerca de 30 a 40% de participações anuais, estando menos sujeito às invasões de ar frio que os setores centro e meridional do Estado de São Paulo. A proximidade da serra do Mar com o Oceano Atlântico neste trecho do Estado é responsável pela existência de pluviosidade no inverno. A influência orográfica neste caso é principalmente exercida sobre a Massa Tropical Atlântica, que embora no inverno tenda à estabilidade e ao bom tempo, produz chuvas na orla litorânea (MONTEIRO, 1973).

Os totais do período menos úmido oscilam próximos de 500 mm, enquanto que no verão eles aumentam para cerca de 2000 mm. O eixo reflexo da Frente Polar tem aí sua área de atuação preferencial e responde por uma parcela significativa das chuvas de primavera e verão. Em casos de anos com fraca atividade polar, o eixo reflexo dá a esta área um certo destaque pelas chuvas que aí precipitam (MONTEIRO, 1973).

As chuvas diminuem progressivamente dos topos da Serra do Mar para o Vale do Paraíba, de modo que nestas áreas pode-se distinguir um período menos chuvoso de outono-inverno (MONTEIRO, 1973).

2.3.2 - O Clima Local

2.3.2.1 - O Regime da Temperatura

Pela análise da figura 2, nota-se que os meses mais quentes são normalmente janeiro, fevereiro e março, sendo que as temperaturas oscilam entre 23 e 21°C. Mas em janeiro de alguns anos (1985 e 1991) a temperatura média pode ser um pouco inferior que nos outros anos, oscilando entre 20 e 21°C (Fig. 02).

Fig. 02 - Regime da Temperatura em Cunha (Est. Met. Cunha - DAEE - Lat. 23°05', Long. 44°58', Alt. 980 m)

Observa-se que a partir de abril há uma progressiva diminuição da temperatura média até o mês de julho, mês que normalmente apresenta as menores temperaturas. Em abril as temperaturas médias oscilam entre 19 e 20°, diminuem até cerca de 14 a 15°C em julho. A partir de agosto as temperaturas aumentam gradualmente até dezembro. Os meses mais frios são normalmente maio, junho e julho, sendo que as temperaturas oscilam entre 17 e 14°C. Em alguns anos o período mais frio pode ser maior, como, por exemplo, os anos de 1989 e 1990 (Fig. 02).

2.3.2.2 - O Regime da Umidade Relativa

Nota-se que a área de Cunha apresenta valores relativamente altos de umidade relativa ao longo de todo o ano, fato este que era esperado por se tratar de uma área próxima ao oceano (cerca de 15 km). Os meses que apresentam os maiores valores de umidade relativa são janeiro, fevereiro e março, com os valores oscilando normalmente entre 87 e 78%. Em alguns anos pode ocorrer uma diminuição na umidade relativa do ar nestes meses normalmente mais úmidos. Janeiro e fevereiro de 1984 é um bom exemplo, onde os valores oscilaram entre 72 e 75% (Fig. 03).

Os meses que apresentam menores valores de umidade relativa do ar são normalmente julho, agosto e setembro, com uma oscilação entre 66 e 75%. Em agosto de alguns anos (1985, 1988) os valores de umidade relativa podem ser ainda menores, oscilando entre 63 e 66% (Fig. 03). Nestes casos deve predominar a atuação da alta subtropical com forte subsidência superior.

Fig. 03 - Regime da Umidade Relativa em Cunha (Est. Met. Cunha - DAEE - Lat. 23°05', Long. 44°58', Alt. 980 m)

2.3.2.3 - O Regime da Chuva

A chuva apresenta um regime de variação temporal mais complexo que a temperatura e umidade. É possível dizer genericamente que os meses mais chuvosos são normalmente dezembro, janeiro, fevereiro e março (Fig. 04). Evidentemente podem ocorrer anos em que estes meses apresentem redução nos seus totais, tais como dezembro e fevereiro de 1984, dezembro de 1990 e fevereiro de 1992. Nestes meses mais chuvosos os totais são em geral superiores a 150 mm, podendo chegar a 350 mm (Fig. 04).

A partir de abril os totais habitualmente começam a diminuir, sendo que julho e agosto tendem a ser os meses menos chuvosos, com os totais oscilando normalmente entre 0 a 50 mm. Em alguns anos o período menos chuvoso pode se atrasar (como em 1988), ou se adiantar (como em 1984 e 1990) (Fig. 04). A

partir de setembro/outubro os totais pluviométricos tendem a aumentar, embora possa ocorrer um atraso ou adiantamento do período chuvoso (Fig. 04).

Fig. 04 - Regime da Chuva em Cunha (Est. Met. Cunha - DAEE - Lat. 23°05', Long. 44°58', Alt. 980 m)

2.3.2.4 - O Regime da Insolação

O número de horas de brilho solar (insolação) apresenta um regime de variação bastante complexo. A maioria dos meses apresenta um total de horas de brilho solar superior a 190 horas. Na maioria dos anos desta série de dados (1983 a 1993) os meses de inverno apresentam totais maiores que os meses de verão, embora os dias sejam mais curtos que no verão. Isto se justifica pela diminuição da nebulosidade no período hibernar. Entretanto, em alguns anos (1983, 1990, 1991, 1992 e 1993) estes meses apresentaram totais relativamente baixos (Fig. 05), anos com freqüentes passagens da frente polar.

Fig. 05 - Regime da Insolação em Cunha (Est. Met. Cunha - DAEE - Lat. 23°05', Long. 44°58', Alt. 980 m)

2.4 - A bacia B

A bacia B do Núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar é uma bacia de drenagem de primeira ordem segundo a hierarquia proposta por Strahler (1984), com uma área de 36,68 hectares. Antes da implantação do Parque Estadual da Serra do Mar a área da bacia B pertencia à Fazenda São Lourenço e uma boa parte dela foi desmatada e substituída por pastos. Somente nos topos dos morros (divisores d'água principais) e em alguns trechos do fundo de vale é que a mata foi preservada. Após a instalação do Parque, que se deu em 1974, a vegetação foi se regenerando naturalmente, e hoje toda a área da bacia está coberta por diferentes graus de desenvolvimento da vegetação, decorrentes das diferenças nas características dos sítios (fundo de vale, vertentes, topos), da vegetação primária que não foi retirada, e de outros eventos que podem

acelerar, estancar ou retardar o desenvolvimento das espécies vegetais, tais como a ocorrência de geadas em alguns locais.

2.4.1 - As altitudes (carta hipsométrica – figura 6)

O nível de base local da bacia B seria o Rio Paraibuna, que durante os trabalhos de campo pôde-se constatar que ele está na altitude aproximada de 1023 metros. Entretanto, é em 1025 metros que está a barragem da bacia B, que na verdade atua como o nível de base local dela. Neste local a vertente direita inicia-se de forma relativamente abrupta próximo à barragem, enquanto que a vertente esquerda inicia-se de forma mais suave, com as altitudes se elevando mais lentamente. A amplitude altimétrica máxima entre o nível de base local (barragem - 1025 metros) e o topo mais elevado (1172 metros) é de 147 metros (figura 6).

De uma maneira geral, as vertentes da margem esquerda são mais longas e menos íngremes que aquelas da margem direita. Seguindo o córrego em direção a montante, encontra-se na altitude de 1050 metros uma soleira, que faz com que o leito do córrego fique encachoeirado. Neste trecho, ele fica “estrangulado”, ou encaixado entre as duas vertentes (direita e esquerda), sendo que ambas neste trecho aumentam em altitude rapidamente. Mesmo aí, a vertente direita é mais íngreme, chegando ao topo numa distância mais curta que a vertente esquerda. A vertente esquerda neste trecho da soleira é, na realidade um interflúvio secundário, um esporão bastante erodido que parte do topo, a 1169 metros, e desce até 1050 metros, na soleira. Entretanto, ele ganha expressão espacial a partir de 1110 metros. Este interflúvio secundário divide a área da bacia em duas partes, sendo que a norte do esporão tem-se um canal pluvial

Figura 6 - Carta hipsométrica da bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B) - IGC, 1977.
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes.

relativamente grande e que drena para a foz do córrego; a sul deste esporão (interflúvio secundário) está a maior parte da área da bacia B (figura 6).

Da altitude de 1050 metros em direção a montante, o curso do rio drena uma área relativamente plana e mais ampla. É uma área de planície de inundação com muitos canais fluviais e pluviais por toda esta área. O funcionário João e o mateiro Aderbal que acompanharam a realização deste trabalho disseram que esta área, plana e permanentemente encharcada, é chamada de “mangue”, pois é muito semelhante ao verdadeiro. Há uma quantidade significativa de matéria orgânica em decomposição. O gradiente altimétrico até as nascentes do córrego é relativamente baixo, pois as nascentes ocorrem na altitude média de 1080 metros (figura 6).

Os topos dos interflúvios da bacia B oscilam entre 1142 metros e 1172 metros. Os topos são isolados uns dos outros por colos, que ocorrem preferencialmente na altitude de 1120 metros (figura 6).

2.4.2 - As declividades (carta clinográfica – figura 7)

No geral, predominam declividades altas, entre 12° e 45° na maior parte da bacia. Nota-se que as declividades são mais elevadas, entre 20 e 45°, nas áreas próximas aos topos.

Nas vertentes da margem direita predominam declividades maiores que aquelas da margem esquerda, tal como foi dito quando se descreveu as altitudes. A margem direita, bem próximo ao córrego, tem declividades elevadas, o que pode denotar um controle estrutural significativo no relevo deste lado da bacia (figura 7).

Figura 7 - Carta clinográfica da bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B) - IGC, 1977.
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes.

Ao longo do curso d'água, após a soleira e em direção a montante, nota-se uma área de declividades mais baixas, associado às áreas de planícies de inundação. As baixas declividades deste trecho dificultam o escoamento das águas fluviais e pluviais, mantendo esta área freqüentemente encharcada. A jusante da soleira, as declividades na margem direita são elevadas, oscilando entre 20° e 45°. Já na margem esquerda as declividades são menores, entre 7° a 20° e só no trecho da soleira propriamente dito é que a declividade na margem esquerda fica elevada tanto quanto na direita (entre 20° e 45°) (figura 7).

2.4.3 - A orientação das vertentes (carta de orientação de vertentes – figura 8)

O córrego da bacia B é orientado no sentido sudeste/noroeste. Isso resulta numa divisão simplista da bacia em vertentes sudoeste na margem direita do córrego, e vertentes nordeste na margem oposta.

Evidentemente, ao analisar a carta de orientação de vertentes com o devido cuidado, nota-se que o modelado e o relevo modificam bastante essa divisão simplista. Nas vertentes à direita do córrego predominam a exposição oeste, seguida pela sudoeste. A maior diversificação das orientações ocorrem próxima aos topos isolados, ou seja, entre os topos e as áreas acima dos colos (altitude 1120 metros). Como a forma dos topos é próxima a um cone, o formato circular faz com que existam áreas com a face voltada para norte e noroeste nestes topos da margem direita do córrego (figura 8).

Na margem esquerda, as vertentes têm uma orientação predominante para nordeste, seguido pela face norte. Neste lado do córrego as vertentes são mais longas, que juntamente com os processos morfogenéticos atuantes

Figura 8 - Carta de orientação de vertentes da bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B) - IGC, 1977.
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes.

garantiram uma maior variabilidade nas orientações das vertentes, fato que pode ser observado em alguns trechos onde existem orientações leste, sudeste e noroeste (figura 8).

Ao longo do curso d'água, da soleira em direção a montante, no setor mais plano da bacia, não há uma orientação preferencial, pois o terreno é relativamente plano. Nas mudanças de curvas de nível aparecem uma orientação noroeste e norte, mas como a área é muito plana, trata-se de uma insuficiência do método de interpolação. Os topos dos morros também são áreas planas e sem orientação preferencial (figura 8).

2.4.4 - Vegetação (carta de vegetação – figura 9)

A vegetação na bacia B, pelo menos na escala em que foi mapeada, não apresenta muitas variações. Nos topos isolados há uma vegetação de altura média com o dossel fechado, resultando num aspecto denso (figura 9).

A vegetação de porte mais baixo é de expressão relativamente restrita, estando normalmente próxima ao curso d'água principal. Uma área dessas foi mapeada próximo à foz da bacia, e a outra próxima ao médio curso do córrego, na margem esquerda (figura 9).

Em geral, nas vertentes mais sombreadas (Sul, Sudeste e Sudoeste), que ficam principalmente à direita do córrego da bacia B, predominam uma vegetação de árvores altas com as copas relativamente espaçadas, resultando num aspecto pouco denso (figura 9).

Figura 9 - Carta de vegetação da bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Uma vegetação de porte médio com dossel pouco denso e com algumas emergentes ocupa o início, a partir do curso d'água, das vertentes à direita e à esquerda do córrego, sendo que à direita ela não sobe muito em direção aos topos, enquanto que à esquerda (faces norte, nordeste) ela ocupa as vertentes quase até os topos (figura 9).

2.4.5 - Morfografia (carta morfográfica – figura 10)

A maioria das vertentes na bacia B tem formas retilíneas. As vertentes esquerda e direita próximas à foz do córrego da bacia têm uma forma convexa (figura 10).

Próximo às nascentes do córrego da bacia B forma-se um anfiteatro. Aí a vertente é côncava, sendo que neste anfiteatro há uma ruptura côncava. À esquerda deste anfiteatro há uma vertente convexa (figura 10).

Após a primeira soleira, um micro “*graben*” produziu uma área relativamente plana que foi delimitada por uma ruptura côncava (figura 10).

Os topos são bastante aplainados. Entretanto, há uma ruptura côncava quando a declividade das vertentes aumentam significativamente. Os topos são separados por colos (figura 10).

No médio curso do córrego, à direita, há uma concavidade marcada por uma ruptura côncava. Forma-se neste lugar um outro anfiteatro, de dimensões um pouco menores (figura 10).

Figura 10 - Carta morfográfica da bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

- Hidrografia perene
- - - Hidrografia intermitente
- Divisor principal (limite da bacia B)
- - - Divisor secundário
- ⊕ Postos microclimáticos

Intervalos hipsométricos (metros)

Elementos morfográficos

- <<<> vertente côncava
- >>>> vertente convexa
- > vertente retilínea
- = soleira
-) (colo
- ~ ruptura côncava
- ruptura convexa (topo)

Fontes:
 Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B) - IGC, 1977.
 Aerofoto Natividade LTDA, 1962. Fotos nº 8235 e 8236. Escala aproximada: 1:25.000.
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes.

100 0 100 200 m

Projeção Cartográfica :
 UTM (Universal Transversa Mercator)

2.5 - Os postos microclimáticos

A localização dos postos pode ser vista nas figuras 6, 7, 8, 9 e 10.

2.5.1 - Posto 1 (P1)

Este posto foi instalado imediatamente a montante da soleira, na margem esquerda do córrego, a uma altitude de 1050 metros, latitude sul 23°15'18", e longitude oeste 45°01'58". A jusante da soleira há uma pequena cachoeira com cerca de 8 metros de desnível escalonado em alguns patamares. A montante da soleira o córrego tem uma energia menor, fato esperado pelo menor gradiente altimétrico. O curso d'água está orientado no sentido SSO-NNE, sendo que tanto no leito e nas margens existem rochas expostas, provavelmente gnaisses. Neste local, na margem direita, a vertente é orientada para oeste, e inicia-se com uma declividade elevada, aparentemente acima de 20°. A vegetação nesta margem é de árvores com alturas de 8 metros aproximadamente.

A margem esquerda, onde o posto está efetivamente instalado, é uma vertente nordeste, com uma declividade relativamente baixa, em torno de 10°. O ambiente microclimático do posto é ocupado por árvores de cinco metros de altura, com poucas emergentes, cuja altura aproximada é de sete metros. O estrato herbáceo é bastante denso e composto principalmente por bambus e bromélias espalhadas pelo solo. Há muitos líquens e musgos nos troncos das árvores. A foto 1 dá uma idéia geral do ambiente onde o posto 1 foi instalado.

O solo possui uma camada espessa de serrapilheira (cerca de 10 centímetros). A xistosidade, diáclases e fraturas das rochas seguem a direção brasileira (SW-NE).

Foto: Gustavo Armani, junho de 2004.

Foto 1: O ambiente microclimático do posto 1 (P1)

A partir do *sky view factor* pôde-se calcular que o fator de obstrução (*sky diagram* – SD) que neste posto é de 93%, conforme se pode observar na foto 2.

Foto 2: A configuração do céu no posto 1

2.5.2 - Posto 2 (P2)

Este posto está instalado na margem esquerda do córrego da bacia B, próximo do médio curso, a 1060 metros de altitude, na latitude sul 23°15'24", e longitude oeste 45°01'52". Este ambiente microclimático é composto por árvores grandes, com cerca de 15 metros de altura e grossas. Existem muitas bromélias neste lugar, sendo que aparentemente é o lugar da bacia B onde há o maior número de bromélias por metro quadrado. O estrato herbáceo (inferior) é denso, mas não tanto quanto em P1. A foto 3 ilustra as características do ambiente deste posto.

Foto: Gustavo Armani, junho de 2004.

Foto 3: O ambiente microclimático do posto 2 (P2)

O solo neste lugar é encharcado, e permanentemente úmido. A grande quantidade de matéria orgânica em decomposição exala um cheiro característico. O técnico de assistência à pesquisa do núcleo (João) informou que este tipo de solo é conhecido como “mangue” pela população local. Trata-se de uma área de relevo plano. As vertentes de ambos os lados não são visíveis deste lugar. Há

uma quantidade apreciável de serrapilheira sobre o solo, com muitos galhos caídos no chão.

Pelo método do *sky view factor*, calculou-se que este ambiente tem 94% de obstrução, conforme se pode observar na foto 4.

Foto 4: A configuração do céu no posto 2

2.5.3 - Posto 3 (P3)

Este posto está próximo às nascentes do córrego da bacia B. A altitude aproximada do posto é de 1080 metros, e as coordenadas do posto são 23°15'32" de latitude sul, e 45°01'47" de longitude oeste. As árvores neste local são altas, com mais de 10 metros em geral. Existem muitas bromélias, inclusive no chão, e palmitos juçara. O estrato inferior é bastante denso. A foto 5 fornece uma idéia do ambiente do posto 3.

Foto: Gustavo Armani, junho de 2004.

Foto 5: O ambiente microclimático do posto 3 (P3)

As nascentes estão cerca de 10 metros a jusante deste posto. O relevo neste trecho é plano. Este ambiente é, na verdade, o fundo de um anfiteatro,

envolvido pelas vertentes a sul, leste e oeste. As vertentes estão próximas, cerca de 10 metros aproximadamente. O solo uma quantidade significativa de serrapilheira e raízes.

Foto 6: A configuração do céu no posto 3

A porcentagem de obstrução dada pelo *sky view factor* foi de 86%, conforme se pode observar na foto 6.

2.5.4 - Posto 4 (P4)

Este posto está instalado na vertente direita, a 1120 metros aproximadamente, nas coordenadas 23°15'31" de latitude sul, e 45°01'41" de longitude oeste. Está próximo ao topo da vertente, sendo que aparentemente é o posto com o ambiente microclimático mais aberto. A foto 7, da lente olho-de-peixe, pelo *sky view factor*, indica uma obstrução de 84%, mas o posto está instalado ao lado de uma moita de um cipó, designado criciúma. Esta moita aumentou significativamente a porcentagem de obstrução na fotografia, mas as copas das árvores são mais dispersas, permitindo que uma maior quantidade de radiação solar atinja a superfície. Neste local há muito cipó criciúma, palmitos pequenos e árvores de pequeno porte, com até cinco metros de altura. No topo da vertente e nos lados da área do posto existem árvores mais altas, com cerca de 15 metros de altura. Entretanto, a área do posto é bem clara e aberta.

Foto 8: O ambiente microclimático do posto 4 (P4)

O local do posto é uma vertente sudoeste e retilínea com declividade de 32° . O solo é coberto por uma serrapilheira composta principalmente de folhas do cipó criciúma. A foto 8 fornece uma idéia do ambiente do posto 4.

2.5.5 - Posto 5 (P5)

Este posto está a 1110 metros de altitude, na latitude sul $23^\circ 15' 33''$ e na longitude oeste $45^\circ 01' 51''$. A vegetação é predominantemente de taquaras e árvores de grande porte, como as canelas, com cerca de 20 a 25 metros, e alguns cipós. A jusante, em direção à planície, existem muitos indivíduos de samambaia-açu. O solo é recoberto por uma serrapilheira, composta principalmente por folhas de taquaras. É um solo aparentemente mais seco.

O posto está instalado numa vertente nordeste, cuja subida até o posto é bem mais suave que a outra da margem direita (P4), sendo que a declividade é de 23° .

Pelo *sky view factor* determinou-se que o grau de obstrução à radiação solar neste posto é de 89%, conforme ilustra a foto 9.

Foto 9: A configuração do céu no posto 5

2.5.6 - Posto 6 (P6)

Este posto está localizado nas coordenadas 23°15'20" de latitude sul, e 45°02'01" de longitude oeste, numa altitude aproximada de 1080 metros. A vegetação é bastante fechada, principalmente pelas taquaras. Elas formam um ambiente microclimático fechado com um dossel ("teto") de cerca de cinco metros. Há algumas árvores pequenas, com poucas emergentes (canelas) com cerca de 15 metros. O estrato herbáceo é quase nulo. A partir da fotografia 10, obtida com a lente olho-de-peixe, determinou-se um fator de obstrução de 94%.

O posto está instalado num divisor de águas secundário, numa vertente nordeste, com uma declividade de 19°. Há muita serrapilheira no solo.

Foto 10: A configuração do céu no posto 6

2.5.7 - Posto 7 (P7)

Este posto está localizado nas coordenadas 23°15'27" de latitude sul, e 45°02'07" de longitude oeste, a uma altitude de 1160 metros. A vegetação neste local é composta por árvores de médio porte, com cerca de sete a oito metros, e grandes, com 15 a 20 metros e altura. Bem próximo ao topo, descendo em direção ao córrego da bacia B o dossel é ligeiramente mais aberto. O estrato herbáceo é composto principalmente pelo cipó criciúma, que aqui é bastante denso, situação diversa daquela observada no topo da margem direita (P9).

O relevo é relativamente plano neste trecho e a declividade na vertente voltada para a bacia B é relativamente baixa nas proximidades com o topo, com cerca de 10°.

O fator de obstrução deste posto, obtido pelo *sky view factor*, é de 92%, conforme pode ser observado no foto 11.

Foto 11: A configuração do céu no posto 7

2.5.8 - Posto 8 (P8)

Este posto está localizado nas coordenadas 23°15'17" de latitude sul, e 45°01'57" de longitude oeste e aproximadamente a 1080 metros de altitude. Este local é marcado por uma vegetação com um estrato herbáceo relativamente fechado, com árvores de médio porte, com até 8 metros. Há alguns palmitos juçara, samambaia-açu, e algumas árvores mortas, umas caídas, outras ainda em pé. O dossel na área do posto é bem fechado, mas o entorno é aberto. O fator de obstrução do céu neste posto é de 92%, como a foto 12 revela. A foto 13 nos dá uma idéia do ambiente de instalação do posto.

O posto foi instalado numa vertente oeste, à direita do curso d'água, e a declividade aproximada do local é de 23°. O solo apresenta uma serrapilheira considerável.

Foto 12: A configuração do céu no posto 8

Foto: Gustavo Armani, junho de 2004.

Foto 14: O ambiente microclimático do posto 8 (P8)

2.5.9 - Posto 9 (P9)

Este posto está localizado no topo da margem direita do córrego da bacia B, nas coordenadas 23°15'15" de latitude sul, e 45°01'48" de longitude oeste. A altitude deste posto é de 1166 metros.

A mata deste local não apresenta um estrato herbáceo denso, sendo fácil caminhar neste topo. As árvores aqui têm cerca de 10 metros de altura, com algumas emergentes de 15 metros, como a canela. Há bromélias e cipós nas árvores. O fator de obstrução neste local é de 87%, conforme se pode observar na foto 14. A foto 15 ilustra o ambiente onde foi instalado o posto 9.

Fato decorrente da altitude é a maior velocidade do vento, que é perceptível, tanto na pele quanto no farfalhar das folhas das árvores, que é bastante intenso neste posto. Foi o único posto onde se detectou essa velocidade mais intensa e constante dos ventos.

Trata-se de um lugar plano (declividade 0°). Neste topo temos, ao2 norte, a vertente que drena para o rio Paraibuna, a oeste a vertente direita do córrego da bacia B, e, a leste, a vertente direita de um afluente do rio Bonito. Este topo segue para sudeste, sendo fragmentado por alguns colos que estão a aproximadamente 1120 metros de altitude.

Foto: Gustavo Armani, junho de 2004.

Foto 15: O ambiente microclimático do posto 9 (P9)

A seguir segue um quadro resumo das características dos ambientes (controles climáticos) dos nove postos microclimáticos.

Quadro 1: Características dos ambientes microclimáticos

	Altitude (m)	Declividade (°)	Orientação da vertente	Vegetação	Formas (relevo e modelado)	Altura do dossel (m)	Configuração do céu (%)
P1	1050	0	plano	Média pouco densa	Vale estreito, soleira	5	93
P2	1060	0	plano	Média pouco densa	Vale, micro graben, planície	15	93
P3	1080	0	plano	Alta, pouco densa com emergentes	Fundo do anfiteatro	10	86
P4	1120	32	SO	Alta, pouco densa com emergentes	Vetente retilínea	15	84
P5	1110	23	NE	Alta, pouco densa com emergentes	Vetente retilínea	20	89
P6	1080	19	NE	Média pouco densa	Divisor secundário	5	89
P7	1160	0	plano	Média densa	Topo	8 e 15	92
P8	1080	23	O	Média pouco densa	Vetente retilínea	8	92
P9	1166	0	plano	Média densa	Topo	10	87

Organização: Gustavo Armani, agosto 2004.

3. Procedimientos metodológicos

3. Procedimentos metodológicos

3.1. As bases teóricas e metodológicas

O ritmo é a essência geográfica do clima (MONTEIRO, 1969). A maioria dos trabalhos em climatologia quase sempre se apoiou no ritmo dos elementos climáticos. Para AZEVEDO (2001) o ritmo sempre foi o paradigma da climatologia. Por exemplo, Hann e Köppen buscavam, por meio das normais e médias, os ritmos diário e anual da insolação.

É necessário dizer que dentro de uma concepção de ritmo, se houver redução dos dados para médias, estas devem ser sempre feitas para um período (ou segmento dele) que seja capaz de expressar a natureza do ritmo do fenômeno. Evidentemente, *“as médias de longo período ou normais, quando tomadas isoladamente, estanca para o movimento. É uma abstração, onde Belém e Santos aparecem como tendo a mesma classificação climática”* (TARIFA, 2002, p.97). Neste sentido as proposições de SORRE (1951) e MONTEIRO (1969, 1971) representam um avanço apreciável ao que era praticado nas pesquisas em climatologia.

O conceito de clima de SORRE (1951), *“l’ambiance atmosphérique constituée par la série des états de l’atmosphère au-dessus d’un lieu dans leur succession habituelle”*, coloca novos conceitos para a interpretação da realidade climática. O conceito de “habitual” é certamente melhor que o uso da média, porque tem em si a idéia de retorno, freqüência e intensidade, que faz com que se aproxime da noção de ritmo. Outro conceito fundamental é o de “sucessão”, que contém as idéias de encadeamento, de duração, de presença-ausência, ou seja, a essência do ritmo (TARIFA, 2002).

MONTEIRO (1971), apoiado nas idéias de SORRE (1951), propôs a análise rítmica como um processo interativo entre a circulação atmosférica e os elementos do clima. MONTEIRO (*op. cit.*) estabelece três regras básicas, a saber:

“Admitimos, pois, como válida a conclusão de que o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológicas pelo menos diárias” (p. 9).

“Só a análise rítmica detalhada ao nível de ‘tempo’, revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores dentro de uma realidade regional é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos” (p. 12).

“Na análise rítmica, as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente ligadas à gênese ou qualidade dos mesmos” (p. 13).

A preocupação com a problemática ambiental urbana em meados dos anos 70 por MONTEIRO, conduziu-o para uma nova abordagem no clima urbano, quando apresentou o seu trabalho “Teoria e Clima Urbano” (MONTEIRO, 1976).

Assim, durante este período, as pesquisas em climatologia desenvolvidas pelo Laboratório de Climatologia do Instituto de Geografia da USP estavam ligadas, por um lado, à análise da circulação regional, e por outro, a um objeto bastante complexo (as áreas urbanas), onde os controles climáticos são de

ordens hierárquicas inferiores (topo e microclimáticos). Havia aí uma descontinuidade entre as escalas e, obviamente, entre os processos. Durante as décadas de 80 e 90 vários trabalhos foram desenvolvidos contribuindo para apresentar novas metodologias e conceitos capazes de resolver esta descontinuidade.

O trabalho de SETTE (2000) apresenta uma solução para a integração entre as escalas, partindo-se do conceito de “totalidade”. A proposta da autora é o holorritmo, ou seja, o ritmo global do planeta.

A partir de um balanço da produção do Laboratório de Climatologia, TARIFA (2001) apresenta uma nova hipótese a ser testada; um novo conceito de clima. Parte-se da premissa que a proposta desse autor é a mais adequada à compreensão das realidades climáticas. Assim sendo, “*o(s) clima(s) de um determinado lugar na superfície da Terra é (são) uma composição das totalidades dos ritmos dos estados atmosféricos para uma determinada relação espaço-tempo*” (TARIFA, *op cit.*, p.29). Este conceito foi a base desta pesquisa, frente à realidade da bacia B. Esta revisão conceitual foi complementada por TARIFA (2002) por alguns pressupostos comentados a seguir.

Como ritmo pressupõe movimento, e os movimentos na atmosfera são decorrentes das diferenças de pressão, densidade e temperatura, sempre que há ritmo há transformação de energia; assim, os estados atmosféricos na baixa troposfera dependem da natureza do espaço (TARIFA, 2002).

Como o ritmo depende da natureza do espaço, a busca por uma relação consistente entre os atributos e controles climáticos é um dos meios para tentarmos superar a dificuldade de compreensão e representação das realidades

climáticas na interface solo-vida-atmosfera. Desta forma, se há uma relação entre controles e atributos climáticos, o espaço expressa a resultante dos processos e ritmos, criando as unidades ou identidades climáticas (TARIFA, 2002).

Considerando-se que os fluxos e insumos energéticos de macroescala são permanentemente utilizados, dissipados e transformados pela vida e de apropriação/produção do espaço, supõe-se que os controles meso, topo e microclimáticos redefinam as ofertas, disponibilidades e ritmos nos lugares onde a vida se desenvolve. Assim, *“se os ritmos são sempre composições (oposições, associações, convergências ou divergências), então os insumos climáticos de ordem hierárquica superior são sempre redefinidos pela forma e conteúdo do (no) espaço próximo à superfície da Terra”* (TARIFA, 2002, p.28).

3.2. Levantamento dos principais controles climáticos

Neste item descreve-se os procedimentos utilizados para levantar os controles climáticos considerados fundamentais para esta pesquisa. Os produtos cartográficos foram gerados a partir da Carta Topográfica Fazenda São Lourenço (SF-23-Y-D-III-4-NE-B) do Instituto Geográfico e Cartográfico, na escala 1:10.000, a maior escala disponível da área de estudo. Evidentemente essa não é a escala cartográfica ideal para a escala deste trabalho, mas este é o único material existente de maior detalhe.

3.2.1. As altitudes (carta hipsométrica)

A altitude é, talvez, o mais conhecido, e um dos mais importantes controles climáticos, daí a importância em se ter representado corretamente os intervalos altimétricos mais significativos da área de estudo.

Este material foi utilizado para diferenciar as áreas mais elevadas das mais baixas, como também apoiou na análise climática dos fluxos advectivos e os possíveis processos de aquecimento e resfriamento adiabático. Normalmente as áreas mais elevadas são mais frias e as mais baixas mais quentes, mas a situação pode se inverter sob a ocorrência de inversões térmicas. Uma parcela de ar movendo-se sobre uma vertente pode sofrer aquecimento, ou resfriamento adiabático se estiver descendo ou subindo, respectivamente, a vertente.

A confecção da carta hipsométrica foi feita no programa ArcView GIS 3,2a. A partir da digitalização da área da bacia B e seu entorno, este programa confeccionou com muita rapidez e praticidade a carta hipsométrica. Inicialmente ele propõe intervalos padrão, e a partir daí o usuário pode redefiní-los. Para representarmos bem as áreas dos topos isolados, dos colos nos interflúvios, e da planície aluvionar do córrego da bacia B, optou-se pelos intervalos altimétricos (em metros): 1010 a 1025; 1025 a 1050; 1050 a 1060; 1060 a 1085; 1085 a 1110; 1110 a 1140; 1140 a 1177.

Utilizou-se de uma escala de cores quentes, em que as áreas mais baixas foram representadas pelas cores mais claras (verde bem claro e amarelo) e as mais altas pelas mais escuras (vermelho e marrom).

Este programa também oferece a opção de sombreamento na carta hipsométrica, que facilita a visualização do relevo.

A partir da carta hipsométrica pode-se gerar, também com relativa facilidade, o modelo digital do relevo, em que se pode visualizar o relevo de vários ângulos.

Nos trabalhos de campo as altitudes foram obtidas a partir de um altímetro analógico e outro digital, que funcionam, na verdade, a partir de um barômetro aneróide no caso analógico, e de um sensor de pressão atmosférica no digital. Assim sendo, é de se esperar que estes instrumentos não sejam muito precisos, nem muito exatos (acurados). Entretanto, eles foram os únicos parâmetros disponíveis para um controle de campo. A precisão do altímetro analógico é de cinco metros, e a do digital um metro. No entanto, a exatidão das leituras obtidas pelo analógico é bastante superior à do digital.

3.2.2 - As declividades (carta clinográfica)

As declividades das vertentes são outro controle climático de grande valor na análise de topoclimas, pois a irradiância (w.m^{-2}) varia conforme o ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície. Assim como a declinação e a elevação solar são variáveis importantes, pois modificam os valores de irradiância em superfície, a declividade também é. Todos estes fatores devem ser avaliados conjuntamente para se estimar a quantidade de energia recebida do Sol pela bacia; energia que pode ser usada para o aquecimento do solo e do ar, bem como para a fotossíntese, entre outros. Portanto, a carta clinográfica foi utilizada buscando definir as áreas que recebem mais radiação solar (mais expostas aos raios solares) daquelas que recebem menos (mais sombreadas, ou menos expostas). Além disso, ela pôde apoiar uma análise qualitativa da velocidade do escoamento superficial e/ou subsuperficial da água, pois, devido ao seu calor específico relativamente alto ($1 \text{ cal.g}^{-1}.\text{°C}^{-1}$) retém e emite de volta para a atmosfera o calor (ondas longas), podendo reduzir a amplitude térmica.

A confecção da carta clinográfica foi feita no programa ArcView GIS 3.2a. A vantagem de se utilizar os recursos computacionais para produção cartográfica

é a rapidez e a possibilidade de se comparar os intervalos de classe, podendo-se optar pelo mais adequado. Ela pode ser representada sem as curvas de nível, mas, até por questão de hábito e da prática com as cartas clinográficas feitas à mão, optou-se por representar as declividades juntamente com as curvas de nível.

Os intervalos utilizados nesta carta foram: 0° a 3°; 3° a 7°; 7° a 12°; 12° a 20°; 20° a 45°; e de 45° a 90°. Optou-se por estes intervalos porque durante os trabalhos de campo pôde-se perceber alguns trechos importantes da bacia, que representavam mudanças nas formas das vertentes e contatos entre compartimentos do relevo ou do modelado. A escolha das cores para a representação das declividades seguiu o mesmo raciocínio empregado na legenda da carta hipsométrica, ou seja, uma escala de cores quentes, com como amarelo para os menores valores de declividade, e o vermelho e marrom para as maiores declividades.

Nos trabalhos de campo utilizou-se do clinômetro da bússola de Brunton para se medir a declividade. Normalmente a densidade da vegetação não permitia uma medida precisa da declividade, pois tanto a vertente, como possíveis alvos de visada não estavam visíveis. Nestes casos fazia-se uma aproximação da declividade colocando-se a bússola diante dos olhos, com os braços estendidos, seguindo a tendência (visível) da vertente. Não é um procedimento correto nem muito exato (acurado), entretanto, não interessa, neste caso, o valor absoluto das declividades, mas um valor relativo, que possa ser utilizado para efeitos comparativos.

3.2.3 - As orientações das vertentes (carta de orientação de vertentes)

A orientação das vertentes é outro controle climático essencial na compreensão dos topoclimas, pois, assim como as declividades, modificam os valores de irradiância. A elevação e declinação solar, aliados às características do relevo (altitudes, declividades e orientação das vertentes) norteiam as características topoclimáticas de uma determinada área. A diferenciação das áreas mais sombreadas (vertentes sul - no hemisfério sul), daquelas mais ensolaradas (vertentes norte - hemisfério sul) é possível de ser obtida simplesmente analisando-se uma carta de orientação de vertentes. Um resultado secundário que se pode obter com isso, dedutivamente, é uma diferenciação das áreas mais úmidas (vertentes sombreadas), daquelas menos úmidas (vertentes ensolaradas). Além disso, podem ser obtidas rapidamente as vertentes a barlavento e sotavento dos principais fluxos atmosféricos da baixa troposfera.

Esta carta também foi elaborada com o uso do programa Arc View GIS 3.2a, com as oito classes de orientação mais comuns, ou seja, os pontos cardeais (norte, leste, sul, oeste) e colaterais (nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste). É muito rápido e prático o processo de produção desta carta no meio digital, entretanto, os resultados não são tão bons quanto àqueles obtidos pela elaboração manual. Ao observar a carta de orientação de vertentes produzidas para este trabalho pode-se notar que existe uma série de pequenas quadrículas de orientação de vertentes. Estas pequenas células fazem parte, na realidade, de um agrupamento maior da orientação da vertente. É um grau de detalhamento da informação produzida pelo programa que não há razão de ser, principalmente num trabalho como este, pois dificulta a leitura e interpretação do mapa. Um fato que ameniza esta situação é a superposição das curvas de nível, que nos permite repensar e visualizar a orientação das vertentes como um todo. Além

disso, as áreas mais planas de fundos de vale são muito mal representadas por este programa.

Para a legenda, adotou-se um esquema geral de cores quentes para as faces norte e cores frias para as orientadas para sul, procurando-se relacionar a idéia das faces mais quentes serem representadas pelas cores quentes, e as faces mais frias, pelas cores frias.

Nos trabalhos de campo, utilizou-se da bússola de Brunton para se definir a orientação das vertentes, que também foram corrigidas com as informações da declinação magnética e o ajuste para o norte da quadrícula, conforme informações obtidas a partir da carta topográfica Fazenda São Lourenço (SF-23-Y-D-III-4-NE-B).

3.2.4 - A vegetação (carta de vegetação)

Este produto cartográfico apoiou a análise microclimática da área de estudo, já que os microclimas estão essencialmente ligados ao uso e/ou cobertura do solo. As características do uso do solo são de especial relevância, pois a energia que incidir sobre cada uma destas superfícies (quantidade que variará em função dos topoclimas) absorverá, refletirá, transmitirá e emitirá radiação em função de suas propriedades (formas, cores) e constituição (materiais de composição - tecido vegetal, solo exposto, rocha exposta, etc.).

Além disso, e justamente por isso, esta carta foi de fundamental importância na escolha dos locais para instalação dos postos microclimáticos, pois se tentou amostrar todos, ou quase todos, os tipos de micro e topoclimas.

Este produto cartográfico foi elaborado a partir das fotografias aéreas do IAC, cujo levantamento aerofotogramétrico foi efetuado em 1962 e a sua escala aproximada é 1:25.000, e também de um levantamento elaborado pela BASE S/A de dezembro de 1997, em escala aproximada 1:20.000. Infelizmente não existem outros documentos aerofotogramétricos de escala maior, o que seria desejável.

Primeiramente, realizou-se o mapeamento da vegetação pelas fotografias aéreas de 1962, pois a partir daí pôde-se perceber as áreas preservadas da vegetação daquelas que foram regeneradas depois da criação do parque.

Concluído o mapeamento referente ao ano de 1962, iniciou-se o a restituição da vegetação pelas fotografias aéreas de 1997, período relativamente próximo ao de execução desta pesquisa, que foi digitalizado e inserido neste trabalho (figura 9).

O mapeamento da vegetação foi feito considerando apenas os aspectos de estrutura, porte e organização espacial dela, ou seja, a altura relativa das árvores, o agrupamento delas (se as copas estão juntas ou espaçadas), o sítio de localização (fundo de vale, vertente, topos). Desta forma, obteve-se a seguinte legenda para a carta de vegetação apresentada neste trabalho: vegetação de pequeno porte densa; vegetação média densa; vegetação média pouco densa com emergentes; vegetação alta pouco densa com emergentes.

Nos trabalhos de campo pôde-se notar que, de uma maneira geral, o mapeamento da vegetação condiz com a realidade observada, entretanto, não são puderam ser percebidos pelas fotografias aéreas detalhes significativos observados em campo, que não puderam ser mapeados nas escalas originais

dos documentos. Evidentemente, seria desejável um controle de campo mais rigoroso, para que o mapeamento da vegetação da bacia B fosse mais fino e preciso.

Há também que considerar que a restituição da vegetação foi feita na escala 1:20.000 e que sofreu uma ampliação no processo de digitalização, para ser apresentada na escala das bases cartográficas disponíveis neste trabalho, ou seja, 1:10.000. Sabe-se que o processo de ampliação de mapas não é cartograficamente correto, pois as informações contidas numa determinada escala não são necessariamente as mesmas para uma escala maior, e também porque se ampliam os erros inerentes ao processo de mapeamento. O autor deste trabalho, por conhecer a realidade na escala 1:1, pôde trabalhar as informações desta carta de vegetação, mesmo que relativamente imprecisas, de modo mais seguro que uma outra pessoa que nunca visitou pessoalmente a área em questão. Recomenda-se que, por uma questão da insuficiência dos materiais e métodos disponíveis para elaboração deste documento, que esta carta de vegetação não seja utilizada como uma fonte de informações como aquelas obtidas a partir de um mapeamento padrão da vegetação.

O processo de digitalização da restituição da vegetação também foi feito no programa ArcView GIS 3.2a.

3.2.5 - A morfografia (carta morfográfica)

Esta carta foi utilizada como um suporte à compreensão e definição dos topo e microclimas, complementando os subsídios alcançados com os outros produtos (cartas hipsométrica, clinográfica e orientação de vertentes). Os topos planos, as vertentes retilíneas, côncavas e convexas, os vales de fundo chato, por exemplo, são características fundamentais de serem levadas em consideração na delimitação dos topoclimas, tanto porque causam diferenças na radiação recebida do sol, como também modificam o comportamento dos fluxos atmosféricos (advectivos e convectivos) que “transitam” sobre a área. Além disso, condicionam diferentes velocidades do fluxo da água e, conseqüentemente, no tempo de residência dela no solo (escoamentos superficial e subsuperficial). Evidentemente esta questão não será tratada quantitativamente, mas sim qualitativamente e por meio de um raciocínio lógico-dedutivo.

Assim como no mapeamento de vegetação, este produto foi elaborado a partir das fotografias aéreas, entretanto, utilizou-se apenas as fotografias de 1962, na escala 1:25.000, pois nestas fotos o relevo e o modelado estão mais visíveis porque a vegetação não cobria toda a área da bacia.

A legenda utilizada neste mapeamento foi a seguinte: vertentes retilíneas, côncavas e convexas; rupturas côncavas e convexas; colos, soleiras, e interflúvio principal e secundário.

3.2.6 - A configuração do céu (*sky view factor*)

A permeabilidade à entrada e saída de radiação nos ambientes micro e topoclimáticos depende das propriedades físicas e geométricas dos elementos constituintes na interface solo-planta-atmosfera. O balanço de radiação solar e terrestre altera-se em função destas características, e a absorção, emissão, transmissão e reflexão também dependem destas propriedades do ambiente micro e topoclimático. Assim, o fluxo de energia radiante dentro de um ambiente micro e topoclimático depende de um fator geométrico para avaliar a distância e a orientação de cada fonte emissora de radiação; este fator geométrico é denominado “view factor” (fator configuração) (STEYN, 1980, *apud* TARIFA, 2002). A análise deste material permitirá quantificar quanto há de espaços livres e obstruídos para a passagem da radiação solar nos ambientes microclimáticos. Com isso, por exemplo, pode-se diferenciar ambientes mais “escuros” e mais “claros”, e assim, dedutivamente, aqueles que são mais úmidos e menos úmidos.

Para a estimativa da configuração do céu foi necessário fotografar a abóboda celeste de cada ambiente microclimático (que teve um posto microclimático montado) com uma máquina fotográfica tipo reflex equipada com uma lente “olho-de-peixe”, sendo que a máquina fotográfica foi posicionada em um tripé com a lente voltada para o zênite. Neste momento, com a bússola de Brunton, nivelou-se a máquina fotográfica com o auxílio do nível de bolha e orientou-se a máquina para o norte magnético. Esta lente (olho-de-peixe) tem um ângulo de visada de 180° e possui foco no infinito, assim, toda a abóboda celeste e qualquer objeto que estiver obstruindo a visão do céu aparecerá na fotografia.

Normalmente a estimativa da configuração do céu é feita por meio de uma técnica bastante simples. Trata-se de um ábaco circular com anéis concêntricos subdivididos. Cada subdivisão dessa equivale a 0,2% do total da abóboda celeste. Com o ábaco sobreposto à fotografia (ábaco deve ser exatamente do mesmo tamanho da ampliação!) estima-se a porcentagem da área obstruída para cada subdivisão do ábaco. Ao final, soma-se o total obstruído da abóboda celeste para cada ambiente fotografado. Entretanto, apesar deste método ser bastante simples, ele é lento. Para um trabalho muito acurado, leva-se, aproximadamente, cerca de três dias de trabalho para cada foto.

Como o tempo para esta etapa do trabalho era escasso, após alguns dias refletindo sobre o cálculo de obstrução, tentou-se realizar este processo pelo programa de tratamento de imagens Adobe Photoshop®. Para isso, deve-se escanear as fotografias, transformá-las para preto e branco, ajustar os níveis de preto, branco e cinza, e saturar o contraste da imagem. Neste processo de tratamento da foto, apenas o céu ficará branco, enquanto que todas as outras partes da foto ficarão em preto. Feito isso, o programa calcula a porcentagem de áreas escuras da foto (ou o contrário, as claras), obtendo-se a porcentagem de obstrução, ou como se chama internacionalmente, Sky Diagram (SD).

Com estes procedimentos executados, pode-se, também pelo mesmo programa, rotacionar a fotografia no valor necessário para a correção da declinação magnética, pois a máquina fotográfica foi ajustada no campo pelo norte magnético. Isso orientou precisamente a fotografia para o norte da quadrícula.

3.2.7 - A circulação atmosférica

A análise da circulação secundária sobre a área de estudo nos períodos dos trabalhos de campo foi efetuada a partir das cartas sinóticas simplificadas elaboradas pelo serviço meteorológico da Marinha do Brasil, e pelas imagens do canal infravermelho termal dos Satélites GOES e METEOSAT, disponíveis na *Internet*.

A análise da circulação atmosférica foi diária, conforme os pressupostos de MONTEIRO (1971), e foi detalhada até a melhor resolução temporal dada pelos satélites (3 horas) quando a sucessão entre os sistemas atmosféricos exigiu este detalhamento, ou quando se realizou a análise horária das variações de temperatura e umidade.

A identificação dos campos de pressão e dos sistemas atmosféricos seguiu o padrão adotado pelo Laboratório de Climatologia do Departamento de Geografia proposto por MONTEIRO (1969, 1973) e por TARIFA (1973, 1975, 2002). Com isso, separou-se os sistemas atmosféricos pela sua gênese (origem tropical ou extratropical) e pelas modificações ocorridas durante suas trajetórias sobre superfícies continentais ou oceânicas.

Os sistemas extratropicais foram subdivididos em dois grupos: os frontais e os anticiclônicos. Os primeiros referem-se a todas as fácies da Frente Polar. A evolução deste sistema segue normalmente uma seqüência que se inicia com a ondulação e o aprofundamento da baixa polar, sendo acompanhada pelo movimento para N ou NE da convergência frontal. A separação intercelular entre anticiclones polares (em diferentes graus de aquecimento), ou entre o anticiclone

polar e o tropical é o que se convencionou chamar de Frente Polar Atlântica (FPA) (TARIFA, 2002).

O desenvolvimento deste sistema (FPA) no tempo pode dar origem a sistemas frontais alterados, tais como as Frentes Polares Aquecidas (FPQ). Podem surgir ainda uma série de perturbações indiretas, entre elas as calhas e instabilidades induzidas. Este conjunto de fenômenos pré e pós-frontais serão agrupados como repercussão da Frente Polar Atlântica (R). Pode ocorrer ainda o Eixo Reflexo da Frente Polar (RFPA).

O segundo grupo dos sistemas extratropicais são aqueles relacionados aos desdobramentos do anticiclone migratório polar. Dependendo do local da anticiclogênese, as características destes anticiclones podem ser muito diversificadas. Fez-se uma separação entre o Sistema Polar Continental (SPC) e o Sistema Polar Atlântico (SPA). Quando estes sistemas avançam para latitudes mais baixas eles sofrem um processo de tropicalização, que dá origem do Sistema Polar Tropicalizado (SPT). O que diferencia este sistema dos tropicais é a existência de uma zona de convergência frontal entre eles. Quando esta zona de convergência se desfaz, este sistema passa a ser classificado como Sistema Tropical Atlântico (STA) ou Tropical Atlântico Continentalizado (TAC).

Os sistemas tropicais serão subdivididos em oceânicos e continentais. A Alta Subtropical (massa Tropical Atlântica) pode ser desmembrada em dois subsistemas: o seu centro, freqüentemente localizado no Atlântico Sul, entre as latitudes 23° a 25° Sul, será denominado de Sistema Tropical Atlântico (STA). No caso do deslocamento de uma dorsal deste sistema sobre o continente Sul-Americano ele será denominado Sistema Tropical Continentalizado (STC).

Durante a evolução da Frente Polar é muito freqüente o aprofundamento prévio da Depressão Continental do Chaco (DCC), um sistema tropical desenvolvido sobre o continente. Este sistema está termicamente e dinamicamente associado à forma e orientação do macrorrelevo do Continente Sul-Americano (Cordilheira dos Andes e planícies interiores do Chaco). Portanto, são sistemas dinâmicos associados principalmente aos movimentos ondulatórios dos ventos de Oeste a barlavento da Cordilheira dos Andes. É muito comum durante a primavera-verão o Sistema da Depressão Continental do Chaco atingir as áreas litorâneas (TARIFA, 2002).

Os fluxos advectivos aquecidos de Noroeste foi caracterizado como a atuação do Sistema Tropical continental (STC).

Além da atuação isolada destes sistemas atmosféricos dominando as condições do tempo atmosférico, podem existir muitas situações de transição entre dois ou mais sistemas atmosféricos, tais como um Sistema Tropical Continentalizado passando para o sistema Depressão Continental (TARIFA, 2002).

3.3 - A escolha dos locais de medida (postos microclimáticos)

Para a escolha dos locais de instalação dos postos microclimáticos buscou-se contemplar a variedade dos controles climáticos (descritos anteriormente) das escalas topo e microclimática, sendo que se dispunha de nove microestações meteorológicas. Desta forma, pensou-se em instalar ao longo do curso d'água três postos, sendo um mais próximo da foz, um no médio curso, e outro nas nascentes. Nestes três locais, tanto o relevo, a altitude, e a

vegetação são diferentes, sendo representativos de condições microclimáticas diferenciadas.

As outras seis estações restantes foram divididas em dois grupos de três. Um grupo ficou nas vertentes à direita do curso d'água, e o outro à esquerda. Desses dois grupos, os dois locais de mais fácil decisão de instalação foram os topos. Os dois primeiros topos (à esquerda e à direita do curso d'água) a partir da foz da bacia B receberam cada um uma estação microclimática. Em seguida, descendo ambas as vertentes, instalou-se, com o auxílio do altímetro, um posto em cada uma delas, numa altitude aproximada de 1080 metros. Os dois postos restantes foram instalados nas vertentes direita e esquerda, próximo às nascentes do córrego, a uma altitude aproximada de 1110 metros. Todos os abrigos foram instalados a um metro do solo.

3.4 - Os equipamentos utilizados

3.4.1 - Temperatura do ar

Para medir e registrar a temperatura do ar utilizou-se de microrregistradores digitais, mais conhecidos como dataloggers. Este aparelho registrador é composto basicamente por uma unidade de registro que fica dentro de uma caixa plástica de dimensões 4,5 X 4,5 X 1,5 cm. Há duas entradas nesta caixa para a conexão de um cabo serial que conecta o registrador a um computador, e outra entrada que pode ser conectado um termopar (um sensor para temperatura). Há também na caixa do aparelho um botão para iniciar a operação do equipamento e uma pequena lâmpada (led) que indica a função que está sendo desempenhada pelo microrregistrador (aguardando o início dos registros, ou registrando).

O microrregistrador é programado no computador por um programa fornecido pelo fabricante. Nesta interface pode-se escolher os intervalos de registro, a data e horário de início das medidas, as unidades de medida ($^{\circ}\text{C}$ ou $^{\circ}\text{F}$) e também, recuperar os dados registrados.

Este microrregistrador tem dentro dele um sensor de temperatura, à base de um termistor (interno). Além deste sensor, pode ser conectado ao microrregistrador um termopar (externo). Quando o termopar está conectado, o termistor é desativado automaticamente, e, evidentemente, quando o termopar não estiver conectado, o termistor será o sensor padrão. Este microrregistrador é capaz de medir temperaturas no intervalo de -5°C a $+37^{\circ}\text{C}$.

Segundo especificações do fabricante, a precisão (resolução) deste equipamento é de $0,01^{\circ}\text{C}$, mas a acurácia (exatidão) dele é de $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$ quando a temperatura está entre 0 e 20°C , e aumenta para $\pm 0,30^{\circ}\text{C}$ quando a temperatura ou está abaixo de 0°C , ou acima de 30°C . Entre 20°C e 30°C a acurácia diminui progressivamente de $\pm 0,25$ para $\pm 0,30^{\circ}\text{C}$. A acurácia e precisão do equipamento é a mesma, tanto para o termistor (sensor interno), como para o termopar (sensor externo).

Apesar da precisão e acurácia dos dois sensores serem a mesma, a constante de tempo deles é diferente. Para o termopar (sensor externo) a constante de tempo é de cerca de três minutos, enquanto que para o termistor (sensor interno) é de cerca de 15 minutos, ou seja, o termopar é mais sensível às mudanças bruscas de temperatura que o termistor.

3.4.2 - Umidade relativa

Para o registro da umidade relativa, utilizou-se também de microrregistradores digitais, da mesma marca que os de temperatura. Eles são praticamente iguais aos de temperatura, tanto nas dimensões quanto na operação e programação. A única diferença, evidentemente, é o elemento sensor, que neste caso trata-se de uma película de polímero semicondutor higrófilo acoplado à tampa frontal do instrumento. A variação da resistência elétrica deste polímero (elemento sensor) é função do seu teor de umidade.

A precisão deste sensor é de 0,1% de umidade relativa, entretanto, a acurácia dele é de $\pm 5\%$. A baixa acurácia destes sensores de umidade está relacionado ao fato deles serem capacitivos, pois eles não são muito exatos (acurados) ainda. Um psicrômetro de aspiração convencional (Assmann) é muito mais exato que estes equipamentos que se utilizam de películas de polímeros.

A constante de tempo deste sensor de umidade relativa é de dois minutos.

3.4.3 - O miniabrigo meteorológico de baixo custo

A carência de recursos financeiros nos institutos e departamentos das universidades públicas brasileiras dificulta a aquisição de equipamentos adequados para o desenvolvimento das pesquisas. Essa situação, por outro lado, estimula a criação e desenvolvimento de equipamentos de baixo custo viáveis de serem aplicados cientificamente.

A pesquisa em climatologia normalmente depende de uma densidade relativamente alta de observações espaciais e temporais, o que dificulta a

aquisição de equipamentos e suprimentos básicos para a operação e funcionamento deles, tais como baterias, painéis solares, microcomputadores, etc., em número suficiente para as necessidades de alguns temas de pesquisa dessa área do conhecimento. É o caso da proposta desta pesquisa, que necessita de medidas de temperatura e umidade em vários pontos dentro da bacia B do Núcleo Cunha (IF). Nesta situação, que precisa de uma série contínua e longa de dados, é inviável o uso de uma equipe de pessoas para levantar os dados 24 horas por dia ao longo de vários meses. Os registradores digitais autônomos são uma solução parcial para este problema, pois conforme AZEVEDO & FUNARI (2001) estes equipamentos não apresentam bons resultados se utilizados dentro do abrigo meteorológico padrão. Assim, AZEVEDO & TARIFA (2001) apresentam um miniabrigo de ventilação forçada, o que torna as medidas efetuadas com estes microrregistradores digitais comparáveis e confiáveis em relação àquelas obtidas com um psicrômetros de Assmann convencionais utilizados nas estações meteorológicas oficiais.

Para a proposta de pesquisa de ARMANI (2003) seria conveniente utilizar-se daqueles miniabrigos ventilados, entretanto, o consumo de energia elétrica é relativamente alto e uma bateria não seria capaz de fazê-lo funcionar por mais de uma semana. Além disso, seriam necessárias nove baterias (se possível acopladas a painéis solares para recarregá-las) para que pudessem alimentar todos os postos microclimáticos. Desta forma, os custos tornam-se-iam proibitivos para as condições financeiras do projeto.

Assim, desenvolveu-se um miniabrigo meteorológico de ventilação passiva de baixo custo que pudesse ser aplicado nas pesquisas em áreas carentes do fornecimento de energia elétrica sem erros significativos nos registros

de temperatura e umidade. Apresenta-se aqui a concepção e avaliação do desempenho deste abrigo de ventilação passiva de baixo custo.

3.4.3.1 - A concepção do abrigo

O abrigo de baixo custo (Abc) de ventilação passiva foi inspirado no modelo *41003 10-Plate Gill Radiation Shield* da Campbell, utilizado para proteger o sensor Humicap. O Abc permite uma boa ventilação natural por todos os lados, inclusive por baixo, mas não permite a entrada de chuva e de radiação solar direta em nenhum momento do dia, pois há uma área de superposição entre os “anéis” (inferior e superior), que bloqueia a entrada delas (foto 16). Evidentemente a radiação solar difusa entra no abrigo e interage com o sensor que está dentro dele, assim como acontece no abrigo meteorológico padrão, cujo fundo é totalmente permeável à radiação solar refletida pelo

solo, bem como à radiação onda longa emitida pela superfície.

O Abc foi feito com chapa de ferro galvanizado de 0,7 mm de espessura e pintado com tinta esmalte branco brilhante.

O custo total do Abc, por unidade, é de R\$30,00, o que equivale a US\$9,31 (cotação do dólar em 23/06/2004). O preço do abrigo da Campbell é de US\$198,95 (R\$640,62), sem as taxas aduaneiras.

3.4.3.2 - O experimento para avaliação do Abc

O experimento foi realizado na estação meteorológica experimental do Departamento de Geografia, que está localizada à latitude 23,4° sul, longitude 46,7° oeste, e altitude 742 metros, que se situa sobre o telhado do prédio desse departamento, em um gramado sobre a laje de concreto com 25 m². O período de registro compreendeu um total de seis dias sob a ação do sistema polar em tropicalização, no período de 26/02/04 a 03/03/04. A atuação deste sistema

atmosférico durante a realização do experimento foi bastante proveitosa, pois o abrigo foi exposto a dias com um forte aquecimento diurno (33°C) e um resfriamento noturno significativo (14°C). Seria conveniente testar este abrigo sob a ação dos outros sistemas atmosféricos para verificar o seu comportamento noutras situações. No entanto, acredita-se que a amplitude térmica registrada serve como um bom parâmetro.

Na estação meteorológica do Departamento de Geografia - USP está instalado um sensor Humicap 45C da Campbell a dois metros do solo e dentro do abrigo *41003 10-Plate Gill Radiation Shield*, também da Campbell e aqui designado abrigo padrão (Ap). Este sensor mede a temperatura e a umidade relativa do ar, tomadas como padrão para este estudo. Assim sendo, a temperatura do ar registrada pelo sensor Humicap 45C será a temperatura padrão do ar (Tp), e a umidade relativa será a umidade relativa padrão do ar (Up).

O abrigo de baixo custo (Abc) foi instalado a dois metros do solo também, ao lado do sensor Humicap 45C. Dentro do Abc foram colocados dois microrregistradores digitais da marca Onset, modelo Stow Away, sendo um para registrar a temperatura do ar, aqui designado registrador de temperatura do ar (RT), e o outro para a umidade relativa, designado registrador de umidade relativa do ar (RU).

A temperatura do ar registrada por RT dentro do abc foi designada Tabc, e a umidade relativa do ar registrada por RU dentro do abc foi designada Uabc.

Os dois abrigos (Ap e Abc) estavam a dois metros do solo, cujos sensores registravam a cada cinco minutos a média das interrogações aos sensores. O

abrigo da Campbell encontrava-se exatamente ao centro do gramado, enquanto o Abc estava deslocado 70 cm para fora do centro e a leste do abrigo Campbell.

Os registros iniciaram-se no dia 26 de fevereiro às 17:00 horas e terminaram no dia 03 de março às 16:00 horas.

Com os dados em mãos, passou-se ao tratamento e análise deles. Preliminarmente, realizou-se uma avaliação qualitativa dos registros buscando identificar discrepâncias. Nesta primeira análise não foi identificada nada que comprometesse a série de dados. Calculou-se a média para cada hora do dia a partir dos registros a cada 5 minutos para se reduzir o volume de dados.

A partir de cada hora utilizou-se de métodos quantitativos e obteve-se:

a) máximo, mínimo, média aritmética simples, desvio médio, e desvio padrão sem distinções horárias e diárias;

b) máximo, mínimo e média aritmética simples, por hora do dia para cada série de registros e para as seguintes diferenças entre séries: $T_{abc}-T_p$ (temperatura abrigo de baixo custo - temperatura padrão); $U_{abc}-U_p$ (umidade abrigo de baixo custo - umidade padrão);

c) os parâmetros de regressão linear e os coeficientes de determinação para as seguintes relações: $T_{abc}=f(TP)$; $U_{abc}=f(U_p)$.

3.4.3.3 - O desempenho do abrigo (resultados)

Os resultados da série de dados de temperatura e umidade relativa serão discutidos separadamente. Os parâmetros apresentados no item *a* foram apresentados sob a forma de tabela e o dos outros itens (*b,c*) sob a forma gráfica.

É importante dizer que por questões restritas de equipamentos e financiamento o experimento foi realizado com instrumentos diferentes em cada um dos abrigos, o que pode resultar em erros que sejam decorrentes dos equipamentos e não propriamente do abrigo. Seria conveniente realizarmos o experimento com equipamentos sensores iguais em ambos os abrigos a fim de avaliar corretamente o abrigo desenvolvido.

Temperatura do ar

A partir da tabela 1 depreende-se que a série de dados de T_{abc} é mais dispersa que T_p . Embora as médias sejam diferentes apenas por dois décimos de grau, a diferença entre as amplitudes chega a 1,9 graus, sendo que a maior amplitude é de T_{abc} . Comparando-se os valores máximos de T_{abc} e T_p , nota-se que a diferença é ainda maior, ou seja, $2,3^{\circ}\text{C}$ ($T_{abc} > T_p$). Por outro lado, em relação aos valores mínimos, T_{abc} é 0,7 graus menor que T_p . Pode-se dizer

Tabela 1: Séries de temperatura - parâmetros estatísticos elementares

Parâmetros	T_{abc} ($^{\circ}\text{C}$)	T_p ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{abc}-T_p$ ($^{\circ}\text{C}$)
Média	22,4	22,2	0,2
Mínimo	14,7	15,3	-0,7
Máximo	31,8	30,6	2,3
Amplitude	17,2	15,3	1,9
Desvio médio	4,2	3,6	0,7
Desvio padrão	4,9	4,3	0,8

Org.: Gustavo Armani & Emerson Galvani, abril 2004.

que o Abc, nos horários de maior insolação e aquecimento, aumenta a temperatura do ar dentro do abrigo decorrente da emissão de ondas longas pela chapa de metal que compõe o abrigo e, por outro lado, que nos horários de maior resfriamento, por ser mais ventilado e aberto que Ap, diminui a temperatura do ar dentro do abrigo. Observando-se os valores do desvio médio em relação à média é significativamente menor para Tp que para Tabc.

A partir da figura 11, comprova-se aquilo que foi dito a partir da tabela 1, ou seja, durante os horários de maior aquecimento (às 15:00 horas), Tabc é maior que Tp, e nos horários de maior resfriamento (às 6:00 horas) Tp é maior que Tabc. As diferenças são mais significativas nos períodos mais quentes do dia. Além disso, nota-se também que Abc se aquece e se resfria mais rapidamente que Ap.

Figura 11: Variação horária da temperatura padrão do ar (Tp) e da temperatura no abrigo de baixo custo (Tabc) durante o período do experimento

Org.: Gustavo Armani & Emerson Galvani, abril de 2004.

Da análise dos resultados da figura 12 nota-se que o coeficiente de determinação entre T_{abc} e T_p é muito significativo aproximando-se do índice máximo 1. Entretanto, a rigor, pequenas diferenças são significativas, pois espera-se que instrumentos concebidos para um mesmo fim produzam resultados semelhantes. Este gráfico também demonstra pelo ajuste da reta de regressão que as menores temperaturas registradas no Abc são mais baixas que em Ap, e o contrário ocorre com as máximas temperaturas ($T_{abc} > T_p$).

Figura 12: Temperatura horária do ar no abrigo de baixo custo em função da temperatura padrão (°C) - $T_{abc}=f(T_p)$

Org.: Gustavo Armani & Emerson Galvani, abril de 2004.

A partir das médias de temperatura por horário de T_{abc} e T_p (figura 13) nota-se que as curvas são semelhantes na forma, mas discrepantes na amplitude. Nos horários de resfriamento T_{abc} é menor que T_p , e nos de maior aquecimento T_{abc} é maior que T_p . Das 19:00 horas até as 6:00 da manhã T_{abc} é ligeiramente menor que T_p ; as 7:00 e 18:00 T_{abc} é igual à T_p ; e das 8:00 às 17:00 T_{abc} é

maior que T_p , sendo que das 11:00 às 15:00 é o período em que T_{abc} mais se distancia de T_p , reforçando a hipótese de que devido ao aquecimento de Abc nestes horários, a chapa de ferro galvanizado emite calor para dentro do abrigo, aquecendo o ar dentro dele.

Figura 13: Média da temperatura por horário

A figura 14 revela que das 19:00 às 6:00 horas os desvios ($T_{abc}-T_p$) permanecem praticamente constantes em $-0,5^\circ$, o que provavelmente esteja ligado às características físicas do Abc e Ap, pois que o primeiro é mais aberto e ventilado que o segundo e o material utilizado para a construção de ambos os abrigos devem ter calor específico diferentes, sendo que o material do Abc deve ter um calor específico menor. Além disso, o maior resfriamento pode estar relacionado ao efeito de *windchill* sobre RT , já que Abc é mais ventilado que Ap. Notamos também que os desvios máximos e mínimos da série não se distanciam muito das médias horárias dos desvios nestes horários de resfriamento. A situação se inverte entre as 8:00 e 17:00 horas, quando a média horária dos desvios

atinge valores positivos e maiores que $0,5^{\circ}$. Das 8:00 às 12:00 os desvios aumentam progressivamente até atingir $1,6^{\circ}\text{C}$ às 12:00, quando o sol está próximo ao zênite. O desvio máximo também ocorre às 12:00 horas, mas seu valor é significativamente maior, ou seja, $2,3^{\circ}\text{C}$ acima de T_p . A cobertura do Abc absorve mais intensamente a radiação solar incidente nos horários quando o sol está próximo ao zênite, aumentando a temperatura dele, que por sua vez emitirá calor para dentro do abrigo, aquecendo o volume de ar interno dele, fazendo com que os desvios sejam maiores nestes horários do que nos horários de maior aquecimento do ar (às 15:00). A partir das 13:00 os desvios diminuem até as 14:00, fica estabilizado até as 15:00, caindo novamente até às 16:00 e estabilizando-se até as 17:00, para diminuir progressivamente até as próximas horas. Os desvios máximos e mínimos seguem paralelamente aos desvios médios entre 8:00 e 12:00, sendo que a partir das 12:00 as curvas comportam-se de maneiras distintas em relação à média horária do desvio, notadamente os desvios mínimos. O comportamento destes desvios mínimos deve ser decorrente de períodos em que o Sol pode ter sido encoberto por nuvens, fazendo com que a emissividade do telhado do abc diminuísse, reduzindo a temperatura do ar interno do abrigo, aproximando T_{abc} de T_p , ou tornando-o mais frio (16:00). Às 7:00 e 18:00 os a média dos desvios são nulas, mas os desvios máximo e mínimo distanciam-se um pouco da média às 7:00, mas são praticamente inexistentes às 18:00.

Figura 14: Desvio da temperatura no abrigo de baixo custo em relação à temperatura padrão do ar ($T_{abc}-T_p$) por horário

Umidade relativa

A partir da tabela 2, pode-se notar que os dados de U_{abc} são mais dispersos que U_p , entretanto as variações ocorridas nestes parâmetros estatísticos entre U_{abc} e U_p estão todas contidas dentro do erro instrumental de ambos os sensores ($\pm 5\%$), com exceção do desvio ($U_{abc}-U_p$) mínimo, que chega a 11,3% (valor absoluto).

Tabela 2: Séries de umidade relativa - parâmetros estatísticos elementares

Parâmetros	U_{abc} (%)	U_p (%)	$U_{abc} - U_p$ (%)
Média	76,0	77,0	-1,0
Mínimo	34,9	39,7	-11,3
Máximo	100,0	100,0	5,3
Amplitude	65,1	60,3	16,6
Desvio médio	19,7	16,4	4,3
Desvio padrão	22,4	18,9	4,8

Org.: Gustavo Armani & Emerson Galvani, abril 2004.

A análise da figura 15 pode-se notar que as formas das curvas são semelhantes, mas a amplitude de U_{abc} é maior que U_p , ou seja, durante o início da madrugada U_{abc} é freqüentemente maior que U_p , e durante a tarde U_{abc} é menor que U_p . Além disso, pode-se perceber que a umidade relativa do ar no Abc diminui e aumenta mais rapidamente que em Ap. Apesar destas diferenças, a figura 16 revela que o coeficiente de determinação é relativamente alto. Entretanto, as mesmas considerações feitas sobre os sensores de temperatura são válidas aqui também. Aliás, os sensores capacitivos de umidade ainda não são exatos como deveriam. Os psicrômetros aspirados apresentam resultados superiores a eles.

Pelas médias da umidade relativa nos dois abrigos por horário (figura 17) pode-se dizer que, assim como aconteceu na variação temporal da umidade

Figura 15: Variação horária da umidade relativa padrão e no abrigo de baixo custo

Org.: Gustavo Armani & Emerson Galvani, abril de 2004.

Figura 16: Umidade relativa no abrigo de baixo custo em função da umidade relativa padrão (%) - $U_{abc} = f(U_p)$

Org.: Gustavo Armani & Emerson Galvani, abril de 2004.

relativa mostrada na figura 15, as formas das curvas são semelhantes, mas a amplitude dela é maior em Uabc. Além disso, durante o período noturno a umidade relativa é mais elevada em Abc que em Ap e a situação se inverte durante o dia. Tal fato é inversamente proporcional à temperatura, ou seja, quanto mais alta for a temperatura de uma parcela de ar, mais baixa será sua umidade relativa, e, por outro lado, quanto mais baixa a temperatura desta mesma parcela de ar, maior será sua umidade relativa. Desta forma, é compreensível que a umidade relativa em Abc tenha uma maior amplitude que em Ap, pois Tabc comporta-se inversamente em relação a Uabc. Assim, o maior aquecimento do ar dentro do Abc decorrente da maior irradiação de calor para dentro dele pela radiação solar absorvida pelo “telhado” dele, provoca uma maior redução da umidade relativa. À noite, quando o resfriamento é mais intenso no Abc, a umidade relativa é maior nele que no Ap.

Figura 17: Média da umidade relativa por horário

Da leitura da figura 18 depreende-se que os desvios positivos de U_{abc} em relação a U_p (máximo, médio e mínimo) estão dentro do erro instrumental dos sensores, sendo, portanto aceitáveis para os equipamentos utilizados, mas, em relação aos desvios negativos (que ocorrem nos períodos mais quentes do dia) superam o erro instrumental, que está ligado ao efeito do maior aquecimento que ocorre dentro do Abc.

Figura 18: Desvio da umidade relativa no abrigo de baixo custo em relação à umidade padrão ($U_{abc}-U_p$) por horário

Org.: Gustavo Armani & Emerson Galvani, abril de 2004.

Pelo que foi exposto anteriormente, pode-se dizer que o Abc serve como um abrigo de ventilação passiva para lugares ermos, principalmente se ele for instalado dentro de ambientes microclimáticos de florestas, pois a radiação solar não incidirá diretamente sobre ele. O efeito de maior aquecimento diurno decorrente da absorção de radiação solar direta sobre o abrigo, e a conseqüente emissão de calor para dentro dele, que pode ser corrigida, talvez, colando-se sob o telhado do Abc uma ou duas camadas de algum isolante térmico, como

um isopor, por exemplo. Talvez isso reduza a emissão de calor para dentro dele, melhorando os registros que forem obtidos dentro dele nos horários mais quentes do dia. Por outro lado, no período noturno ele deve ser mais fiel no registro das temperaturas que o abrigo da Campbell, justamente por ser mais ventilado e aberto.

3.4.4 - A pressão atmosférica

Para registrar a variação da pressão atmosférica durante os trabalhos de campo utilizou-se de um barógrafo aneróide de periodicidade semanal, ou seja, ele produzia um gráfico da variação temporal da pressão atmosférica de uma semana. O equipamento ficou instalado no laboratório de análise de águas, que fica nos fundos da hospedaria do Núcleo Cunha, a uma altitude de 1050 metros.

A troca dos diagramas do barógrafo era efetuada todas as segundas-feiras, perto das 10 horas da manhã, pelo técnico de apoio à pesquisa do Núcleo Cunha, João Batista. Quando a pena do aparelho também precisava de tinta era ele quem reabastecia.

Estes dados foram utilizados como um apoio à identificação dos sistemas atmosféricos, realizada, como foi dito anteriormente, por meio das cartas sinóticas simplificadas e imagens de satélites.

3.5 - A calibração e correção dos instrumentos

Para que pudesse ser realizada a calibração e futura correção dos sensores, um dia antes do início das medidas do primeiro trabalho de campo instalou-se todos os nove abrigos com seus respectivos sensores num varal de roupas para a calibração. Os Registros iniciaram-se às 19:30 do dia 06/04/04 e terminaram às 14:00 horas do dia seguinte. Com isso, pôde-se avaliar como os registros de cada um dos sensores variou

diante das situações de resfriamento noturno e aquecimento diurno, avaliando um efeito conhecido como histerese.

Com os dados em mãos, avaliou-se visualmente e preliminarmente a consistência dos dados. A partir daí, com o auxílio de um gráfico de linhas, escolheu-se como padrão o sensor que estava operando entre os valores de temperatura e umidade daqueles que registraram os extremos (maior e menor). A variação entre os sensores de temperatura de um abrigo e outro oscilaram entre $\pm 0,40^{\circ}\text{C}$, portanto um pouco maior que o erro do instrumento ($\pm 0,25^{\circ}\text{C}$), necessitando de correções. Assim, para os dados de temperatura, o sensor padrão foi aquele instalado no abrigo do Posto 1 (P1). Como os valores de umidade relativa estavam oscilando dentro do erro instrumental ($\pm 5\%$), não se efetuou nenhuma correção nestes aparelhos.

Para a correção dos sensores de temperatura em função de P1, estabeleceu-se uma regressão linear entre P1 e os outros oito postos (P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9), obtendo-se a equação de ajuste e o coeficiente de determinação. A tabela 3 apresenta as equações de correção para cada um dos postos. Para a correção dos dados obtidos no campo basta inserir na equação obtida para cada posto os valores de temperatura medidos.

Tabela 3: Equações para correção dos dados de temperatura

Postos	Equação para correção dos valores de temperatura	Coeficiente de determinação (R^2)
P1	referência para calibração (não há equação)	1
P2	$y = 0,9809x + 0,3362$	0,9993
P3	$y = 1,0848x - 1,4934$	0,9909
P4	$y = 1,0078x - 0,1033$	0,9988
P5	$y = 1,0486x - 0,8598$	0,999
P6	$y = 1,0193x - 0,3264$	0,9981
P7	$y = 1,0031x - 0,0206$	0,9977
P8	$y = 1,0154x - 0,1339$	0,9985
P9	$y = 1,0216x - 0,5359$	0,999

Org.: Gustavo Armani & Emerson Galvani, junho de 2004.

3.6 - Os trabalhos de campo

Foram realizados três trabalhos de campo para obtenção das medidas de temperatura e umidade na bacia B. Os registros dos dados eram armazenados em cada microrregistrador a cada 30 minutos. O primeiro trabalho de campo teve início às 16:30 do dia 07 de abril, quando todos os postos já estavam devidamente instalados e em operação. O término do primeiro trabalho de campo ocorreu às 8:30 do dia 28 de abril de 2004, quando o primeiro posto foi retirado para o resgate dos dados. A segunda campanha de campo teve início logo após os dados do primeiro trabalho de campo terem sido resgatados num computador, ou seja, no dia 28 de abril de 2004, às 17:00, todos os postos já estavam devidamente instalados em seus respectivos locais e em plena operação. O término do segundo trabalho de campo ocorreu no dia 01 de junho de 2004, às 14:00. Nesta ocasião, não se tinha um computador laptop para descarregar os dados dos microrregistradores, e por isso, foi necessário retornar para São Paulo para que isso pudesse ser feito. Uma semana depois, no dia 10 de junho de 2004, às 18:00, foi iniciado o terceiro trabalho de campo, quando todos os postos estavam instalados e devidamente funcionando.

Infelizmente, durante praticamente estes três meses de trabalhos de campo (medidas) não se pôde estar presente realizando observações dos tipos de tempo, o que seria desejável para a análise dos sistemas atmosféricos e posterior análise da interação deles com a superfície terrestre, o que remonta às hipóteses iniciais deste trabalho. Não se pôde treinar o técnico João Batista, porque o treinamento de observação meteorológica é um processo relativamente lento e que demanda um bom conhecimento na identificação das nuvens e dos tipos de tempo associados. Além disso, o referido funcionário tem outras

obrigações para serem feitas dentro do núcleo. Como foi descrito anteriormente, o barógrafo foi mantido em operação pelo funcionário supracitado.

Durante as caminhadas pelas trilhas, para se instalar, ou retirar, os postos a cada trabalho de campo, se observava as características da vegetação, da hidrografia, dos solos e do relevo. As descrições foram feitas e constam na apresentação da área de estudo.

3.7 - O tratamento e organização dos dados

Inicialmente os dados foram agrupados sem distinções diárias ou horárias. A partir daí, obteve-se a média, máximo, mínimo e amplitude para cada posto. Em seguida realizou-se a média horária a cada 30 minutos e fez-se um gráfico de área (diagrama temporo-espacial) para a variação média horária a cada 30 minutos da temperatura e umidade relativa.

O segundo passo foi a organização dos dados por dia. A partir dos dados de cada 30 minutos, obteve-se a média, o máximo e o mínimo para cada dia, e também realizou-se um gráfico de área (diagrama temporo-espacial) para representar a variação média diária associado aos sistemas atmosféricos, que foi indicado ao lado de cada dia do gráfico.

O terceiro passo foi trabalhar com os dados de cada 30 minutos em situações específicas, sob a análise episódica de, pelo menos, cada um dos sistemas atmosféricos que atuaram sobre a área nos períodos de trabalho de campo. Esta análise foi feita apoiada nos gráficos de área (diagrama temporo-espacial) e em gráficos de linha para evidenciar alguns aspectos.

3.8 - Os mapeamentos climáticos

Inicialmente não se pretendia fazer mapeamentos de isotermas e isohigras, pois a variação destes elementos depende muito do uso do solo (vegetação), da topografia, altitude, declividade e orientação das vertentes. Entretanto, um mapeamento da média e da média das máximas e mínimas diárias podem servir como um bom parâmetro para a realização do mapa de unidades climáticas. Sabe-se que a interpolação linear não é conveniente nestes casos, pois os controles climáticos modificam substancialmente a variação espacial dos atributos, quebrando qualquer relação de linearidade entre controle e atributo, pois eles são muitos e agem combinadamente. Nestes mapeamentos, portanto, utilizou-se de um processo lógico-dedutivo, onde a experiência do pesquisador e o contato com a realidade nos trabalhos de campo, bem como o entendimento do clima na área de estudo pelos dados levantados e analisados, guiaram o traçado das isolinhas.

3.9 - Unidades climáticas

A metodologia aqui proposta para a identificação e mapeamento das unidades climáticas baseia-se na proposta de TARIFA (2002).

Convém aqui salientar, primeiro, o que se entende por atributo e controle climático. Os atributos são as propriedades que descrevem o estado físico de uma parcela de ar (temperatura, umidade, chuva, radiação, vento, etc). Os controles são as características físicas, biológicas, humanas do espaço que transformam as propriedades de uma parcela de ar. Os controles climáticos também podem estar imbuídos de ritmo, de movimento, como por exemplo, a umidade do solo.

O estudo de qualquer realidade climática pressupõe a identificação dos processos que controlam as propriedades do fluxo atmosférico sobre um dado lugar. É fundamental entender o movimento que este fluxo tem dentro do espaço e nas várias dimensões temporais que definem as variações qualitativas e quantitativas de cada atributo climático.

A hierarquização dos controles climáticos de macroescala (latitude, longitude, distância dos oceanos, circulação atmosférica) com os de mesoescala (altitude, relevo, orientação topográfica, morfologia declividades, etc.) e com os de microescala (uso do solo, vegetação, tipo de solo, superfícies líquidas, grau de sombreamento, etc.) *“decompõe os processos e os volumes das várias camadas de ar em um contínuo processo de análise (decomposição) e síntese (integração), visando a compreensão das várias unidades climáticas, ou ‘climas’, em suas relações de espaço-tempo”* (TARIFA, 2002, p.83).

Por isso, é fundamental conhecer a natureza do espaço contida em cada realidade climática. A identificação dos “climas” inclui, portanto, a estruturação de uma rede de relações entre os atributos e controles climáticos, nas várias escalas climáticas.

4. Resultados e discussões

4 - Resultados e discussões

4.1 – A temperatura do ar sem distinções diárias ou horárias

No período do primeiro trabalho de campo houve um único momento em que todos os nove sensores de temperaturas funcionaram. A figura 19, referente a este intervalo de tempo, permite verificar que as mínimas temperaturas absolutas ocorreram nas altitudes mais baixas (fundo do vale), fato esperado em função das inversões térmicas.

Figura 19: Temperatura média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos da bacia B do Núcleo Cunha (IF - SP), entre 16:30 do dia 07/04/04 às 21:00 do dia 10/04/04.

O posto 2, entretanto, que está numa altitude mais baixa que o posto 3, registrou uma temperatura mínima maior que P3, não seguindo a lógica do processo de inversão térmica, já que os lugares mais baixos tenderiam a registrar as mínimas temperaturas. Como o posto 2 está num lugar cujo solo permanece

constantemente encharcado e o dossel é mais fechado (*sky view factor*) há condições de maior estabilidade térmica, evitando que a temperatura abaixe demais ou suba em demasia, como pode ser observado pelas máximas absolutas. Assim, o posto 2 é o que apresenta a menor amplitude térmica. O posto 3, por outro lado, está num local onde o solo não é tão úmido e o seu dossel é mais aberto que P2, o que facilita as trocas verticais na atmosfera, portanto, se aquece mais durante o dia, e se resfria mais durante a noite.

A altura do dossel é um controle climático importante, pois o maior ou menor volume de ar interno da mata pode favorecer o aquecimento ou resfriamento com maior ou menor intensidade, tal como acontece numa casa com o pé direito alto ou baixo. O dossel de P1 é mais baixo que de P2 e P3, fato que pode justificar a máxima absoluta de P1 ser maior que a de P2. A vertente oeste e com uma declividade relativamente elevada que fica à direita de P1 reduz a quantidade de radiação recebida neste posto pela manhã, bem como o dossel mais fechado em relação a P3, justificando a máxima absoluta de P1 ser menor que a de P3.

Entre P4 e P5 pode-se comparar uma vertente sudoeste e outra nordeste. Apesar das vertentes voltadas para norte e nordeste receberem maior quantidade de radiação solar no hemisfério sul, aquecendo mais o ar nestas áreas, a vegetação “redistribui” este insumo de macroescala (radiação solar), alterando o balanço de energia para cada lugar. Assim, P4, que está num vertente sudoeste, que receberia menor quantidade de radiação solar por um efeito topo climático (orientação das vertentes), se aquece mais que P5, que está numa vertente nordeste. O dossel onde P4 está instalado é mais aberto que de P5, fazendo com que durante o dia P4 se aqueça mais que P5, pois recebe mais radiação solar no solo, aquecendo-o, e que depois irá aquecer o ar pela emissão de ondas

longas (calor). Por outro lado, a mínima absoluta é menor em P5 que em P4. O controle climático associado a este fato é a altitude, pois P5 está a 1110 metros, enquanto P4 a 1120 metros, e assim sendo, os lugares mais baixos terão as menores temperaturas em função da inversão térmica.

P5 e P6 estão, de uma maneira geral, numa vertente nordeste. P6 é o posto com o dossel mais fechado, o que garante que as máximas não sejam tão elevadas quanto em P5, mesmo que P6 tenha uma declividade menor o que favoreceria uma recepção maior de radiação solar. Apesar de P6 estar a 1080 metros e P5 a 1110 metros, a temperatura mínima absoluta é ligeiramente superior à de P5, que pode estar relacionado ao dossel, que é mais fechado em P6 (94%), como também à declividade menor em P6 que em P5 deve condicionar uma velocidade menor de escoamento da água dentro do solo, que pode, por sua vez, manter o ambiente com uma umidade maior, conduzindo a uma maior estabilidade térmica, tal como acontece em P2, só que com uma magnitude menor.

O posto 6, em relação ao posto 8, apresenta ligeiras diferenças nas máximas e mínimas absolutas. Apesar de P8 estar numa vertente oeste, as máximas absolutas são maiores que em P6, que está numa vertente nordeste, fato que pode estar associado à abertura e altura do dossel, como foi dito anteriormente, pois o dossel de P8 é composto por árvores relativamente baixas (até 8 metros) e é um pouco mais aberto. O controle declividade, neste caso também deve controlar o escoamento da água no solo, pois que em P8 a declividade é ligeiramente maior que em P6, resultando no mesmo fato descrito anteriormente. As mínimas absolutas são menores em P8 que em P6, e as justificativas podem ser as mesmas que as apresentadas para as máximas

absolutas. É preciso salientar que o sensor do posto 8 talvez não estivesse operando corretamente, fato que forçou a exclusão dos dados do segundo trabalho de campo.

Os dois topos, representados pelos postos 7 e 9, tiveram suas máximas significativamente diferentes. P7, apesar de ter uma obstrução do céu de 92%, o estrato herbáceo é mais denso neste posto que em P9. Isso reduz a velocidade do vento próximo do solo. Nos trabalhos de campo notou-se que o vento é freqüentemente mais intenso em P9 que em P7. Aliás, em P7 predominaram as calmarias durante as observações de campo. A maior velocidade do vento no posto 9 deve contribuir para que as temperaturas máximas não sejam tão elevadas como em P7. Já as mínimas são semelhantes, pois nos casos de inversão térmica, pressupõe-se que ocorram condições de calma e, portanto, a estratificação do ar se daria segundo faixas térmicas verticais. Como a altitude de ambos os postos são muito próximas, isso conduziu à semelhança nas temperaturas mínimas absolutas.

A análise das médias de temperatura de todos os postos neste primeiro período do trabalho de campo indica que todos os postos oscilaram próximo de 17°, aparentando que eles não seriam muitos diferentes uns dos outros. A média pura e simples mascara o ritmo de cada um dos postos, fazendo com que pareçam semelhantes, coisas que as máximas e mínimas absolutas revelam que não são.

A figura 20, que engloba já todo o período do 1º trabalho de campo, portanto, permite dizer que, de uma maneira geral, os postos se comportaram da mesma forma que no início do 1º trabalho de campo (figura 19). Evidentemente, os valores de temperatura se acentuaram para mais (nas máximas absolutas) e para menos (nas mínimas absolutas). O fato do posto 2 estar num lugar mais

úmido controla a amplitude térmica neste lugar, fato que pode ser verificado novamente pelas máximas e mínimas absolutas.

Figura 20: Temperatura média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos, com exceção de P6, da bacia B do Núcleo Cunha (IF - SP), entre 16:30 do dia 07/04/04 às 08:00 do dia 28/04/04 (1º trabalho de campo).

A mínima absoluta de P3 foi menor que a de P1, fato que pode ser justificado em função da maior umidade do posto 1, que dificulta a perda noturna de radiação. A pequena cachoeira próxima a P1 deve adicionar uma quantidade de vapor de água neste ambiente, contribuindo para a menor perda de calor durante a noite. Por outro lado, as máximas de P1 são ligeiramente maiores que em P3, que pode ser justificado pelo menor volume de ar interno dentro das copas das árvores no posto 1, favorecendo um maior aquecimento em relação ao posto 3.

Para os outros postos valem as mesmas justificativas fornecidas anteriormente, com exceção de P8 que registrou a maior máxima absoluta no primeiro trabalho de campo. O registrador de temperaturas deste posto apresentou defeitos no segundo trabalho de campo, registrando sempre temperaturas muito superiores às dos outros postos, bem como nos registros das temperaturas mínimas. Talvez neste primeiro trabalho de campo ele já mostrasse indícios de um mau funcionamento. Entretanto, resolveu-se não invalidar este posto neste período. Uma explicação que pode ser aceita para a temperatura máxima absoluta ser a maior é o volume de ar interno das copas das árvores ser menor e menos ventilado que nos postos dos topos (P7 e P9). Em relação a P1, a maior umidade de P1 tende a amenizar um pouco o aquecimento, contribuindo para que a temperatura máxima seja maior em P8 que em P1. Como o posto 8 é um dos que mais se aquece, ele pode armazenar maior quantidade de calor que os outros postos, fazendo com que as mínimas não sejam inferiores às dos outros postos. P2 e P8 tiveram mínimas absolutas semelhantes, sendo que elas foram superiores às dos topos, fato que pode ser atribuído à umidade no posto 2, e, talvez, ao maior armazenamento de calor durante o dia no posto 8.

P4 e P5 tiveram mínimas absolutas inferiores à P1 e P2, fato que, apesar das inversões térmicas serem mais intensas nos fundos de vale, a umidade no ar e no solo parece exercer um controle fundamental nestes casos. Já P3, P4 e P5 seguem a tendência das mínimas absolutas concordarem em função da altitude.

A figura 21, que representa o período do segundo trabalho de campo, evidencia os mesmos fatos observados e discutidos anteriormente. As máximas absolutas oscilaram em torno de 24°C, com exceção de P2, devido à elevada

umidade do ambiente. Talvez estas máximas tenham ocorrido num mesmo momento, durante a atuação de um aquecimento de um sistema pré-frontal (STC). As características microclimáticas, principalmente as relacionadas ao volume de ar interno da mata (altura do dossel) devem contribuir para as pequenas diferenças observadas entre os postos. A configuração do céu e a posição topográfica também devem ter exercido um papel importante, pois as trocas verticais na atmosfera (balanço de radiação), e as horizontais (fluxos advectivos) podem contribuir para uma maior ou menor temperatura máxima absoluta.

Figura 21: Temperatura média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para os postos P1, P2, P3, P5, P7 e P9 da bacia B do Núcleo Cunha (IF - SP), entre 17:30 do dia 28/04/04 às 14:00 do dia 01/06/04 (2º trabalho de campo).

Já durante o terceiro trabalho de campo, que é representado pela figura 22, alguns fatos chamaram a atenção, pois se diferenciam dos casos anteriores (1º e 2º trabalhos de campo).

P1 teve a maior máxima absoluta, com mais de um grau acima das outras máximas absolutas. Como P1 é o posto cujo volume de ar interno da mata é o menor, pois seu dossel tem praticamente cinco metros de altura, e está na altitude mais baixa de todos os outros postos, a atuação de um Sistema Tropical Continental (STC) acompanhado de um aquecimento pré-frontal provoca um aquecimento adiabático ao descer as vertentes sudeste da margem direita do rio Paraibúna, influenciando as máximas absolutas do posto 1. À medida que os fluxos de noroeste sobem as vertentes da bacia B, em direção aos outros postos, sofrem uma descompressão adiabática e um conseqüente resfriamento, contribuindo para reduzir as máximas absolutas dos postos que estão em altitudes maiores. A umidade do posto 2 parece ter um papel fundamental neste caso, pois a máxima absoluta está em torno de 19 graus, ou seja, em alguns casos as condições microclimáticas são mais importantes que as condições de macroescala, por conta da importância da combinação dos controles microclimáticos com os topoclimáticos.

Figura 22: Temperatura média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos, com exceção de P3, da bacia B do Núcleo Cunha (IF - SP), entre 18:30 do dia 10/06/04 às 09:30 do dia 15/07/04 (3º trabalho de campo).

As mínimas absolutas são, de uma maneira geral, concordantes com as altitudes de cada posto microclimático, ou seja, seguem a tendência da inversão térmica. Foi o maior resfriamento observado em todo o período do levantamento de dados nesta pesquisa, pressupondo haver uma forte estabilidade atmosférica do anticiclone polar, provavelmente com uma trajetória continental. Deste modo, as turbulências internas na área da bacia podem ter sido maiores no primeiro e segundo trabalhos de campo que neste terceiro. Entre P4 e P5 nota-se que, apesar do segundo estar 10 metros abaixo do primeiro, o fato da localização de P5 ser numa vertente nordeste e P4 estar numa vertente sudoeste, bem como a própria configuração do céu (*sky view factor*), mais fechado em P5 que em P4, devem ter contribuído para as mínimas do posto 4 serem inferiores à do posto 5. Como P6 e P8 estão em altitudes inferiores a P4 e P5, as mínimas absolutas dos dois primeiros são menores que dos dois últimos. Entre P6 e P8, o primeiro posto não se resfriou tanto porque está numa vertente nordeste, além da declividade do posto 6 ser menor que no posto 8, o que pode favorecer um tempo maior de residência da água no solo, conferindo uma maior estabilidade térmica para P6 em relação a P8. Além disso, o posto 6 tem um dossel mais fechado que P8, o que dificulta, de certo modo, as trocas verticais da atmosfera neste lugar.

Entre os dois topos (P7 e P9) as diferenças entre as máximas podem ser justificadas como foram nos outros trabalhos de campo, pela própria ventilação que parece ser maior em P9 que em P7. Por outro lado, as mínimas foram ligeiramente menores em P7 que em P9, que pode ser devido à pequena diferença de altitude entre ambos os postos (1160 metros em P7 e 1166 metros em P9). Como se acredita que a estabilidade atmosférica aumentou progressivamente do primeiro para o terceiro trabalho de campo, pode ser

aceitável que seis metros de altitude de diferença entre ambos os postos possam resultar numa pequena diferença das temperaturas mínimas.

Pela análise das figuras 23, 24 e 25, que representam a variação espacial das temperaturas médias do ar no 1º, 2º e 3º trabalhos de campo respectivamente, nota-se que de abril a julho houve uma diminuição progressiva da temperatura média, processo decorrente da própria declinação solar, que diminuía progressivamente até o solstício de inverno. Percebe-se também que os lugares mais altos tiveram as temperaturas médias ligeiramente superiores às daquelas das áreas mais baixas (fundos de vale). O posto 2 apresentou sempre temperaturas médias menores que todos os outros postos.

As figuras 26, 27 e 28 permitem analisar a variação espacial das temperaturas médias das mínimas diárias nos três trabalhos de campo respectivamente. É possível notar que o fundo de vale da bacia B é normalmente mais frio que as áreas mais elevadas, fato decorrente do acúmulo de ar frio em função da inversão térmica. O posto 2, entretanto, não se resfria tanto quanto os postos 1 e 3, fato justificado pelo teor de umidade no ambiente deste lugar, bem como pelo dossel e volume interno de ar da mata. Além disso, pode-se notar que P9 tem as médias das mínimas temperaturas maiores que P7, fato que pode estar associado à pequena diferença de altitude entre estes dois postos (P9 é apenas seis metros mais alto que P7). Pela seqüência destas três figuras pode-se verificar a diminuição progressiva da temperatura média das mínimas diárias, em função do movimento aparente do Sol para o hemisfério norte.

A variação espacial das temperaturas médias das máximas na bacia B nos três trabalhos de campo está representada pelas figuras 29, 30 e 31. De uma forma geral, as vertentes à esquerda do córrego da bacia B, por serem

Figura 23 - Variação espacial da temperatura média do ar (°C) do 1º trabalho de campo (07/04 a 28/04/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 24 - Variação espacial da temperatura média do ar (°C) do 2º trabalho de campo (28/04 a 01/06/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 25 - Variação espacial da temperatura média do ar (°C) do 3º trabalho de campo (10/06 a 15/07/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 26 - Variação espacial da temperatura média das mínimas do ar (°C) do 1º trabalho de campo (07/04 a 28/04/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 27 - Variação espacial da temperatura média das mínimas do ar (°C) do 2º trabalho de campo (28/04 a 01/06/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 28 - Variação espacial da temperatura média das mínimas do ar (°C) do 3º trabalho de campo (10/06 a 15/07/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 29 - Variação espacial da temperatura média das máximas do ar (°C) do 1º trabalho de campo (07/04 a 28/04/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 30 - Variação espacial da temperatura média das máximas do ar (°C) do 2º trabalho de campo (28/04 a 01/06/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 31- Variação espacial da temperatura média das máximas do ar (°C) do 3º trabalho de campo (10/06 a 15/07/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

voltadas em geral para nordeste/leste apresentam temperaturas médias das máximas maiores que as vertentes direitas, normalmente voltadas para sul/sudoeste. A foz do córrego da bacia B tem, normalmente, temperaturas médias das máximas superiores que os outros lugares da bacia B. O posto 2 teve as menores médias das máximas, sendo freqüentemente o lugar mais fresco e com menor amplitude térmica da bacia B.

4.2 – A umidade relativa do ar sem distinções diárias ou horárias

A análise da figura 32, referente ao período do 1º trabalho de campo, chama a atenção pelos valores de umidade relativa no posto 2, que não variam, ou seja, a umidade relativa neste lugar é sempre 100%. O controle exercido pela forma do relevo (embaciada) favorece a acumulação de água no solo neste local, que por sua vez condiciona uma maior transferência de vapor de água para a atmosfera acima. O dossel bem fechado neste lugar (92%) também garante que esta umidade seja mantida no volume de ar interno da mata, bem como diminui a entrada de radiação solar, reduzindo o aquecimento do solo e o conseqüente aquecimento do ar, o que poderia reduzir os valores de umidade relativa. Em geral, os postos localizados no fundo de vale (P1, P2 e P3) apresentam as menores variações nos valores de umidade relativa. Nota-se que a maior quantidade e continuidade na presença da água no solo conduz a uma maior estabilidade da umidade relativa. Evidentemente isso também está relacionado à proteção que a vegetação traz para estes ambientes, bem como a proteção ao vento que as vertentes causam, fazendo com que o vento seja praticamente inexistente no fundo de vale desta bacia. O volume de ar interno da mata é também fundamental para a estabilidade nos valores de umidade relativa, pois que o posto 1 teve uma mínima absoluta de umidade relativa menor que P3. Embora P1 seja

mais fechado que P3, o volume interno de ar é maior no segundo que no primeiro. Além disso, pode-se notar que a frequência de eventos com umidade relativa inferior a 100% em P1 e P3 são raros, pois que a média das mínimas diárias são muito próximas do valor máximo em ambos os postos. Isso demonstra que o vale tem um ritmo de variação da umidade relativa muito mais constante e estável que os outros postos, instalados nas vertentes ou nos topos.

Figura 32: Umidade relativa média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos da bacia B do Núcleo Cunha (IF - SP), entre 16:30 do dia 07/04/04 às 08:00 do dia 28/04/04 (1º trabalho de campo).

Entre os postos 4 e 5 é possível verificar a importância da vegetação nos valores de umidade relativa. Embora P4 esteja numa vertente sudoeste, que é em geral menos quente e mais úmida que as de face nordeste (P5), a proteção microclimática condicionada pela vegetação no posto 5 sombreia este lugar, fazendo com que os valores de umidade relativa sejam um pouco maiores que

em P4, que é um posto com uma vegetação mais aberta. P5 e P6, que estão numa vertente nordeste, apresentam valores significativamente diferentes. Embora o dossel seja mais fechado em P6 (94%) que em P5 (89%), a forma das vertentes devem condicionar um tempo de residência da água no solo maior no posto 5 que no posto 6, pois este último está num divisor de águas secundário e o primeiro numa vertente retilínea. Além disso, o volume de ar interno destes dois ambientes microclimáticos são diferentes, sendo maior em P5 que em P6, conferindo uma maior estabilidade higrométrica no primeiro que no segundo.

A influência da orientação e da forma das vertentes fica mais evidente comparando-se P6 com P8, pois o primeiro está num divisor de águas secundário com a face voltada para nordeste, e o segundo numa vertente retilínea voltada para oeste. Assim, mesmo que P6 tenha o dossel ligeiramente mais fechado que P8, a combinação das formas e exposição das vertentes devem condicionar um tempo maior de residência da água no solo no posto 8, sendo uma fonte de umidade para a atmosfera. A declividade um pouco menor em P6 que em P8 também deve garantir uma maior absorção de radiação solar, mesmo que seja pela vegetação, o que pode favorecer um maior consumo da água do solo pelas espécies que vivem na vertente esquerda (nordeste, leste) em relação àquelas que vivem na vertente direita (sudoeste, oeste).

Entre os dois topos (P7 e P9) há uma pequena diferença entre as mínimas absolutas diárias de ambos. Apesar desta diferença estar dentro do erro do instrumento, fato que pode ser, portanto, decorrente simplesmente do próprio erro instrumental, pode estar relacionado à menor altura do dossel no posto 7 que no posto 9, garantindo um menor volume de ar interno na mata, que se aquece mais rapidamente e diminui os valores de umidade relativa. Entretanto, como

poderia o posto 7 ser menos ventilado que o posto 9 e registrar valores de umidade relativa mais baixos? O posto 7 é o que registra as maiores máximas absolutas da temperatura do ar, e é nestes momentos que a umidade relativa atinge as mínimas absolutas. Talvez, no primeiro trabalho de campo, a velocidade do vento no posto 9 não tenha sido relevante, fazendo com que a temperatura desempenhasse uma papel preponderante sobre a umidade relativa do ar. Desta forma, P7, que teve a máxima absoluta da temperatura do ar maior que P9, registrou uma mínima umidade relativa menor que o posto 9.

As médias das mínimas diárias da umidade relativa revelam os mesmos aspectos que foram observados pelas mínimas absolutas, entretanto, os valores absolutos são diferentes.

As máximas absolutas e as médias das máximas da umidade relativa é sempre 100%, revelando que, durante algum momento de todos os dias do primeiro trabalho de campo, o ar atinge o ponto de saturação (100%). Talvez a umidade do ar saturado possa ser de importância fundamental para a vida que se desenvolve neste lugar, bem como talvez, para os processos morfogenéticos e para os processos pedológicos, porque a água é o principal elemento de intemperismo (químico) no meio tropical úmido.

Para a figura 33, que representa o período do segundo trabalho de campo, valem as mesmas observações feitas para o primeiro trabalho de campo, entretanto, os valores são ligeiramente diferentes.

Ressalta-se novamente o posto 2, que se manteve sempre com umidade relativa 100%. Entre P1 e P3 houve uma diferença em relação ao primeiro trabalho de campo. Como as chuvas diminuíram progressivamente de abril até junho, a

umidade do solo também diminuiu. Como P3 está ligeiramente a montante das nascentes, talvez a transferência de umidade do solo para o ar tenha diminuído, justamente porque o solo vinha se ressecando. Como P1 está ao lado do curso d'água deve ter recebido um aporte maior de umidade em relação a P3, resultando em mínimas absolutas menores neste último que no primeiro.

Figura 33: Umidade relativa média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos da bacia B do Núcleo Cunha (IF - SP), entre 17:30 do dia 28/04/04 às 14:00 do dia 01/06/04 (2º trabalho de campo).

Entre P7 e P9 houve uma inversão em relação ao que foi observado no primeiro trabalho de campo. O posto 9 teve uma mínima absoluta menor que P7. Isso, talvez, possa ser justificado pelo aumento na velocidade do vento neste segundo trabalho de campo. Com o estrato herbáceo é mais fechado em P7 que em P9, a velocidade do vento tende a ser menor no primeiro que no segundo. A maior velocidade do vento aumenta a evaporação, o que ressecaria o filme capacitivo do sensor de umidade, reduzindo os valores de umidade relativa no

posto 9, sem necessariamente ter diminuído a umidade relativa do ar. Esse é um problema que seria minimizado com o uso de um abrigo de ventilação forçada. Além disso, tem-se também que considerar o erro do instrumento, pois ele pode chegar a 10% de umidade relativa. Para os outros postos valem as mesmas observações feitas no primeiro trabalho de campo, entretanto, as diferenças entre as mínimas absolutas estão menores. É preciso também considerar o erro instrumental ($\pm 5\%$). A diminuição nas diferenças entre os postos 4, 5, 6, 7, 8 e 9 podem ser decorrentes do aumento da estabilidade atmosférica, muito comum nesta época do ano. Assim, as condições de macroescala (estabilidade) tendem a diminuir as diferenças microclimáticas com relação à umidade relativa. As máximas absolutas e médias das máximas também não saíram de 100%.

Nota-se que o aumento da estabilidade atmosférica a partir de junho até julho reduziu ainda mais os valores de umidade relativa mínima absoluta no terceiro trabalho de campo (figura 34). O posto 2, no entanto, continua sempre com a umidade relativa do ar em 100%, revelando a importância que a combinação de controles climáticos específicos, como a forma do relevo, a umidade do solo, a obstrução à radiação solar cria condições (ambientes) que independente da configuração sinótica mantém o ritmo climático deste lugar mais uniforme, mais constante.

Um fato que chamou a atenção neste terceiro trabalho de campo foi que a umidade do solo tinha aumentado muito, conferindo-lhe a aparência de encharcado nas áreas no entorno do fundo de vale. O funcionário João informou que quando há um período de seca bem marcado, a água que estava no subsolo vem para a superfície, fazendo com que a mata fique com a aparência de ter passado por um período chuvoso. Sabe-se que do segundo trabalho de campo

até o final do terceiro trabalho de campo a estabilidade atmosférica aumentou progressivamente o que reduziu os totais pluviométricos. Assim, o movimento da água no solo, dos horizontes mais profundos para a superfície deve ser relativamente lento, o que explica a aparência de um solo relativamente mais seco no segundo trabalho de campo que no terceiro. Embora a umidade relativa do ar tenha diminuído em termos absolutos nos postos 1 e 3, percebe-se que esta diminuição foi mais intensa em P1 que em P3 (mínimas absolutas). Isto pode ser explicado tanto pela umidade do solo que aumentou significativamente a partir da segunda soleira para montante até suas nascentes (P3), bem como também pela altura do dossel, que é menor no posto 1 que no posto 3. Assim, o posto 1 aquece-se mais que P3, reduzindo mais os valores de umidade relativa, pois o maior volume de ar interno da mata e a umidade do solo tendem a garantir uma menor amplitude diária da umidade relativa no posto 3.

Figura 34: Umidade relativa média, máxima e mínima absolutas sem distinção diária ou horária para todos os postos da bacia B do Núcleo Cunha (IF - SP), entre 18:30 do dia 10/06/04 às 09:30 do dia 15/07/04 (3º trabalho de campo).

Em relação às mínimas absolutas de umidade relativa dos outros postos, valem as mesmas justificativas dos trabalhos de campo anteriores para terceiro.

Entretanto a média das mínimas absolutas diárias é diferente dos outros dois trabalhos de campo anteriores para alguns postos. Entre P4 e P5, nota-se que as mínimas absolutas são significativamente diferentes, sendo menor em P4 que em P5. Já as médias das mínimas absolutas diárias são menores em P5 que em P4. Isso pode indicar que o posto 5 teve uma frequência maior de eventos com umidade relativa mais baixa que no posto 4, talvez porque esteja numa vertente nordeste, portanto, mais exposto à radiação solar. Por outro lado, a mínima absoluta é menor em P4 que em P5 devido à abertura do dossel no posto 4 (84%) ser maior que no posto 5 (89%). Como a declinação solar diminuía progressivamente de abril até junho, isso pode ter contribuído para diminuir a exposição aos raios solares no posto 4, que está numa vertente sudoeste. Então, talvez em um dia de céu limpo tenha sido registrada a menor mínima absoluta no posto 4, enquanto que nos outros dias, que não tiveram o céu tão limpo, mas suficientemente encobertos para proteger mais as vertentes sul/sudoeste da radiação solar que aquelas voltadas para norte/nordeste.

O fato é inverso entre o posto 6 e 8. As mínimas absolutas são praticamente iguais, entretanto, a média das mínimas diárias são menores no posto 8 que no 6. O P8, que está numa vertente oeste, tende a receber menor quantidade de radiação solar nesta época do ano que o posto 6, que está numa vertente nordeste. A umidade dos horizontes superficiais do solo deve escoar mais rapidamente em P8 que em P6, tanto para dentro do solo, quanto lateralmente, em direção ao curso d'água, pois a declividade é maior na vertente direita do córrego da bacia B. Assim, embora a menor declividade em P6 favoreça uma maior recepção de radiação solar, bem como a exposição para

nordeste desta vertente, o escoamento da água no solo mais lento favorece uma maior transferência de umidade para o ar, aumentando os valores de umidade relativa, e diminuindo a frequência de eventos com valores mais baixos que em P8, fazendo com que as médias das mínimas sejam maiores que em P8. Vê-se pelas figuras referentes ao primeiro, segundo e terceiro trabalhos de campo que a umidade mínima absoluta no posto 8 diminui progressiva e lentamente do primeiro para o último trabalho de campo, enquanto que esta velocidade é menor em P6. Esta na redução dos valores de umidade relativa pode estar, portanto, relacionada à velocidade do escoamento da água no solo. Desta forma, P8 teria um solo mais seco no inverno que P6, mesmo estando numa vertente que recebe menor quantidade de radiação solar, por causa da declividade.

P7 e P9 tiveram o mesmo comportamento que no segundo trabalho de campo, valendo as mesmas explicações dadas anteriormente. É interessante notar que as médias das mínimas diminuíram significativamente do segundo para o terceiro trabalho de campo, o que significa uma maior frequência e eventos com umidade relativas mais baixas, devido à estabilidade atmosférica inerente ao período hibernar.

Pela figura 35, podemos verificar a variação espacial da média da umidade relativa no primeiro trabalho de campo. Nota-se que ao longo do vale têm-se os mais elevados valores de umidade relativa, enquanto que nos topos os valores diminuem. Nota-se também que no médio curso do córrego, onde está o P2, há uma área com 100% de umidade relativa, devido à conjunção dos controles climáticos que favoreceram o acúmulo de água e de umidade neste trecho da bacia. Pode-se observar também que o topo da vertente direita tem um valor médio inferior ao da esquerda, fato que pode estar relacionado à maior ventilação do ambiente de P9 que de P7, conforme as observações de campo.

Também pode ser decorrente do dossel mais aberto (*sky view factor*) no topo da vertente direita que no da esquerda.

A figura 36, que representa a variação das médias das mínimas diárias no 1º trabalho de campo, tem uma forma relativamente semelhante à figura anterior, só que com os valores um pouco mais baixos. O que diferencia mais em relação às médias do primeiro trabalho de campo é a isohigra de 94%, que na vertente esquerda se inicia próximo da meia vertente, ao passo que na vertente direita esta mesma isohigra está circundando os topos. Provavelmente isso está relacionado à maior absorção de energia solar pelas vertentes nordeste, fato que pode reduzir os valores de umidade relativa.

As figuras 37 e 38, que representam a variação espacial da média da umidade relativa no segundo e terceiro trabalhos de campo respectivamente apresentam, de uma forma geral, as mesmas variações em relação ao primeiro trabalho de campo, só que com valores absolutos mais baixos. Apesar dos valores serem mais baixos, o posto 2 sempre aparece como uma área de umidade relativa igual a 100%.

As formas das isohigras das figuras 39 e 40, que representam as médias das mínimas de umidade relativa do segundo e terceiro trabalhos de campo são bastante próximas, assim como daquelas do primeiro trabalho de campo. A diferença reside na amplitude entre os valores do fundo de vale e aqueles dos topos, ou seja, a diferença observada entre as áreas mais baixas (com maior umidade relativa) daquelas mais altas (com menores valores de umidade relativa). O aumento gradativo da estabilidade e o predomínio de sistemas atmosféricos estáveis do primeiro trabalho de campo para o terceiro provocaram essa redução nos valores médios de umidade relativa mínima de abril para o julho. Mesmo assim, com esse aumento da estabilidade, o posto 2 sempre continuou com os valores de umidade relativa em 100%, em qualquer momento dos três trabalhos de campo.

Figura 35 - Variação espacial da umidade relativa média (%) do 1º trabalho de campo (07/04 a 28/04/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 36 - Variação espacial da umidade relativa média das mínimas (%) do 1º trabalho de campo (07/04 a 28/04/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 37 - Variação espacial da umidade relativa média (%) do 2º trabalho de campo (28/04 a 01/06/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 38 - Variação espacial da umidade relativa média (%) do 3º trabalho de campo (10/06 a 15/07/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 39 - Variação espacial da umidade relativa média das mínimas (%) do 2º trabalho de campo (28/04 a 01/06/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

Figura 40 - Variação espacial da umidade relativa média das mínimas (%) do 3º trabalho de campo (10/06 a 15/07/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B)- IGC, 1977
 Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
 Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes

4.3 – A variação média horária da temperatura do ar na bacia B

A variação média horária da temperatura revela uma aproximação do ritmo de aquecimento e resfriamento dos postos na bacia B.

Pela figura 41 (1º trabalho de campo) pode-se observar que o fundo de vale (P1, P2 e P3) se resfria mais que os postos que estão nas vertentes ou nos topos, sendo que o posto 2 demora mais para se resfriar que P1 e P3, justamente por causa do lugar onde está instalado ser mais úmido. Por ser um ambiente mais úmido, P2, junto com P7 e P9, tem um ritmo de variação média de menor amplitude em relação aos outros postos da bacia B, assim, ele demora mais para se aquecer, como também para se resfriar. Fica evidente o papel da água na “estabilidade” dos ambientes microclimáticos.

O acúmulo de ar mais frio no fundo de vale inicia-se, na média, aproximadamente à meia-noite (00:00), enquanto que o resfriamento mais intenso nas vertentes e nos topos acontece cerca de uma hora depois (01:00). O efeito topoclimático da orientação das vertentes fica evidente entre o posto 5 (vertente nordeste) e os postos 4 e 8 (vertente sudoeste e oeste respectivamente), pois se pode notar que P5 começa a se aquecer antes que P4 e P8, pois recebe radiação solar primeiro (08:00) que os dois postos que estão na vertente oposta.

Os topos (P7 e P9) recebem radiação solar primeiro que P5, fato que faz com que o aquecimento nestes postos tenha início próximo das 07:30. Como P4 está numa vertente sudoeste e tem um dossel mais aberto ele se resfria um pouco mais rápido que o posto P5, que está numa vertente nordeste e tem um dossel mais fechado. Entre P7 e P9 há uma pequena diferença no horário de resfriamento, sendo um pouco mais rápido no segundo que no primeiro, que pode

Figura 41: Variação média horária a cada 30' da temperatura do ar (°C) no período do 1º trabalho de campo (07 a 28/04/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP).

estar relacionado à maior frequência e velocidade do vento no posto 9, bem como ao dossel um pouco mais aberto.

O aquecimento inicia-se primeiro na vertente nordeste (P5) que na sudoeste (P4), pois os raios solares incidem primeiro nas vertentes de face norte a leste no hemisfério sul. P7, por sua vez, se aquece mais rápido que o outro topo (P9) porque o vento mais frequente e mais forte em P9 dissipa mais eficientemente o calor.

O posto 4 se aquece mais que P5 justamente por estar num ambiente cuja obstrução à radiação solar é menor. Mesmo estando numa vertente sudoeste, quando o Sol está próximo ao zênite este posto pode receber uma quantidade de radiação solar direta maior que em P5, pois o dossel é mais aberto (SD: 84%). Assim, a partir das 11:30, P4 se aquece mais que P5. A vegetação mais alta e fechada em P5 condiciona uma “estabilidade” térmica maior em relação ao posto 4, pois ele não se aquece tanto e também se resfria mais lentamente. Esse resfriamento mais lento também está relacionado à vertente nordeste em que P5 estava instalado. Além disso, tem-se que considerar uma estimativa para mais na temperaturas mais elevadas em P4, pois como o dossel é mais aberto neste posto, a radiação solar direta incidindo sobre o abrigo desenvolvido pode aumentar o erro do registro das temperaturas, conforme pôde ser visto na avaliação do desempenho do abrigo.

O comportamento da temperatura em P8 parece não seguir muito o esperado em função das características do lugar onde foi instalado. Acredita-se que neste período do 1º trabalho de campo o sensor (termopar) utilizado neste posto estava apresentando problemas, estimando para mais os registros de temperatura, fato que forçou a exclusão dos dados deste posto no 2º trabalho de

campo. Como se optou por não excluir os dados de P8 neste primeiro campo, uma justificativa aceitável para o aquecimento mais acentuado neste posto pode estar relacionado à altura do dossel, que é mais baixo que o de P5, podendo se aquecer mais rapidamente, bem como à posição oeste da vertente, que recebe radiação solar mais intensamente à tarde que P4 e P5. P8 também se resfria mais lentamente que os outros postos, podendo estar relacionado ao dossel mais fechado e à recepção de radiação solar à tarde.

A variação média horária da temperatura do ar no segundo trabalho de campo foi muito semelhante à do primeiro, conforme pode ser visto na figura 42. O posto 2 é o que apresenta um ritmo mais lento, justamente pela influência da umidade do ambiente (solo + ar) que retarda tanto o resfriamento quanto o aquecimento. Um posto com um comportamento rítmico semelhante foi o P9, que teve a menor amplitude térmica de todos os postos. A variação da temperatura em P9 acontece mais rapidamente que em P2, mas a amplitude (entre o menor e maior valor da temperatura) é menor em P9 que em P2. Os resfriamentos no posto 9 não foram tão intensos por causa da altitude, pois a inversão térmica faz com que as mínimas ocorram preferencialmente nos fundos de vale, enquanto que os topos ficam com temperaturas não tão baixas. O posto 7, que está seis metros abaixo de P9 teve as temperaturas mínimas um pouco menores que no posto 9, justamente pela inversão térmica. Por outro lado, P7 se aquece mais que P9 talvez porque o estrato herbáceo mais denso reduza a velocidade do vento dentro da mata, fato que não ocorre no posto 9, onde o vento pode dissipar o calor e trocar o ar com maior eficiência.

Esta figura (figura 42) é bastante ilustrativa para demonstrar a drenagem de ar fio das partes mais altas para as mais baixas (que tem a ver com a

Figura 42: Variação média horária a cada 30' da temperatura do ar (°C) no período do 2º trabalho de campo (28/04 a 01/06/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP).

densidade do ar, maior no ar mais frio), formando um bolsão de ar frio sobre o vale. É possível perceber que o ar frio se acumula gradativamente de baixo para cima. Assim, os postos 1 e 3 recebem o ar mais frio em torno das 00:00, e a partir daí o ar frio começa a se acumular, criando um “bolsão” que vai aumentando em altura, até que às 02:00 da madrugada ele atinge 1110 metros (P5), e às 04:30, 1160 metros (P7). Evidentemente o frio vai se intensificando nas áreas mais baixas (P1 e P3). P2 não sofre esse resfriamento mais intenso porque a umidade do ar e do ambiente como um todo conserva melhor o calor. O dossel mais aberto em P3 em relação a P1 favorece as trocas verticais na atmosfera, facilitando as perdas de ondas longas, motivo pelo qual P3 se resfria mais rápido e mais intensamente que em P1. Por outro lado, P1, que tem um volume de ar interno da mata menor ($\pm$ cinco metros) se aquece mais rapidamente que P3, que tem um dossel mais alto.

No terceiro trabalho de campo, encontram-se, de certo modo, os mesmos padrões descritos anteriormente. A análise da figura 43 ilustra o que será dito a seguir.

O posto 2 tem um ritmo com uma amplitude menor e mais lento em relação a P1. Aliás, é o posto que menos se aquece em relação a todos os outros.

É possível notar que entre P4 e P5 a orientação das vertentes é importante, no sentido que o resfriamento se inicia mais rápido nas vertentes sudoeste (P4) que nas nordeste (P5), assim como o aquecimento é mais tardio no posto 4 que no 5. Entretanto, o dossel mais aberto de P4 garante que, quando o Sol está mais próximo do zênite, ele se aqueça mais que P5, cujo dossel é mais fechado. Aliás, esse é um dos motivos, também, pelo quais P4 se resfria mais rapidamente que P5.

Figura 43: Variação média horária a cada 30' da temperatura do ar (°C) no período do 3º trabalho de campo (10/06 a 15/07/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP).

Entre P5 e P6, que ambos estão numa vertente nordeste, a diferença de altitude entre eles parece exercer um controle importante no resfriamento e no horário de resfriamento deles. O posto 6, que está a 1080 metros, se resfria primeiro que P5, que está a 1110 metros, pois o ar frio se acumula de baixo para cima. Além disso, o volume de ar interno da mata em P5 é maior que em P6. O aquecimento acontece primeiro em P5 que no posto 6, justamente pela altitude, pois com uma menor elevação solar os raios solares atingem primeiro P5 que P6. No entanto, o posto 6 se aquece mais, fato que pode estar relacionado à menor declividade e ao menor volume de ar interno da mata, mesmo que o dossel seja mais fechado que em P5.

Entre P6 e P8, que estão a uma mesma altitude (1080 metros) pode-se avaliar a importância da orientação e da declividade das vertentes aos raios solares. A orientação oeste, onde está P8, faz com que este posto receba uma menor quantidade de radiação solar durante o período matutino, fato que retarda o aquecimento do posto 8 em relação a P6. Além disso, a maior declividade da vertente em P8 diminui a quantidade de radiação solar recebida pela manhã, mas aumenta à tarde, pois os raios incidirão quase que perpendicularmente no período vespertino, aumentando os valores de irradiância (w.m^{-2}). Isso pode ser visualizado pela duração do período de maior aquecimento de P8, das 12:30 às 15:00 horas, enquanto que em P6 dura das 12:30 às 14:00 horas. A menor declividade da vertente onde está o posto 6 faz com que os raios solares, à tarde, incidam com ângulos mais agudos que em P8, diminuindo a irradiância (w.m^{-2}) nesta vertente.

Além disso, como a declividade é maior em P8 que em P6, a velocidade de escoamento da água no solo deve ser maior no primeiro que no segundo, ou

seja, o tempo de residência da água no posto 8 deve ser menor que em P6. Deste modo, P8 se resfria mais rapidamente que P6, pois que a água exerce um controle fundamental na estabilidade térmica dos ambientes.

Os postos dos topos seguiram, de uma maneira geral, o mesmo comportamento do 1º e do 2º trabalho de campo, só que com valores absolutos mais baixos.

4.4 – Variação média horária da umidade relativa na bacia B

A figura 44 ilustra a variação média horária da umidade relativa na bacia B no primeiro trabalho de campo. A partir da análise desta figura pode-se notar que o vale permanece com os valores de umidade relativa bastante elevados (entre 99 e 100%) durante todo o dia. Esse fato é esperado por causa do próprio córrego, como da maior concentração da água no solo nestas áreas mais baixas e mais planas do fundo de vale.

O posto 9 (topo da vertente direita) começa a reduzir mais os valores de umidade relativa a partir das 06:30 da manhã, fato que está provavelmente relacionado à maior ventilação deste posto em relação aos outros. Este início coincide, de uma certa forma, com o horário aproximado do nascer do Sol, cujos raios solares incidem primeiro neste posto. Evidentemente, o aquecimento nos horários centrais do dia também contribui para uma maior redução nos valores de umidade relativa nestes horários. O posto 7, que fica na vertente esquerda, começa a reduzir os valores de umidade relativa às 10:00 da manhã, fato que pode estar relacionado ao próprio horário de aquecimento que se inicia de forma mais intensa. Como este posto é menos ventilado que P9, a redução dos valores de

Figura 44: Variação média horária a cada 30' da umidade relativa (%) no período do 1º trabalho de campo (07 a 28/04/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP).

umidade relativa pode ser decorrente deste fato, sendo que aí a queda nos valores de umidade relativa deve estar mais relacionada ao próprio aquecimento deste ambiente.

Entre os postos 6 e 8 nota-se que a orientação das vertentes é também importante para o ritmo de variação da umidade relativa. Os valores de umidade relativa começam a diminuir primeiro em P6, pois recebe radiação solar mais cedo e mais intensamente, já que está localizado numa vertente nordeste. Uma hora depois é que os valores começam a diminuir em P8. A redução da umidade relativa também é mais intensa em P6 que em P8, e os valores voltam a aumentar quase que simultaneamente ao final da tarde.

O dossel mais aberto de P4 favorece uma redução mais rápida e intensa da umidade relativa que em P8, assim como em relação a P5, que está numa vertente nordeste. Aliás, P5 tem uma variação pequena da umidade relativa em relação aos outros postos das vertentes e dos topos, fato que pode estar relacionado ao dossel mais alto, que cria um ambiente interno da mata com um volume maior de ar, garantindo uma melhor estabilidade higrométrica, mesmo estando numa vertente nordeste, que recebe maior quantidade de radiação se comparado a uma vertente sudoeste, por exemplo.

Pode-se observar pela figura 45 que, no segundo trabalho de campo a variação horária da umidade relativa foi muito semelhante ao primeiro. Há dois pontos que merecem ser destacados e discutidos. O primeiro deles é o horário em que ocorrem os menores valores de umidade relativa. No primeiro trabalho de campo esses valores foram observados entre 14:30 e 15:00, e no segundo trabalho eles aconteceram mais cedo, próximo das 13:00 horas. Isto está relacionado à diminuição da declinação solar, pois o movimento aparente do Sol neste período (do primeiro ao segundo trabalho de campo – 04/04 a 01/06) foi em direção ao hemisfério norte. Esse movimento induz a uma antecipação progressiva do horário de maior aquecimento, e por isso, ocorre uma antecipação dos menores valores de umidade relativa de abril para junho.

Figura 45: Variação média horária a cada 30' da umidade relativa (%) no período do 2º trabalho de campo (28/04 a 01/06/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP).

O outro ponto que merece destaque é que a duração de valores abaixo de 99% no posto 9 aumentou significativamente do primeiro para o segundo trabalho, bem como no posto 4. Como o posto 4 está próximo ao topo da vertente direita, e P9 está no topo da margem direita, levanta-se a hipótese que isso tenha sido decorrente da ocorrência de ventos mais velozes e mais freqüentes. Como P4 também tem o dossel mais aberto, ele pode estar mais exposto ao vento que os outros postos da bacia.

A figura 46, que ilustra a variação horária da umidade relativa no terceiro trabalho de campo, também permite notar algumas semelhanças entre os dois trabalhos de campo anteriores. Entretanto, existem algumas diferenças marcantes.

A primeira delas é o fato dos postos 1 e 3 terem valores mais baixos nos horários centrais do dia. Isso está relacionado ao aumento da estabilidade atmosférica no período hibernar, que condiciona uma menor quantidade de chuvas. A exceção é o posto 2, que se mantém sempre com a umidade relativa em 100%, por causa da combinação dos controles climáticos, conforme explicado anteriormente.

P3 não teve seus valores reduzidos com tanta intensidade como em P1, devido ao aumento da umidade do solo do segundo para o terceiro trabalho de campo, água que veio não da chuva, mas dos horizontes mais profundos do solo, ou até mesmo das vertentes, conforme foi explicado no item 4.2. O horário em que P1 teve os menores valores de umidade relativa coincide com o horário de maior aquecimento, conforme pôde ser visto na figura 43.

Figura 46: Variação média horária a cada 30' da umidade relativa (%) no período do 3º trabalho de campo (10/06 a 15/07/04) na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP).

Como a estabilidade atmosférica aumentou no período deste terceiro trabalho de campo, os valores absolutos de umidade relativa diminuíram do primeiro para o segundo e do segundo para o terceiro, mas o comportamento da variação média horária da umidade relativa manteve-se semelhante aos trabalhos de campo anteriores. Destaca-se que P6, que está numa vertente nordeste teve o horário dos menores valores ligeiramente mais cedo que P8, que está numa vertente oeste, fato que pode ser explicado pelo simples movimento diário aparente do Sol. O posto 9 teve seus valores mais distantes de 100% durante mais tempo que nos trabalhos de campo anteriores, relacionado, portanto, ao aumento da estabilidade da atmosfera, quanto à boa ventilação deste posto. De certo modo, valem as mesmas explicações dadas anteriormente para as variações da umidade relativa nos postos da bacia B.

4.5 – A variação diária da temperatura do ar e os sistemas atmosféricos

A variação da temperatura média diária na bacia B ao longo do primeiro trabalho de campo pode ser visualizada na figura 47. Numa primeira olhada rápida e geral nesta figura pode-se perceber que o posto 2 sofre uma menor influência dos sistemas atmosféricos, tanto se aquecendo menos, quando da atuação dos sistemas tropicais (Atlântico ou Continentalizado), quanto demorando mais para se resfriar que os outros postos, durante a atuação dos sistemas polares (Atlântico ou Continental). Pode-se notar também que o ritmo de mudanças na temperatura é mais lento e suave (menor amplitude) nos postos do fundo de vale (P1, P2 e P3) que nos outros que estão nas vertentes ou nos topos. É possível observar também que os postos que se resfriam primeiro são os dos topos.

Fica evidente que os maiores resfriamentos acontecem sob a atuação dos sistemas polares (SPC e SPA), como nos dias 26 e 27 de abril, e que os

Figura 47: Variação da temperatura do ar (°C) média diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 1º trabalho de campo

maiores aquecimentos acontecem dos Sistemas Tropicais Continentalizados (STC), como no dia 19 de abril. O Sistema Tropical Atlântico (STA) favorece um aquecimento considerável do ar, principalmente nas vertentes e topos, bem como o Sistema Polar Atlântico ou Continental em processo de tropicalização, pois com o céu mais limpo (sem nuvens) favorecem a recepção de uma quantidade maior de radiação solar durante o dia.

A Frente Polar Atlântica (FPA) e sua repercussão (R), que podem ser os sistemas pré e pós-frontais, tendem a homogeneizar a variação da temperatura na bacia B, pois a turbulência e a instabilidade associada a estes sistemas atmosféricos tendem a minimizar as diferenças térmicas entre os lugares. Aparentemente o posto 8 não segue muito bem estas tendências, fato que pode estar relacionado ao mau funcionamento do elemento sensor, conforme foi dito anteriormente.

A variação das máximas diárias no primeiro trabalho de campo também segue o mesmo esquema descrito nas médias diárias, conforme pode ser visto na figura 48. Vê-se que P2 é o que menos se aquece entre todos os postos, que é decorrente da umidade deste ambiente. Nota-se que P4 e P7 são os que mais se aquecem, seguidos por P9, P1, P3 e P5. O posto 8 aparentemente estava com defeito.

O sistema atmosférico que provoca as maiores máximas é o STC (Sistema Tropical Continentalizado), pois a atuação dele provoca o aquecimento pré-frontal, fato bastante conhecido no Estado de São Paulo.

Os sistemas atmosféricos estáveis (SPA, SPC, STA), por conduzirem normalmente ao bom tempo (céu limpo, sem nuvens) favorecem o aquecimento

Figura 48: Variação da temperatura do ar (°C) máxima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do primeiro trabalho de campo

durante o dia, porque a quantidade de radiação solar incidente será maior nestas situações. Nestes casos P4 e P7 se aquecem mais que os outros postos, pois P4 tem o dossel mais aberto entre todos os postos, favorecendo o aquecimento durante o dia, e P7, por estar num topo, recebe radiação solar por mais tempo em relação aos outros postos, só que é menos ventilado que P9, fator que faz com que ele se aqueça mais que este outro posto do topo (posto 9).

As menores máximas ocorreram com a atuação do SPA no dia 26 de abril, que provocou um resfriamento intenso, porque pode ter produzido um tipo de tempo encoberto. Além disso, o ar frio deste anticiclone migratório polar, com trajetória inicialmente continental não teve tempo de se aquecer muito em sua trajetória para as latitudes mais baixas, pois o avanço deste sistema foi relativamente rápido e o céu encoberto não permitiu um aquecimento rápido e eficiente desta massa de ar, provocando esse resfriamento mais intenso na bacia B.

A Frente Polar (FPA) tende a minimizar também as diferenças entre as máximas, conforme pode ser observado no dia 10 e 20 de abril. O tipo de tempo associado à atuação das frentes frias tende a minimizar, portanto, as diferenças entre as máximas temperaturas. Durante a atuação da FPA, os ventos mais fortes e freqüentes reduzem um pouco mais a temperatura máxima no posto 9, que é mais “aberto” à ação dos ventos, conforme pode ser observado nos dias 10 e 20 de abril.

Os sistemas pré e pós-frontais, agrupados como repercussão da frente polar (R), criam situações mais variáveis, pois podem ocasionar curtos períodos de insolação, intercalados com céu encoberto, associados ou não com rajadas de vento, não apresentando um padrão de comportamento das temperaturas

máximas nos postos da bacia B. Percebe-se que P2 é o que menos sofre sua influência, e P4 e P7 os que mais oscilam conforme as características do tipo de tempo associado.

Já as mínimas diárias apresentam um ritmo de variação no primeiro trabalho de campo um pouco diferente em relação às médias e às máximas diárias (figura 49).

Nota-se que após a entrada de uma frente fria o resfriamento irá se intensificando progressivamente até o domínio do sistema polar que estava na retaguarda do sistema frontal dominar o tempo, fato já bem conhecido e esperado. A partir da entrada do sistema polar, ele começa a se tropicalizar, e aí as mínimas passam a aumentar progressivamente. As mínimas mais elevadas acontecem quando está atuando o Sistema Tropical Atlântico, que, em geral, possui uma umidade absoluta maior, condicionando uma maior estabilidade térmica, evitando que as temperaturas mínimas caiam demais durante a noite.

Sob a ação do STC (Sistema Tropical Continentalizado), que geralmente vem depois da atuação do STA e anuncia uma nova aproximação de uma frente polar, as mínimas diminuem em relação ao Sistema Tropical Atlântico, pois este sistema traz um ar mais seco (umidade absoluta menor), fazendo com que a perda de calor durante a noite seja mais intensa, que sob o STA, que tem uma umidade absoluta maior. Isso pode ser ilustrado entre os dias 17 e 19 de abril.

Sob a ação da Frente Polar Atlântica as mínimas se mantêm em temperaturas ligeiramente mais elevadas, justamente pelo aumento da emissividade de ondas longas provocada pela cobertura de nuvens associada a

Figura 49: Variação da temperatura do ar (°C) mínima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 1º trabalho de campo

esse sistema, evitando que a energia recebida durante o dia não se perca tanto durante a noite, conforme pode ser observado nos dias 20 e 21 de abril.

As temperaturas mínimas diárias estão associadas à ação do SPA no dia 27 de abril, decorrente da invasão do anticiclone migratório polar muito rápida, que, justamente por isso, não sofreu um processo de aquecimento muito intenso durante o seu avanço para as latitudes mais baixas.

Pode-se notar que quando da atuação dos sistemas atmosféricos tropicais (STA e STC), o fundo de vale registra normalmente as mínimas temperaturas, justamente por causa da inversão térmica associada a eles. Evidentemente as diferenças entre o fundo de vale e os topos serão maiores quando da atuação do STC, que tem menor umidade absoluta, justamente por ser continental, enquanto que o STA, favorece estas diferenças, entretanto elas não são tão grandes devido à maior umidade absoluta deste sistema, que é proveniente do oceano. A frente polar novamente homogeneíza as diferenças térmicas entre os postos da bacia B.

No segundo trabalho de campo, a variação da temperatura média diária segue, de forma geral, o mesmo comportamento visto no primeiro trabalho de campo, conforme pode ser visualizado na figura 50. A frente polar tende a homogeneizar as diferenças entre os postos na bacia B. Os maiores resfriamentos estão associados à atuação do Sistema Polar Continental, que teve uma frequência e duração maior no período do segundo trabalho de campo que no primeiro. Não houve a atuação do STA neste período do segundo trabalho de campo.

Figura 50: Variação da temperatura do ar (°C) média diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 2º trabalho

É interessante notar que o sistema atmosférico que anteceder a frente polar será importante para a variação espacial da temperatura média diária na bacia B quando ela estiver sob a atuação da FPA. Por exemplo, nos dias 6 e 7 de maio, as temperaturas médias ficaram muito próximas umas das outras (variação térmica espacial homogeneizada) e sem uma queda muito abrupta da temperatura, pois o sistema que antecedeu a FPA, foi o Sistema Tropical Continentalizado, que inclusive dominou o tempo por quatro dias consecutivos (de 1 a 4 de maio). No dia 14 de maio, as temperaturas não caíram muito novamente, pois o sistema que antecedeu foi o STC, seguido pelo SPA. Os topos mantiveram-se com as temperaturas médias mais elevadas que os vales, talvez pelo maior armazenamento de calor dos dias anteriores nestes postos. No dia 15, a FPA continua a dominar o tempo e aí já ocorre uma maior homogeneização da temperatura na bacia B. Já no dia 19 de maio o posto 9 ficou um pouco mais frio que os outros postos. Esta frente fria foi precedida pela sua repercussão (R) e pelo STC, que provocou um forte resfriamento na bacia toda (dia 17/05). Provavelmente isto esteja associado aos ventos mais fortes que acompanharam esta FPA, o que reduziu ligeiramente a temperatura em P9. Desta forma, fica evidente que o ritmo climático dos ambientes não depende simplesmente do sistema atmosférico atuante, mas também do encadeamento, duração e seqüência dos sistemas atmosféricos.

O maior resfriamento deste período ocorreu sob a atuação do SPC, logo após a passagem da FPA (dia 27/05).

Nota-se que o posto que sofre os maiores resfriamentos é P3, que está no fundo de vale (inversão térmica) e tem o dossel mais aberto em relação a P1 e P2, o que facilita as trocas verticais na atmosfera. P2 se resfria, mas não tanto quanto P1 e P3, justamente pela umidade do ambiente que está instalado. Os

dois topos (P7 e P9) tiveram um comportamento muito próximo um do outro ao longo deste segundo trabalho de campo, com uma pequena diferença nos dias 19 e 20 de maio, conforme foi discutido anteriormente.

As temperaturas máximas no segundo trabalho de campo também seguiram de certo modo o mesmo comportamento que tiveram no primeiro campo (figura 51). O STC ocasiona as temperaturas máximas mais elevadas, mas, mesmo sob estas situações, o posto 2 não tem suas temperaturas máximas tão elevadas quanto os outros postos (dias 1 a 4 de maio). O SPC e a FPA condicionam as menores máximas diárias, fato que pode ser observado nos dias 20, 21, 27 e 28 de maio. Nota-se que sob a ação do SPC os topos tem as máximas menores que os fundos de vale, fato que pode estar relacionado à maior ventilação destes postos em relação ao fundo de vale e à maior estabilidade térmica dos fundos de vale devido à maior umidade inerente a estes locais. Isso fica bem evidente no dia 28 de maio. Além disso, P1 é o que mais se aquece nesta ocasião, fato que pode estar relacionado ao menor volume de ar interno daquele ambiente.

A figura 52 ilustra a variação das temperaturas mínimas diárias no segundo trabalho de campo e, a partir dela, confirma-se aquilo que foi dito a respeito delas no primeiro trabalho de campo. O SPC é o sistema que provocou as menores mínimas diárias. A FPA homogeneíza as diferenças térmicas entre os postos e que a atuação dela será diferente em função dos sistemas que a antecederam. A cobertura de nuvens associada à frente polar evita a perda de calor, estabilizando a temperatura, conforme pode ser observado entre 5 a 7 de maio. As mínimas mais elevadas ocorreram nestes dias, fato que pode estar relacionado à atuação do STC durante quatro dias seguidos antes da entrada da FPA. Após esta passagem frontal as mínimas diminuem progressivamente,

Figura 51: Variação da temperatura do ar (°C) máxima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 2º trabalho de campo

Figura 52: Variação da temperatura do ar (°C) mínima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 2º trabalho de campo

passando para a atuação do Sistema Polar Continental (SPC), que em seguida se desvia para o litoral e se transforma em SPA, fazendo com que as mínimas se elevem um pouco.

O posto que mais se resfria é o P3, pois está no fundo de vale e o resfriamento pela drenagem de ar frio durante a noite e a perda noturna de calor é mais intensa que nos postos 1 e 2 porque seu dossel é mais aberto. P2 não se resfria tanto justamente por causa de estar num ambiente com bastante umidade no solo e no ar.

O Sistema Polar Atlântico, por ter uma umidade absoluta um pouco maior que o SPC, não favorece um resfriamento noturno tão intenso, justamente pela maior quantidade de vapor de água. Pode também ocorrer associado a este sistema um tipo de tempo encoberto, associado à turbulência e instabilidade provocada pela serra do Mar, fato que contribui para evitar um resfriamento mais intenso. Isso pode ser verificado nos dias 22 e 24 de maio. Levanta-se a hipótese que no dia 23 de maio, onde ocorreu um resfriamento maior que nos dias 22 e 24, talvez o céu tenha ficado mais limpo (sem nuvens), favorecendo o resfriamento noturno.

Durante o terceiro trabalho de campo a variação da temperatura média diária na bacia B teve aquele mesmo comportamento já comentado anteriormente, conforme demonstra a figura 53. O maior resfriamento da média deste período foi associado à atuação do SPC, no dia 13 de junho. Entretanto, neste evento os postos do topo tiveram a média das temperaturas inferiores à do vale, significando que, embora os vales se resfriem mais à noite, durante o dia os postos das vertentes e topos não se aquecem tanto, que pode ser devido à maior ventilação destes locais e menor umidade destes ambientes. Neste

Figura 53: Variação da temperatura do ar (°C) média diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 3º trabalho de campo

período de trabalho de campo houve uma atuação bem marcante e contínua do Sistema Tropical Atlântico, fato que não ocorreu nos outros dois trabalhos. Durante o domínio deste sistema fica evidente que os postos dos topos (P7 e P9) e o posto 5 se aquecem mais que os outros, fato que pode estar relacionado à maior quantidade de radiação solar recebida, decorrente da localização na vertente (topo e vertente nordeste). O fundo de vale e a vertente oeste (P1, P2 e P8) não se aquecem tanto quanto os outros postos.

Durante a atuação do STC, que produz os maiores aquecimentos, há uma certa igualdade na temperatura dos postos, com todos relativamente aquecidos. Os que menos se aquecem são os postos 1 e 2, por causa da umidade que evita um aumento súbito e em demasia da temperatura, como também pela menor exposição aos raios solares condicionada pelas vertentes (direita e esquerda).

Com a atuação da FPA tem-se novamente aquela homogeneização da temperatura média sobre toda a bacia, como, por exemplo, nos dias 5, 6, 10 e 11 de julho.

Há também a ocorrência de um sistema polar em tropicalização (SPT) entre os dias 15 a 21 de junho. Nota-se que as temperaturas médias vão se elevando gradativamente à medida que o anticiclone se tropicaliza. Neste período o vale permanece mais frio que os topos e as vertentes. O posto 4 se aquece mais rapidamente que o posto 8, pois é mais aberto e recebe mais radiação solar direta.

As temperaturas máximas diárias no terceiro trabalho de campo também reforçam as observações feitas anteriormente. Observando a figura 54 nota-se que o SPC é o que condicionou as menores máximas diárias, durante o dia 13

Figura 54: Variação da temperatura do ar (°C) máxima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 3º trabalho de campo

de junho. A FPA tende a minimizar as diferenças entre as temperaturas máximas dos postos na bacia B.

O Sistema Tropical Continentalizado é o que provoca as maiores máximas, muito embora o STA também condicione temperaturas elevadas. Embora o SPT (Sistema Polar Tropicalizado) apresentasse temperaturas médias diárias relativamente baixas, percebe-se que as temperaturas máximas são relativamente elevadas, indicando que durante o dia ele provoca um aquecimento forte, porque garante dias de céu limpo e umidade absoluta menor em relação aos outros sistemas.

É interessante notar que P2 não se aquece tanto quanto os outros postos, mesmo quando o STC está dominando o tempo, indicando que as condições microclimáticas são fortes o suficientes para redistribuir a energia proveniente das escalas climáticas superiores, harmonizando o ritmo climático deste ambiente.

A figura 55 ilustra a variação das temperaturas mínimas diárias na bacia B no terceiro trabalho de campo, e pode-se perceber algumas diferenças em relação aos trabalhos de campo anteriores.

O que mais chama a atenção é que as mínimas mais baixas deste período ocorreram sob o domínio do Sistema Tropical Atlântico (STA) e do Sistema Polar Tropicalizado (SPT). Isso pode ser decorrente da maior estabilidade atmosférica que estes sistemas podem ter ocasionado neste período, criando condições para a ocorrência de uma inversão térmica mais forte. Além disso, neste período o Sol está mais afastado do hemisfério sul, condicionando dias mais curtos e noites mais longas, favorecendo um resfriamento noturno mais forte. Este foi o caso do

Figura 55: Variação da temperatura do ar (°C) mínima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 3º trabalho de campo

dia 17 de junho, que provavelmente deve ter sido uma noite com céu limpo. É interessante notar que nesta situação (dia 17) os postos do fundo de vale ficaram mais frios, seguidos pelos das vertentes sudoeste e oeste (P4 e P8), depois pelos da vertente nordeste (P5 e P6), e, os que menos se resfriaram foram os topos. Entre P5 e P6 a diferença de altitude entre ambos condicionou um maior resfriamento neste último em relação ao primeiro, pois o posto 6 está a 1080 metros e o posto 5 a 1110 metros. P8 e P4 têm com uma diferença de altitude semelhante a P5 e P6, sendo que o posto 8 está mais baixo, e por isso aparece mais frio. P7 está seis metros abaixo de P9, o que justifica o seu maior resfriamento.

As mínimas mais elevadas estão associadas à ação do STC (dia 8 de julho), sendo que os postos com as maiores altitudes não se resfriaram tanto sob esta situação, até por causa da drenagem noturna de ar frio, que mesmo sob estas condições deve ocorrer, mesmo que não de uma forma tão pronunciada, por causa da própria turbulência decorrente da atuação dos sistemas tropicais continentalizados.

O STA também conduz a mínimas diárias não tão baixas. Talvez nesta situação (27 de junho) o sistema pode ter recebido uma quantidade maior de vapor de água por uma maior evaporação no oceano, minimizando as perdas noturnas de calor. No caso do maior resfriamento sob atuação do STA citado anteriormente, talvez a umidade absoluta deste sistema naquela ocasião estivesse mais baixa em relação a esta situação. Também pode ter predominado neste caso ventos mais constantes oriundos do mar, aumentando a turbulência e dificultando a ocorrência de inversões térmicas.

A FPA tende a minimizar as diferenças entre as mínimas temperaturas, pelos mesmos motivos apresentados anteriormente.

4.6 – A variação diária da umidade relativa e os sistemas atmosféricos

A variação da umidade relativa média diária (figura 56) e mínima diária (figura 57) no primeiro trabalho de campo são muito semelhantes, sendo apenas diferentes nos valores, que são menores, evidentemente, nas mínimas diárias.

Os valores mais baixos estão associados à atuação de sistemas atmosféricos estáveis, que nestas ocasiões devem ter condicionado um tipo de tempo de céu limpo, favorecendo um maior aquecimento do ar. Essa redução dos valores de umidade relativa é mais intensa nos topos e no posto 4, que possui o dossel mais aberto de todos os postos.

O fundo de vale normalmente tem seus valores muito próximos da saturação, justamente pela maior umidade inerente a estes ambientes, como também pela proteção ao vento criada pelas vertentes da bacia. Sabe-se que P2 fica constantemente saturado, justamente pelas condições microclimáticas do ambiente.

Pode-se notar na figura 57 que em alguns raros momentos da umidade relativa mínima diminui em P1 e P3, sob a atuação do STA.

No segundo trabalho de campo a média diária da umidade relativa segue a mesma tendência que teve no primeiro trabalho de campo. A figura 58 ilustra a variação da umidade relativa média diária na bacia B no segundo trabalho de campo.

Fica evidente que os menores valores de umidade relativa acontecem nas vertentes e nos topos sob a ação do Sistema Tropical Continentalizado. No primeiro evento de atuação deste sistema (de 1 a 4 de maio) os topos

Figura 56: Variação da umidade relativa (%) média diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 1º trabalho de campo

Figura 57: Variação da umidade relativa (%) mínima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 1º trabalho de campo

Figura 58: Variação da umidade relativa (%) média diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 2º trabalho de campo

apresentaram os menores valores de umidade relativa, seguidos pelos postos das vertentes nordeste e depois pelos das vertentes opostas (sudoeste e oeste). O vale continua com os valores próximos da saturação (100%). No segundo evento (25 de 26 de maio) o posto 4 apresentou o menor valor no dia 25, quando os outros postos mantiveram-se próximos da saturação. No dia seguinte o posto 6 e o posto 9 foram os que se afastaram mais da saturação do ar. Estes eventos devem estar relacionados à maior insolação em P4, e à melhor ventilação em P9. A declividade mais baixa em P6 favorece recepção de uma quantidade de radiação maior durante o dia, aquecendo mais o ar, afastando o da saturação.

Nos dias 7 e 8 de maio há uma pequena redução nos valores de umidade relativa nos postos 4, 6 e 9. Neste dias atuava a FPA e sua repercussão (R). Provavelmente essa pequena redução foi devido ao aumento na velocidade do vento quando da passagem destes sistemas.

A figura 59 representa a variação da umidade relativa mínima diária na bacia B durante o segundo trabalho de campo. A variação é muito semelhante à média diária, porém os valores são mais baixos, evidentemente. Entretanto, aparecem pequenos momentos de umidade relativa mais baixa sob a atuação do SPA, STC e SPC, nos dias 12, 13 e 16 de maio. A estabilidade atmosférica destes sistemas pode favorecer períodos de radiação solar direta sobre a área, o que pode reduzir os valores de umidade relativa em função do aquecimento do ar. Essa redução ocorre nos postos 4, 6, 7 e 9, pelos mesmos motivos já expostos anteriormente.

O fundo de vale, tanto na média quando nas mínimas diárias ficam sempre muito próximos da saturação, com exceção de alguns dias de atuação do STC,

Figura 59: Variação da umidade relativa (%) mínima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 2º trabalho de campo

que provocou a redução das mínimas diárias em P1 e em P3. O posto 2 continua sempre saturado.

A variação da umidade relativa média no terceiro trabalho de campo é representada pela figura 60. Neste caso fica evidente que as reduções nos valores de umidade relativa estão associadas ao domínio do STC e STA/SPT. Este terceiro trabalho de campo é o que ocorre a maior estabilidade atmosférica, e por isso os valores foram relativamente mais baixos durante mais tempo seguido na bacia B. É justamente sobre a atuação do STA/SPT durante 8 dias consecutivos praticamente que a umidade relativa média manteve-se abaixo de 98% durante este período todo. Mesmo assim, os valores de umidade relativa continuam sendo significativamente elevados. O posto 9 é o que apresenta os menores valores de umidade relativa, talvez pela própria ventilação deste posto, uma característica bastante marcante nele. Além disso, o dossel é relativamente aberto e não há um estrato herbáceo denso, o que facilita os fluxos advectivos e convectivos neste posto.

A variação da umidade relativa mínima no terceiro trabalho de campo segue, de uma maneira geral, o mesmo ritmo que a média diária, conforme pode ser visualizado na figura 61. Os sistemas atmosféricos estáveis conduzem normalmente a uma redução nos valores da umidade relativa (sistemas polares e tropicais), enquanto a frente fria condiciona uma homogeneização da variação espacial da saturação na bacia B. Até os postos do fundo de vale, em exceção de P2, sofrem algumas reduções nos valores de umidade relativa, principalmente sobre a atuação do STC. No dia 10 de julho a FPA e sua repercussão (R) reduzem um pouco os valores, talvez pela velocidade do vento, que pode ter sido intensificada nesta ocasião.

Figura 60: Variação da umidade relativa (%) média diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 3º trabalho de campo

Figura 61: Variação da umidade relativa (%) mínima diária na bacia B do Núcleo Cunha (IF-SP) no período do 3º trabalho de campo

O posto 4 e 9 são os que apresentam os menores valores de umidade relativa neste período, pelas razões que já foram expostas.

A umidade relativa máxima diária sempre foi 100% em todos os postos e em todos os trabalhos de campo, com exceção do posto 9 que no terceiro trabalho de campo a máxima não atingiu 100% em dois dias, 11 e 22 de junho, que estavam sob a atuação do STC e STA respectivamente. Os maiores valores em P9 nestes dias foram 92,8% (11/06), e 97,8% (22/06). Mesmo assim são valores bastante elevados para a umidade do ar. O ar quase sempre saturado é fundamental para as formas de vida neste lugar, principalmente para a vegetação, e também para os processos morfogenéticos e pedológicos. A proximidade com o oceano e com a borda a serra do Mar favorecem essa situação.

4.7 – A análise episódica da variação horária da temperatura do ar e umidade relativa na bacia B do Núcleo Cunha

4.7.1 – O prenúncio e domínio da Frente Polar Atlântica (FPA)

Este episódio inicia-se às 00:00 do dia 19 de abril e se estende até às 00:00 do dia 21 de abril, compreendendo, portanto dois dias completos (19 e 20). Durante o dia 19 predominou a atuação do Sistema Tropical Continentalizado, com o típico aquecimento pré-frontal com os ventos de noroeste, sendo seguido pela entrada e domínio da Frente Polar Atlântica. Este tipo de evolução da FPA é muito comum no Estado de São Paulo (MONTEIRO, 1969, 1973).

Pela figura 62, nota-se que o resfriamento é bastante intenso durante a madrugada do dia 19, sendo que o vale é marcadamente mais frio que as

Figura 62: Exemplo de variação horária da temperatura do ar (°C) na bacia B do núcleo Cunha (IF-SP) sob o prenúncio e domínio da Frente Polar Atlântica (caso dos dias 19 e 20 de abril de 2004)

vertentes ou os topos. A partir das 02:30 da madrugada é concomitante entre P1, P2, P3, P4 e P5, e que a partir deste horário o ar frio vai sendo drenado para as áreas mais baixas (P1, P2 e P3), enquanto que P4 e P5 vão sofrendo um fraco e lento aquecimento até as 06:00. O posto 8 (1080 metros), que está mais baixo que P4 e P5 (1120 e 1110 metros respectivamente) sofre um resfriamento mais intenso que estes dois últimos postos. Os topos ficam normalmente com as temperaturas mais elevadas durante a madrugada do dia 19.

Chama a atenção a diferença de temperatura entre P4 e P5, pois como o primeiro está mais alto (10 metros), com a inversão térmica era de se esperar que ele tivesse uma temperatura maior. Entretanto, ele está numa vertente sudoeste, fato que faz com que receba menor quantidade de radiação durante o dia por causa da orientação da vertente, e tem o dossel mais aberto, o que facilita a perda noturna de calor. Além disso, a turbulência associada à maior velocidade do vento noroeste (STC) perturba a drenagem de ar frio e a formação de uma inversão térmica melhor estruturada.

Ao nascer do Sol, percebe-se que os topos se aquecem primeiro, sendo seguidos pelas vertentes nordeste e depois sudoeste. O fundo de vale começa a se aquecer cerca de uma hora depois dos topos. O sombreamento condicionado pelo relevo é importante durante o momento do nascer do Sol, pois o aquecimento se dá primeiro nas áreas que recebem primeiro os raios solares. O posto 2 não se aquece tanto quanto os outros, pois a umidade deste lugar regula termicamente este ambiente, minimizando a amplitude térmica.

Deve-se tomar os valores de temperatura de P8 com cuidado, pois neste período (primeiro trabalho de campo) ele deveria estar começando a apresentar problemas, portanto ele não foi considerado nesta análise.

Nota-se que o posto que mais se aquece é P7, por não ser tão ventilado como P9, e por estar num topo, que favorece uma melhor recepção de radiação ao longo do dia. P4 e P3 se aquecem bastante também, entretanto esse aquecimento ocorre ligeiramente antes de P7, o que pode estar relacionado à posição do Sol, mais próximo ao zênite. O dossel mais aberto nestes dois postos deve ter favorecido o aquecimento neste horário. Em P7, por outro lado, este aquecimento pode estar relacionado à brisa anabática, oriunda do ar aquecido do vale, que subiu as vertentes em direção ao topo, aliando-se ao próprio aquecimento do ambiente dos topos. P9 não se aquece tanto quanto P7, pois a maior ventilação favorece a dissipação e troca do ar interno da mata. O ar continua bastante aquecido em praticamente toda a bacia (com cerca de 24°C) até às 17 horas, sendo que a partir deste horário começa um resfriamento lento e gradativo no fundo de vale e nas vertentes, enquanto que os topos resfriam-se mais lentamente. Estima-se pela figura 62 que a entrada da frente polar deva ter ocorrido em torno das 23:00 do dia 19 de abril, quando as diferenças térmicas entre os postos começam a diminuir. Percebe-se que o resfriamento durante a madrugada não é tão intenso quanto sob a ação do STC, justamente pela cobertura de nuvens associada à FPA, que reemite uma parte do calor da superfície de volta para ela. É possível observar também que não ocorre a inversão térmica nesta situação e, inclusive, o posto 9 é um dos que sofre um maior resfriamento noturno, justamente por estar num ambiente mais ventilado.

Durante o dia o aquecimento também é bastante homogêneo em toda a bacia, sendo que ele é um pouco mais intenso no fundo de vale e no posto 4, que talvez por ter o dossel mais aberto possa se aquecer um pouco mais com a pouca quantidade de radiação que chega à superfície. A proteção do vento condicionada

pelos vertentes da bacia B faz com que o fundo de vale não tenha o calor absorvido durante o dia dissipado pelos ventos associados à frente.

Durante o início e até o meio da noite as diferenças entre as temperaturas ficam menores, pois durante o dia a energia recebida do Sol foi praticamente a mesma em todos os postos e à noite a cobertura de nuvens não deixa o calor se dissipar com tanta facilidade.

A figura 63 ilustra melhor a variação quantitativa da temperatura em alguns postos durante a atuação da FPA no dia 20 de abril. A mínima absoluta ocorreu no posto 9 (topo) às 07:00 da manhã, com $16,3^{\circ}\text{C}$, enquanto que neste mesmo horário P1 e P2 registravam $17,0^{\circ}\text{C}$, indicando que não houve inversão térmica nesta ocasião, dada a perturbação da atmosfera induzida pela FPA. Percebe-se que o gradiente térmico vertical é de apenas $0,7^{\circ}\text{C}$, ou seja, um gradiente de $0,60^{\circ}\text{C}$ para cada 100 metros.

O horário de maior aquecimento foi 12:30, sendo que P1 foi o posto que mais se aqueceu, atingindo $18,6^{\circ}\text{C}$, e, neste mesmo horário, P9 foi o lugar que menos se aqueceu, com $17,6^{\circ}\text{C}$, indicando um gradiente de apenas $1,0^{\circ}\text{C}$, em 116 metros de amplitude altimétrica entre estes dois postos, ou seja, um gradiente térmico vertical de $0,86^{\circ}\text{C}$ para cada 100 metros.

Comparando-se P1 e P2, percebe-se a importância da umidade do ambiente na suavização do comportamento da temperatura do ar, pois P2 resfriava-se e se aquece mais lentamente que P1, além de os valores mais baixos do posto 2 não caírem na mesma razão do posto 1. Para o aquecimento valem as mesmas observações.

Entre P4 e P5 percebe-se que o comportamento é bastante parecido durante a madrugada, sendo que no início dela P5 tem uma temperatura ligeiramente maior, talvez pelas próprias características da vegetação (dossel mais fechado e alto). Ao nascer do sol, como P4 tem um dossel mais aberto, a pouca quantidade de energia solar incidente (por causa da nebulosidade) faz com que P4 se aqueça um pouco mais que P5. À tarde os valores voltam a diminuir, mas o posto 4 continua com a temperatura ligeiramente maior que o posto 5. No início da noite eles ficam com os valores muito próximos uns dos outros.

Figura 63: Gráfico comparativo entre as temperaturas do ar no fundo de vale (P1 e P2), no topo (P9), numa vertente nordeste (P5) e sudoeste (P4) sob o domínio da FPA (dia 20 de abril de 2004)

Durante o início da noite do dia 20 de abril percebe-se que há um ritmo muito uniforme entre estes postos, sendo que as diferenças estão relacionadas a um pequeno gradiente térmico ($0,51^{\circ}\text{C}\cdot 100\text{m}^{-1}$).

A variação da umidade relativa neste episódio tem um ritmo bastante simples, conforme pode ser visto na figura 64.

Os valores de umidade relativa caíram abaixo de 100% apenas durante o período de maior insolação do dia 19, que estava sob a atuação do STC. Neste intervalo de tempo, o vale manteve-se sempre com os valores próximos da saturação (95 a 100%), enquanto que os postos das vertentes e topos os valores caíram significativamente. Os postos que mais se aqueceram ou são mais ventilados foram os que tiveram os menores valores de umidade relativa (P4, P7 e P9), e essa queda está associada ao horário de maior aquecimento, fato já bastante conhecido da climatologia e meteorologia, pois o ar quente comportará maior quantidade de vapor de água, o que reduzirá os valores de umidade relativa.

A atuação da FPA durante o dia 20 de abril manteve os valores de umidade relativa sempre em 100%, em todos os postos.

4.7.2 – O domínio do Sistema Polar Atlântico (SPA)

Este episódio é marcado pela atuação do Sistema Polar Atlântico (SPA), desde o início até o final do período (das 14:00 horas do dia 25 de abril às 23:30 do dia 27 de abril), sendo que este sistema foi se aquecendo lenta e gradativamente pelo processo de tropicalização que ele sofreu ao atingir latitudes mais baixas, conforme pode ser visualizado na figura 65.

Nota-se que a variação da temperatura entre os postos da bacia B não é tão marcante, ou seja, a variação horária da temperatura é muito semelhante em toda sua área. Essa homogeneização está relacionada, provavelmente, à cobertura de nuvens estratiformes que acompanha este sistema ao interagir com a serra do Mar. Os ventos

Figura 64: Exemplo de variação horária da umidade relativa (%) na bacia B do núcleo Cunha (IF-SP) sob o prenúncio e domínio da Frente Polar Atlântica (caso dos dias 19 a 21 de abril de 2004)

Figura 65: Exemplo de variação horária da temperatura do ar (°C) na bacia B do núcleo Cunha (IF-SP) sob o domínio do Sistema Polar Atlântico (caso dos dias 26 e 27 de abril de 2004)

de sul e sudeste oriundos do SPA, ao interagirem com a serra, instabilizam a parcela de ar e produzem com frequência nuvens *fractostratus*, que são indicadoras de instabilidade na atmosfera. Normalmente, no Núcleo Cunha, estas nuvens ocorrem associadas às *stratocumulus*. Essa cobertura de nuvens evita uma perda significativa de calor durante a noite, fato que justifica o “fraco” resfriamento noturno, bem como a minimização das diferenças térmicas entre os postos. É também consequência desta cobertura de nuvens o aquecimento relativamente homogêneo entre os postos durante o período diurno.

Evidentemente, dependendo das características do anticiclone migratório polar, o SPA pode também ocasionar tipos de tempo diferentes, inclusive com céu limpo.

Percebe-se que o resfriamento durante a madrugada do dia 26 é ligeiramente mais forte nas vertentes e nos topos que no fundo de vale, com exceção do posto 3, que se resfriou um pouco mais que P1 e P2, pela umidade do ambiente destes dois postos serem maior que em P3.

P4 se resfriou um pouco mais tardiamente que P3, P5, P7 e P9, provavelmente porque tem o dossel mais aberto que estes outros postos, podendo receber melhor a reemissão de ondas longas provenientes da cobertura de nuvens. O dossel um pouco mais fechado nos outros postos dificulta o aquecimento destes ambientes microclimáticos pelas ondas longas emitidas pelas nuvens baixas.

O aquecimento inicia-se mais tardiamente sob o domínio do SPA do que sobre o STC, como pôde ser visto no episódio anterior.

Os topos (P7 e P9) se aquecem menos que os outros postos porque os topos tendem a ser mais ventilados, dissipando melhor o calor. O posto 5 também se aquece menos que o fundo de vale e que o posto 4, porque tem o dossel mais fechado em relação a este último.

O resfriamento no dia 27 foi mais intenso que no dia anterior, porque durante o dia 26 estava-se nas bordas do anticiclone migratório polar, e no dia 27 houve um aumento de pressão devido à aproximação do centro do anticiclone, aumentando a estabilidade atmosférica. A quantidade e espessura das nuvens deve ter diminuído significativamente durante o dia 27, fato que provocou este resfriamento mais intenso à noite, bem como o maior aquecimento durante o período diurno.

O resfriamento foi mais intenso nos postos 3 e 5, e ocorreram em torno das 06:00 da manhã do dia 27. O posto 3 se resfriou mais que P1 e P2 pois estes ambientes são mais úmidos que de P3, conservando melhor o calor. Já P5 se resfriou mais que P4 justamente pela proteção condicionada pela vegetação, que de certa forma bloqueou a emissividade de ondas longas da cobertura de nuvens. Desta forma, P4, que é mais aberto, pôde receber uma quantidade de energia maior que P5, evitando o resfriamento mais intenso. Além disso, há que se considerar a possibilidade de ocorrência de uma fraca inversão térmica, o que pode também contribuir para uma menor temperatura em P5 que em P4, pois o primeiro está 10 metros abaixo do segundo.

O aquecimento do dia 27 começa em torno das 08:30, mais cedo que no dia anterior, talvez porque tenham ocorrido breves momentos de radiação solar direta e também pela menor quantidade e espessura das nuvens, que permitiu que uma maior quantidade de radiação solar difusa fosse recebida. Justamente por isso P4 foi o posto que mais se aqueceu. O dossel mais aberto permitiu que a radiação solar incidisse mais intensamente sobre este lugar (P4), podendo aquecê-lo um pouco mais em relação aos outros postos. Inclusive, o horário de maior aquecimento foi quando o sol estava próximo ao zênite.

Em torno das 13:30 ocorreu uma ligeira queda na temperatura, fato que pode estar relacionado à entrada da brisa marítima. Depois, às 15:00 horas, ocorreu um rápido aquecimento que pode estar relacionado com um breve período de céu limpo. Não se considerou P8 nesta discussão, pois a cada nova análise percebe-se que ele não estava funcionando corretamente durante o primeiro trabalho de campo.

A umidade relativa na bacia B manteve-se constantemente em 100% em todos os postos e durante todo esse episódio, fato que justifica a ausência de uma figura para ilustrar a variação (ou constância) desse elemento climático. O céu encoberto provocado pelo SPA aliado às temperaturas relativamente baixas manteve a umidade relativa sempre no valor máximo.

4.7.3 – O domínio do Sistema Polar Continental (SPC)

Durante os dias 16 e 17 de maio dominou o tempo na área de estudo o Sistema Polar Continental (SPC), conforme ilustrado na figura 66.

Por uma olhada rápida nesta figura, percebe-se que durante o dia 16 o resfriamento não foi tão intenso quanto no dia seguinte, e o mesmo comentário pode ser feito com relação ao aquecimento.

No primeiro dia deste episódio o maior resfriamento ocorreu à 08:00 horas da manhã, sendo que o processo de resfriamento durante a noite foi mais lento se comparado ao dia seguinte (17). Como no dia 16 o anticiclone estava entrando na área, a pressão era mais baixa e a estabilidade atmosférica não era tão marcante, podendo ter ocorrido durante esta madrugada uma cobertura de nuvens estratiformes associadas ao SPC. Essa cobertura de nuvens evitou a

Figura 66: Exemplo de variação horária da temperatura do ar (°C) na bacia B do núcleo Cunha (IF-SP) sob o domínio do Sistema Polar Continental (caso dos dias 16 e 17 de maio de 2004)

perda noturna mais rápida de calor, bem como impossibilitou a ocorrência de inversão térmica, tanto é que o posto 3 (fundo de vale) teve temperaturas semelhantes aos topos (P7 e P9). Pode-se perceber que a ocorrência de nuvens baixas é fundamental na definição dos ritmos térmicos do ambientes microclimáticos.

O aquecimento diurno inicia-se em torno das 09:00 da manhã, atingindo os maiores valores em torno das 13:30. O aquecimento foi relativamente rápido o que pode indicar que o céu estava limpo. Pode-se deduzir que o anticiclone migratório polar avançava rapidamente sobre a área de estudo.

Sob o céu limpo, a quantidade de radiação solar incidente é significativamente maior que sob os dias nublados. Assim, os ambientes microclimáticos do fundo de vale se aqueceram na mesma intensidade que os dos topos. P1, inclusive, que está no fundo de vale se aqueceu com maior intensidade que todos os outros postos. Como a umidade absoluta dos sistemas polares continentais é mais baixa que de alguns outros sistemas (SPA, STA, FPA), o pequeno volume de ar do posto 1 faz com que ele se aqueça mais que os postos 2 e 3. Inclusive, P2 demora mais para se aquecer e para se resfriar devido à umidade daquele ambiente.

P5, que está numa vertente nordeste, não se aqueceu tanto quanto os outros postos talvez por causa da declividade deste posto, que faz com que a irradiância (w.m^{-2}) seja menor nele que nos outros postos, que estão em lugares planos, ou quase planos. Além disso, o volume de ar interno deste ambiente também deve contribuir para retardar o aquecimento deste lugar. O dossel é mais fechado que de P3, embora a altura das copas das árvores sejam maiores em

P5 que em P3 (volume de ar interno dos ambientes), fato que justifica que as temperaturas em P5 sejam um pouco mais baixas que em P3.

Os topos se aquecem mais que P5 porque começam a receber radiação solar antes, permitindo que atinjam máximas absolutas um pouco maiores. As pequenas diferenças entre P7 e P9 é decorrente da maior ventilação em P9, que dissipa melhor o calor.

É importante frisar que o aquecimento diurno não foi forte como sob a ação de outros sistemas atmosféricos, sendo que a máxima deste dia no posto 1 oscilou entre 15 e 16°C.

O resfriamento no início da noite do dia 16 não foi rápido, talvez porque deve ter entrado uma cobertura de nuvens, atrasando-o, e, inclusive, promoveu um ligeiro aquecimento em torno das 20:00 horas. A partir das 22:00 horas o céu deve ter se limpado e a perda noturna de ondas longas teve início, com um resfriamento relativamente rápido e intenso. As mínimas ocorreram às 07:00 horas da manhã do dia 17, sendo que neste caso houve a ocorrência da inversão térmica.

Percebe-se que o resfriamento foi mais lento e de menor magnitude no posto 2, justamente porque a umidade deste ambiente garante uma maior estabilidade térmica a ele. As mínimas mais baixas ocorreram em P3, que está nas nascentes do córrego da bacia B, pois a perda de radiação noturna é mais intensa que em P1 devido ao dossel ser mais aberto, facilitando as trocas verticais na atmosfera. P5 sofreu um resfriamento devido ao acúmulo de ar frio de baixo para cima, explicando uma diferença de cerca de 30 minutos para atingir

temperaturas similares àquela de P3. O posto 7 se resfria um pouco mais que P9 porque está seis metros abaixo dele.

No dia 17 o aquecimento diurno é mais rápido que no dia anterior, justamente pela estabilidade atmosférica promovida pela proximidade do centro do anticiclone sobre a área.

Fica evidente nesta situação que os postos dos topos recebem radiação primeiro que os outros, pois o aquecimento se dá primeiro neles. Em seguida começa o aquecimento do posto 5, e depois o dos postos do vale, sendo que P2 demora mais tempo devido à umidade ambiente.

O horário de maior aquecimento na maioria dos postos foi às 12:30. P2 e P9 não se aqueceram tanto, pelos mesmos motivos já expostos anteriormente. P1 foi o posto que se manteve aquecido por mais tempo, seguido por P3. A combinação da maior umidade de P1 que em P3, seguido pelo menor volume de ar interno no primeiro que no segundo deve ter favorecido esta situação. P5 se resfriou mais rapidamente que P7 e que os postos do vale, porque durante a tarde ele recebe menor quantidade de radiação devido à sua localização na vertente. A partir do meio da tarde (16:00) inicia-se um processo de resfriamento lento, que está associado à entrada da brisa marítima, que neste caso deve ter trazido consigo uma cobertura de nuvens baixas, que evitou a dissipação mais rápida do calor ganho durante o dia. É sob situação de calmaria, típica de áreas centrais de anticiclones, que a brisa marítima atua com maior evidência, pois a circulação secundária não perturba a formação da circulação terciária.

O aquecimento neste dia também alcançou máximas absolutas entre 15 e 16 graus, ou seja, temperaturas relativamente baixas.

A variação da umidade relativa neste episódio pode ser visualizada na figura 67. Ela apresenta um ritmo de variação bastante simples e constante, sendo que os valores caem um pouco apenas nos horários de maior aquecimento e nos postos mais abertos (dossel) e ventilados. As temperaturas relativamente baixas deste episódio, mesmo nos períodos de maior aquecimento, garantem que a umidade relativa esteja sempre próxima da saturação (100%). Nota-se que a proteção microclimática exercida pela vegetação é muito importante para manter os valores de umidade relativa elevados, vide posto 4.

4.7.4 – O domínio do Sistema Polar Tropicalizado (SPT) e do Sistema Tropical Atlântico (STA)

Este episódio demonstra a atuação do Sistema Polar Tropicalizado, que foi identificado pela existência de um cavado frontal separando este sistema do Sistema Tropical Atlântico, durante o dia 16 de junho. Essa convergência frontal se desfez às 21:00 horas do dia 16, sendo que a partir daí o SPT fundiu-se com o STA, que passou a dominar o tempo. A variação da temperatura deste episódio na bacia B pode ser vista na figura 68.

O ritmo geral de variação da temperatura é muito semelhante em ambos os sistemas, só que no STA a temperatura se eleva um pouco mais.

É possível observar que durante a madrugada do dia 16, sob a ação do SPT, houve a formação da inversão térmica bem definida. O posto 1, o que está na mais baixa altitude, registrou a mínima temperatura, seguido por P2, P8, P6, P5, P4, P7 e P9. É importante lembrar que P8 nesta situação já estava funcionando corretamente. Nota-se que o vale se resfria primeiro, e de baixo para cima. Neste caso é importante considerar também que a umidade no posto

Figura 67: Exemplo de variação horária da umidade relativa (%) na bacia B do núcleo Cunha (IF-SP) sob o domínio do Sistema Polar Continental (caso dos dias 16 e 17 de maio de 2004)

Figura 68: Exemplo de variação horária da temperatura do ar (°C) na bacia B do núcleo Cunha (IF-SP) sob o domínio do Sistema Polar Tropicalizado e do Sistema Tropical Atlântico (caso dos dias 16 e 17 de junho de 2004)

2 retarda o resfriamento dele. Em seguida o acúmulo de ar frio atinge primeiro P8 (1080 metros), pois está numa vertente oeste e recebe e acumula menos energia que P6 (1080 metros), que está numa vertente nordeste. O posto 5 (1110 metros) é o próximo a ser atingido pelo bolsão de ar frio, sendo seguido pelo P4, que está a 1120 metros. P7 se resfria um pouco mais que P9 devido à diferença de seis metros de altitude entre ambos.

O bolsão de ar frio persiste até às 08:30 da manhã nas áreas mais baixas. É possível perceber que o aquecimento inicia-se primeiro nos topos, depois em P5 e em seguida P6, pois o primeiro está mais alto que o segundo. O aquecimento de P4 inicia-se concomitantemente ao de P6, muito embora ele (P4) esteja numa vertente sudoeste a maior altitude e a proximidade com o topo da vertente garantem que ele receba radiação solar praticamente no mesmo horário que P6 (vertente NE). A umidade do ambiente de P2 retarda o aquecimento deste lugar.

As máximas diárias são atingidas às 14:00 horas, sendo que P7 é o posto que atinge a maior máxima diária. P4 e P8, que estão em vertentes menos ensolaradas, se aquecem mais que P5, fato que está relacionado ao ambiente microclimático destes postos, pois P4 tem o dossel mais aberto, e P8 tem um volume interno de ar pequeno em relação a P5. Entre P6 e P8, fica evidente o papel da orientação das vertentes, pois o volume de ar interno e o grau de obstrução à radiação de ambos os ambientes são relativamente similares.

O resfriamento inicia-se em torno das 17:00, próximo ao pôr do sol. É interessante notar que o fundo de vale (P1 e P2) começa a se resfriar um pouco antes, pois sofre com o efeito de sombreamento causado pelas vertentes.

Durante a noite o resfriamento se inicia novamente pelo vale, sendo que o ar frio vai sendo drenado das partes mais altas para as mais baixas, dando início à formação do “bolsão” de ar frio. Nesta noite e madrugada o resfriamento ocorre do mesmo jeito como fora descrito para o dia anterior, entretanto, os valores absolutos das mínimas são menores. Foi na madrugada do dia 17 de julho que se registrou a menor mínima de todo o período de medidas dos trabalhos de campo desta pesquisa. O posto 1 registrou 2,8°C. Às 06:00 da manhã houve um pequeno aumento na temperatura no posto 7 e 9, fato que pode estar associado a alguma rajada de vento que desestruturou um pouco a inversão térmica nas partes menos protegidas pelo relevo (topos). Em seguida a temperatura diminuiu novamente, até às 07:30.

O aquecimento também segue o mesmo padrão observado no dia anterior, só que as máximas absolutas são um pouco maiores e alguns postos se aqueceram mais. P4 e P6 foram os postos que se mantiveram aquecidos por mais tempo. O dossel mais aberto de P4 garante que uma quantidade maior de radiação solar atinja a superfície e aqueça o ambiente. P6, que está numa vertente nordeste, e tem uma declividade relativamente baixa, pode receber uma quantidade de radiação mais uniforme durante o dia e aquecer o ambiente interno da mata com maior eficiência. Soma-se a isso o volume interno de ar deste ambiente, que é relativamente pequeno, e fácil de ser aquecido, embora tenha o dossel mais fechado (94%). O posto 5, que está numa vertente nordeste também se aqueceu menos que P6, fato relacionado ao maior volume interno de ar da mata, que suaviza o aquecimento diurno.

O posto 7 se aquece mais tardiamente que P6, fato que pode estar relacionado à melhor dissipação do calor neste posto pela sua posição topográfica (topo), entretanto, como o estrato herbáceo é mais denso neste posto que em P9, que está no outro topo, essa dissipação de calor é mais eficiente no posto 9 que no 7.

P1 também se aquece tanto quanto P4 e P6, devido ao menor volume de ar interno da mata. P2, por sua vez, tem sua amplitude térmica menor que P1, pois a umidade ambiente harmoniza (suaviza) o ritmo de oscilação térmica.

O resfriamento no início da noite segue o mesmo padrão observado para o dia 16.

Pela análise da figura 69 pode-se observar melhor as variações quantitativas da temperatura entre o topo (P9) e o fundo de vale (P1 e P2), e entre uma vertente nordeste (P5) e sudoeste (P4).

Percebe-se às 06:00 horas da manhã ocorre o maior gradiente térmico vertical. Enquanto o topo registrou 11,7°C, o fundo de vale (P1) registrou 3,0°C, o que resulta numa diferença de 8,7°C entre o topo e o fundo de vale. Isso resulta num gradiente térmico vertical de 7,5°C para cada 100 metros. Às 07:30 da manhã, quando se registrou a mínima absoluta no fundo de vale (P1) (2,8°C), o topo registrou 10,7°C, resultando num gradiente térmico vertical de 6,8°C para cada 100 metros.

Figura 69: Gráfico comparativo entre a temperatura do ar no fundo de vale (P1 e P2), no topo (P9), numa vertente nordeste (P5) e sudoeste (P4) sob o domínio do STA (dia 17 de junho de 2004)

Entre a vertente sudoeste (P4) e nordeste (P5) nota-se que as duas seguem um mesmo ritmo de resfriamento, até que às 03:30 P5 aquece-se subitamente, enquanto que P4 continua a se resfriar. Isso pode estar relacionado às condições da mata onde está o posto 5, que pode ter favorecido a ocorrência de “precipitação oculta” ou precipitação de orvalho. A emissividade dessa parcela de umidade pode ter condicionado esse aquecimento.

Com o nascer do Sol percebe-se que P9 aquecesse primeiro, seguido por P5, entretanto, P4 ultrapassa P5 e P9 ao meio-dia, quando o Sol está próximo ao zênite, porque recebe maior quantidade de radiação que os outros postos devido ao dossel mais aberto. P1 aquece-se mais lentamente que P4, mas atinge uma máxima maior que ele. Isso pode estar relacionado à posição topográfica do posto 4, que favorece uma maior ventilação do ambiente.

P1 e P2 tem suas curvas de resfriamento paralelas durante a madrugada, entretanto, durante o dia o posto 1 aquece-se mais rapidamente que o posto 2. A umidade e o volume de ar interno de cada ambiente são os controles climáticos fundamentais para produzir estas diferenças. Às 14:30 ocorre a maior diferença de temperatura entre estes dois postos, com 6,5°C.

Durante o final da tarde começa o resfriamento e é possível notar que P5 resfria-se mais lentamente que P4, pois o dossel mais fechado e alto do posto 5 garante uma maior estabilidade térmica àquele ambiente.

A variação da umidade relativa na bacia B durante a atuação do SPT e STA (o caso do dia 16 e 17 de junho) está representada pela figura 70.

Nota-se que os menores valores de umidade relativa estão associados ao horário de maior aquecimento. Os postos das vertentes e topos têm os seus valores mais reduzidos em relação aos do fundo de vale.

Durante a maior parte do tempo, a umidade relativa fica sempre próximo da saturação (entre 95 a 100%). Sob a atuação do SPT os valores caíram menos, mesmo porque o aquecimento foi menor neste dia, ficando bem localizados nos horários de ocorrência das maiores temperaturas.

Durante o dia 17, sob atuação do STA, a umidade manteve-se relativamente baixa no posto 9 a partir das 05:00 horas da manhã, sendo que isso está relacionado à ventilação deste posto. Nos outros postos, como foi dito anteriormente, a diminuição nos valores está associada ao aquecimento diurno destes postos. Percebe-se que a orientação das vertentes controla, de certo modo, os valores de umidade relativa, pois P6 teve valores menores que P8. Por

Figura 70: Exemplo de variação horária da umidade relativa (%) na bacia B do núcleo Cunha (IF-SP) sob o domínio do Sistema Polar Tropicalizado e do Sistema Tropical Atlântico (caso dos dias 16 e 17 de junho de 2004)

outro lado, a vegetação cria ambientes onde a variação da umidade relativa pode ser mais harmônica (estável), ou mais brusca, sendo um controle mais importante que a própria orientação das vertentes. Em exemplo disso é P5 e P4, sendo que o primeiro representa um ambiente mais harmônico e que está numa vertente nordeste, e o segundo um ambiente que tem variações mais bruscas, e que está numa vertente sudoeste.

5. Conclusões e considerações finais

*Este mundo é inconcluso:
Além, há continuação.
Invisível como a música,
Evidente como o som.
(Emily Dickinson)*

5. Conclusões e considerações finais

A síntese dos resultados desta dissertação de mestrado é apresentada sob a forma de um mapa de unidades climáticas (figura 71), que espacializa as interações entre atributos e controles climáticos, que são essencialmente dinâmicos.

O caminho de abstração entre as escalas regional, local, topo e micro é composto por uma série de oposição e contrários, e por mudanças, composições ou divergências de ritmos. Pressupõe ainda alterações nas relações de quantidade e qualidade dos atributos climáticos com mudanças no ritmo pelos controles associados ao espaço. Na realidade, a integral entre estas duas dimensões dá origem a “unidades climáticas dinâmicas ou rítmicas”, o que possibilita entender melhor a “estrutura temporal” do espaço por meio da compreensão de suas superposições, convergências e divergências de ritmos.

Analisar e compreender as unidades climáticas como “estruturas rítmicas” é um desafio muito difícil, mas necessário, pois este, aparentemente, é o melhor caminho para entender como o clima compõe o ritmo da totalidade real, incluindo aí todas as transformações e metamorfoses do espaço, determinadas pelos diferentes ritmos históricos da sociedade.

Acredita-se, pelos resultados apresentados, que se chegou muito próximo da realidade neste estudo. O método utilizado aqui, calcado no ritmo, é que permitiu aproximar-se da compreensão do real, enquanto uma totalidade complexa. Evidentemente não se buscou aqui desvendar o “todo”, mas percebeu-se que o ritmo é, talvez, o melhor caminho de se compreender a realidade. A ritmanálise (TARIFA, 2002) pode, por meio da compreensão de todos os ritmos,

Figura 71 - Mapa das unidades climáticas da bacia B do Núcleo Cunha (IF) - SP

OBS: A LEGENDA DAS UNIDADES CLIMÁTICAS ESTÁ NA PRÓXIMA PÁGINA.

Fonte: Carta topográfica Fazenda São Lourenço - 1:10.000 (SF-23-Y-D-III-4-NE-B) - IGC, 1977.
Org: Gustavo Armani, agosto de 2004.
Edição: Rosana D.Aranha & Sérgio Bernardes.

Legenda do mapa de unidades climáticas da bacia B do Núcleo Cunha (IF - SP)

Unidades climáticas			Controles climáticos						Atributos climáticos*									
Topoclimas	Topo/microclimas	Microclimas	Altitudes (m)	Declividades (°)	Orientação das vertentes	Vegetação	Morfografia	Sky Diagram (%)	Temperatura do ar (°C)					Umidade relativa do ar (%)				
									Mín. abs.	Méd. mín. diárias	Média	Méd. máx. diárias	Máx. abs.	Mín. abs.	Méd. mín. diárias	Média	Méd. máx. diárias	Máx. abs.
1	a	-	1025 - 1050	0 a 45	Norte / Oeste	Média pouco densa com emergentes e baixa	Vertentes côncavas e convexas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	I	1050 - 1070	0 a 45	Nordeste / Sudoeste	Média pouco densa com emergentes	Soleira e vertentes retilíneas	93	2,8	14,2 / 9,8 / 7,8	17,0 / 13,5 / 12,2	20,7 / 18,2 / 19,7	25,6	59,3	99,6 / 99,3 / 78,4	99,3 / 99,4 / 99,3	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0
		II	1060 - 1080	0 a 20	Plano	Média pouco densa com emergentes	Ruptura côncava	93	3,6	14,5 / 10,4 / 8,2	16,8 / 13,6 / 11,7	19,4 / 17,0 / 15,9	21,8	100,0	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0
		III	1080 - 1095	3 a 12	Plano	Alta pouco densa com emergentes	Ruptura côncava e vertente concava (anfiteatro)	86	3,2	14,2 / 9,4 / -	17,1 / 13,3 / -	20,4 / 17,5 / -	25,2	75,2	99,5 / 98,5 / 85,1	99,5 / 99,5 / 99,5	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0
2	a	-	1060 - 1130	7 a 90	Oeste	Alta e média pouco densa com emergentes	Vertentes côncavas e retilíneas	92	3,9	14,9 / - / 8,2	17,7 / - / 12,8	21,4 / - / 19,0	26,3	61,1	96,1 / 94,6 / 76,3	98,1 / 97,9 / 97,8	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0
	b	-	1080 - 1130	7 a 90	Sudoeste	Alta e média pouco densa com emergentes	Vertentes retilíneas e rupturas côncavas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	c	-	1080 - 1125	7 a 90	Oeste / Sudoeste / Sul	Alta e média pouco densa com emergentes	Ruptura côncava (anfiteratro)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	d	-	1090 - 1115	7 a 90	Oeste / Sudoeste	Alta pouco densa com emergentes	Vertentes retilíneas e rupturas côncavas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	a	-	1050 - 1115	3 a 90	Norte / Nordeste / Noroeste	Alta e média pouco densa com emergentes	Vertente convexas e retilíneas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	-	1065 - 1130	3 a 90	Nordeste / Leste / Norte	Alta e média pouco densa com emergentes	Interflúvio secundário e vertentes retilíneas	94	5	- / - / 9,1	- / - / 13,4	- / - / 18,8	23,3	61	96,5 / 92,4 / 85,6	98,0 / 97,6 / 97,5	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0
	c	-	1095 - 1130	12 a 90	Nordeste	Alta e média pouco densa com emergentes	Vertentes retilíneas e convexas	89	5,3	14,8 / 10,3 / 9,5	17,3 / 13,7 / 13,5	20,5 / 17,5 / 18,0	24,7	68,9	97,1 / 95,4 / 74,6	97,6 / 97,5 / 97,3	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0
4	a	I	1140 - 1166	0 a 3	Plano / Todas as orientações	Alta e média pouco densa com emergentes	Topo e ruptura convexa	87	6,6	15,1 / 11,3 / 11,6	17,2 / 13,9 / 14,5	20,4 / 17,1 / 18,2	24,3	52,5	93,4 / 91,0 / 69,1	94,4 / 93,6 / 93,3	100,0 / 100,0 / 99,7	100,0
		II	1140 - 1142	0 a 3	Plano	Alta pouco densa com emergentes	Topo e ruptura convexa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		III	1120 - 1144	0 a 7	Plano	Alta e média pouco densa com emergentes	Topo e ruptura convexa	84	5	14,7 / - / 9,4	17,3 / - / 13,4	21,5 / - / 19,1	25,1	52,5	93,4 / 89,9 / 76,8	97,2 / 96,8 / 96,6	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0
		IV	1140 - 1163	0 a 45	Plano / Todas as orientações	Alta e média pouco densa com emergentes	Topo e ruptura convexa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		V	1140 - 1169	0 a 45	Plano / Todas as orientações	Alta e média pouco densa com emergentes	Topo e ruptura convexa	92	6,2	14,9 / 10,9 / 10,2	17,3 / 14,0 / 13,9	21,2 / 17,8 / 18,9	26,1	61,4	92,1 / 92,7 / 72,9	97,5 / 96,9 / 96,8	100,0 / 100,0 / 100,0	100,0
	b	I	1115 - 1135	3 a 20	Plano / Sudeste / Noroeste	Alta pouco densa com emergentes	Colo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		II	1115 - 1135	0 a 45	Plano / Sul / Norte	Alta pouco densa com emergentes	Colo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		III	1115 - 1135	0 a 45	Plano / Nordeste / Oeste	Alta pouco densa com emergentes	Colo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Nos valores de umidade e temperaturas médias (mín., méd., máx.) estão indicados as médias dos três trabalhos de campo em ordem crescente separados por uma barra (/). Quando o posto não funcionou ou foi invalidado em um trabalho de campo utilizou-se o símbolo "-" nos locais indicados.

Org.: Gustavo Armani, agosto de 2004.

propiciar uma teoria e um método capaz de desvendar um pouco melhor a lógica dos processos biogeofísicos e a lógica dos processos sócio-econômicos. Integra, dentro de uma perspectiva histórico-genética fenômenos que pela sua natureza intrínseca (físicos, biológicos, humanos ou sociais, urbanização e industrialização) têm sido tratados de forma isolada.

Fica evidente por esta pesquisa que o método é adequado ao que se propôs, entretanto, existe uma série de melhorias nos procedimentos metodológicos que deveriam ser pensadas para futuras pesquisas. O primeiro ponto dessa discussão procedimental, que é chave na compreensão dos ritmos dos climas, é tentar formas de se medir e observar os controles climáticos, que são, essencialmente, dinâmicos. Por exemplo, a água (no solo, no ar e nas formas de vida), que revelou fundamental importância no ritmo dos ambientes micro e topoclimáticos, tem uma variação espacial e temporal que precisa ser melhor conhecida para que se possa entender o(s) ritmo(s) da temperatura ou da umidade relativa. O ritmo da temperatura é resultado da interação de vários ritmos, de várias escalas espaciais e temporais, sendo que neste caso a presença-ausência da água desempenhou um papel fundamental.

Ficou também muito claro que nesta escala de detalhe é fundamental um bom mapeamento, tanto do modelado quanto dos solos. Talvez uma carta morfopedológica possa suprir esta lacuna.

O mapeamento da vegetação também deveria ser mais detalhado, numa escala adequada aos objetivos, pois como foi visto nos resultados, a vegetação desempenha um papel tão, ou mais importante, que a orientação e declividade das vertentes. Se existir um levantamento aerofotogramétrico atual, e numa

escala pelo menos 1:10.000, pode-se ter um detalhamento dos microclimas da bacia B de forma muito mais precisa.

Um levantamento topográfico de detalhe, com a produção de perfis topográficos precisos também pode contribuir na compreensão dos micro e topoclimas.

O acompanhamento das temperaturas do oceano seria fundamental para este trabalho. Se os dados de temperatura do oceano Atlântico estiverem disponíveis, esta análise poderá complementar estes resultados.

Um estudo das características topográficas da serra do Mar, na escala 1:50.000 complementaria muito a análise apresentada nesta dissertação, pois permitiria uma melhor compreensão da interação dos fluxos da baixa troposfera com a superfície terrestre.

As características da vegetação (altura e abertura do dossel, estratos inferior, médio e superior de densidades variáveis, etc.) mostraram-se extremamente importantes para a redistribuição da energia solar (insumos climáticos de ordem hierárquica superior) no nível microclimático. A temperatura e umidade relativa do ar são bastante influenciadas pelas características da vegetação. O ritmo de variação das temperaturas nos ambientes microclimáticos pode seguir o comportamento geral do ritmo imposto pelos sistemas atmosféricos, mas a vegetação cria condições específicas que pode alterar significativamente o ritmo no ambiente microclimático.

É interessante perceber que a vegetação cria ambientes que podem não se aquecer tanto durante o dia ou se resfriar durante a noite devido ao bloqueio

que ela propicia às trocas verticais de radiação. Por outro lado, onde a vegetação é mais aberta o balanço de radiação é muito mais intenso e rápido. Entretanto, sob dias nublados, os ambientes mais protegidos pela vegetação se resfriam mais que aqueles abertos, justamente porque recebem a emissão de ondas longas da cobertura de nuvens com mais facilidade.

As orientações e declividades das vertentes têm uma importância significativa nas características dos topoclimas. As vertentes norte/nordeste se aqueceram em geral mais que aquelas voltadas para sul/sudoeste, assim como aquelas que têm menor declividade. Evidentemente a vegetação redistribui essa energia, podendo criar ambientes mais frios em vertentes nordeste que nas vertentes sudoeste, como foi visto nos resultados.

É importante ter em mente que os controles climáticos atuam combinadamente e que em alguns tipos de tempo a influência de um ou outro controle pode ser preponderante.

A diversidade de ritmos da temperatura e da umidade relativa encontrada na bacia B do Núcleo Cunha, e que deve se repetir nestas áreas com relevos, solos e vegetação similares, pode ser um fator muito relevante para biodiversidade da mata atlântica.

Sobre os sistemas atmosféricos, fica evidente que os maiores aquecimentos ocorrem quando domina o tempo o Sistema Tropical Continentalizado, seguido pelo Sistema Tropical Atlântico. O valor do aquecimento tende a ser muito homogêneo em toda a bacia, mas o tempo de aquecimento e resfriamento varia para cada ambiente. Os resfriamentos mais intensos ocorrem quando o Sistema Polar Continental domina o tempo. Nestas ocasiões a

ocorrência de inversão térmica durante a madrugada é bastante intensa, fazendo com que o fundo de vale seja a área mais fria, enquanto que os topos resfriavam-se menos. A maior diferença entre as temperaturas do topo e do fundo nos períodos de trabalho de campo de vale atingiu 8,7°C

A frente polar impõe um ritmo de homogeneização das diferenças microclimáticas, mas elas acontecem, só que com uma magnitude menor.

Durante o dia e sob a atuação dos sistemas estáveis as diferenças microclimáticas têm maior relevância, reduzindo a influência das escalas superiores. À noite, sob os mesmos sistemas estáveis, as escalas climáticas superiores tendem progressivamente a minimizar as diferenças das escalas inferiores, ou seja, a escala local tende a impor suas características sobre os topoclimas, e estes, por sua vez, tendem a diminuir as características microclimáticas.

Pelo exposto fica claro que os objetivos foram atingidos e que as hipóteses iniciais do trabalho estavam coerentes com a orientação metodológica. Evidentemente este trabalho levanta novas perguntas e mostra novos caminhos a serem desvendados.

6. *Bibliografia*

- ARCOVA, F. C. S. (1996) *Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na serra do Mar, SP*. Piracicaba, 1 v. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, Universidade de São Paulo.
- ARMANI, G. (2003) Variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha – SP. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA, 1., São Paulo, 2003, p. 288 - 300.
- AZEVEDO, T. R. (2001) *Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas*. São Paulo, 1v. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- AZEVEDO, T. R.; FUNARI, F. (2001) Desempenho de registradores digitais de temperatura e umidade do ar em abrigo meteorológico padronizado: estudo comparativo preliminar visando uso em trabalhos de campo. *GEOUSP*, n. 10, p. 147-164.
- AZEVEDO, T. R.; TARIFA, J. R. (2001) Miniabrigo meteorológico aspirado do Laboratório de Climatologia e Biogeografia e seu uso no estudo geográfico do clima. *GEOUSP*, n.10, p. 165-174.
- CARVALHO, J. L.; CICCIO, V.; FUJIEDA, M. (1992) Algumas propriedades físicas dos solos da bacia experimental “D” no Núcleo Cunha - SP. 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas, São Paulo, 1992, **ANAIS**, p. 753-759.
- CASTRO FILHO, B. M.; BRANDINI, F. & PIRES-VANIN, A. M. S. (2003) Costa Norte e Sul concentram potencial pesqueiro. *Scientific American Brasil*, v.1, n.12, p.32-41.

- CICCO, V.; EMMERICH, W.; FARIA, A. J.; FUJIEDA, M. (1985a) Projeto de pesquisas hidrológicas em floresta natural na Reserva Estadual de Cunha: determinação do balanço hídrico. In: Seminário Sobre Atualidades e Perspectivas Florestais. A Influência das Florestas no Manejo de Bacias Hidrográficas, 11, Curitiba, 1984. **ANAIS**. Curitiba, EMBRAPA/PFPN, p. 153-142.
- CICCO, V.; FARIA, A. J.; ARCOVA, F. C. S.; SHIMOMISHI, P. Y. (1985b) Determinação do balanço hídrico com emprego de bacia experimental em mata natural secundária. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e Simpósio Internacional de Recursos Hídricos em Regiões Metropolitanas, 6., São Paulo, 1986. **ANAIS**. São Paulo, Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos, p. 234-246.
- CICCO, V.; EMMERICH, W.; FUJIEDA, M. (1987) Determinação da curva-chave do vertedouro da bacia hidrográfica experimental "D" no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha, SP. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*. São Paulo, v.41, n.2, p. 79-96.
- CICCO, V.; ARCOVA, F. C. S.; SHIMOMICHI, P. Y. (1989) Estimativa da evapotranspiração em bacia hidrográfica com floresta natural secundária de mata atlântica, São Paulo. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v.1, n.2, p. 43-54.
- CICCO, V.; ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F.; CARVALHO, J. L.; FUGIEDA, M. (1995) Relações entre a precipitação e os escoamentos total, direto e de base em uma bacia hidrográfica experimental, na região da serra do Mar, Cunha - SP. *Revista do Instituto Florestal*. São Paulo, v.7, n.1, p. 57-64.

- COOKE, R. U. & DOORNKAMP, J. C. (1990) *Geomorphology in environmental management: a new introduction*. 2.ed. Oxford, Clarendon Press, 410p.
- DE BIASE, M. & CUNHA, K. B. (1983) Cartas de energia de relevo: sua confecção e utilização. *Boletim Goiano de Geografia*, v.3, n.1, p.195-200.
- DE BIASE, M. (1992) A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. *Revista do Departamento de Geografia*, n.6, p.45-60.
- DE BIASE, M.; SIMIELLI, M. E. R.; LUCCHESI, E. S. & OMAKI, N. E. (1977) *Cartas de orientação de vertentes: confecção e utilização*. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 12p. (Cartografia, 4).
- DIAS, C. de A. (2000) *Estudo sobre anomalias hídricas apresentadas em duas microbacias hidrográficas monitoradas no Parque Estadual da serra do Mar, Núcleo Cunha - SP*. São Paulo, 1v. Monografia (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- EMMERICH, W.; CICCIO, V.; FARIA, A. J.; FUGIEDA, M. (1982) Projeto de pesquisas hidrológicas em floresta natural da Reserva Estadual de Cunha. In: Congresso Nacional de Essências Nativas, Campos do Jordão - SP, 1982. **ANAIS**. Silvicultura em São Paulo, São Paulo, 1738-1744. Pt.3 (Edição Especial).
- FRIEDRICH, K.; MÖLDERS, N.(2000) On the influence of surface heterogeneity on latent heat fluxes and stratus properties. *Atmospheric Research*, v. 54, p. 59-85.

- FURIAN, S. (1987) *Estudo geomorfológico do escoamento superficial pluvial em parcelas experimentais no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha - SP: um esboço metodológico*. São Paulo, 1v. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- FURIAN, S. M.; PFEIFER, R. M. (1986) Levantamento de reconhecimento do meio físico do Núcleo Cunha, SP. *Boletim Técnico do Instituto Florestal*, v.40, n.2, p.183-193.
- GEIGER, R. (1990) *Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo*. 2.ed. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 556 p.
- GUTJAHR, M. R. (1993) *Critérios relacionados à compartimentação climática de bacias hidrográficas: a bacia do Rio Ribeira de Iguape*. São Paulo, 1v. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- JARDIM, C. (1998) *Aspectos topoclimáticos urbanos na bacia do rio Aricanduva na cidade de São Paulo*. São Paulo, 1v. Monografia (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- JARDIM, C. (2001) Os microclimas e o uso do solo no vale do rio Aricanduva. In: TARIFA, J. R. & AZEVEDO, T. R. (orgs.) *Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática*. São Paulo, GEOUSP (Coleção Novos Caminhos, 4), p.188-199.

- KIDRON, G. J.(2000) Analysis of dew precipitations in three habitats within a small arid drainage basis, Negev Highlands, Israel. *Atmospheric Research*, v. 55, p. 257-270.
- MONTEIRO, C. A. de F. (1969) *A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil*. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 69p. (Série Teses e Monografias, 1).
- MONTEIRO, C. A. de F. (1971) *Análise rítmica em climatologia: problemas de atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho*. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 20p. (Climatologia, 1).
- MONTEIRO, C. A. de F. (1973) *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas*. São Paulo, Instituto de Geografia USP, 129p.
- MONTEIRO, C. A. de F. (1976) *Teoria e Clima Urbano*. São Paulo, 1v. Tese (Livre-docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- MONTEIRO, C. A. de F. (1980) Environmental problems in São Paulo Metropolitan Area: the role of urban climate with special focus on flooding. In: *UGI Comission on Environmental Problemas: problems in urbanized regions*, p. 17-38.
- MONTEIRO, C. A. de F.; TARIFA, J. R. (1977) *Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem do campo subsidiária ao planejamento urbano*. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 51 p. (Climatologia, 7).

- SETTE, D. M. (2000) *O holorritmo e as interações trópico-extratópico na gênese do clima e as paisagens do Mato Grosso*. São Paulo, 1v. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- SORRE, M. (1951) Le climat et l'homme. In: _____. *Les fondements de la géographie humaine*. Paris, Armand Colin, v.1, p.13-43.
- SHITARA, H.; HOSOKAWA, K.; ISHIKAWA, I.; KIKUCHI, R.; MAKITA, H.; SASAKI, Y. (1973) On the micro-scale distribution of the nocturnal cooling in a small basin. *Science Reports of the Tohoku University*, v. 23, p. 163-185,
- STEYN, D. G. (1980) The calculation of view factors from fisheye lens photographs. *Atmosphere-Ocean*, n.18, v.3, p.254-258.
- STRAHLER, A. N. (1984) *Geografia física*. 7.ed. Barcelona, Ediciones Omega S.A., 767 p.
- TARIFA, J. R. (1973) *Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo Oeste paulista*. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 71p. (Série Teses e Monografias, 8).
- TARIFA, J. R. (1975) *Fluxos polares e as chuvas de primavera-verão no Estado de São Paulo: uma análise quantitativa no processo genético*. São Paulo, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 93p. (Série Teses e Monografias, 19).

- TARIFA, J. R. (1976) Sobre um programa de 'climatologia experimental' na Região Metropolitana de São Paulo. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 52, Associação dos Geógrafos Brasileiros, São Paulo.
- TARIFA, J. R. (1981) *Análise topo e microclimática e o trabalho de campo: o caso de São José dos Campos*. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 25 p. (Climatologia, 11).
- TARIFA, J. R. (2001) O ritmo e a prática do estudo dos climas de São Paulo (1970-2000). In: TARIFA, J. R. & AZEVEDO, T. R. (orgs.) *Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática*. São Paulo, GEOUSP (Coleção Novos Caminhos, 4), p.11-33.
- TARIFA, J. R. (2002) *Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itains: um ensaio de ritmanálise*. São Paulo, 2v. Tese (Livre-docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- TARIFA, J. R.; ARMANI, G. (2000) Unidades climáticas urbanas da cidade de São Paulo (primeira aproximação). In: *Atlas Ambiental do Município de São Paulo*. São Paulo, Prefeitura do Município de São Paulo - SEMPLA/SVMA, 1v. CD-ROM.
- TARIFA, J. R.; ARMANI, G. (2001) Os climas urbanos. In: TARIFA, J. R. & AZEVEDO, T. R. (orgs.) *Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática*. São Paulo, GEOUSP (Coleção Novos Caminhos, 4), p.47-70.