ROSÂNGELA DE OLIVEIRA COLABONE

NEVOEIRO E DINÂMICA ATMOSFÉRICA: UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO SOBRE OCORRÊNCIAS DE NEVOEIRO NO AERÓDROMO DA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA – PIRASSUNUNGA/SP

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Assoc. Francisco Vecchia

São Carlos
2011

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

C683n

Colabone, Rosângela de Oliveira
Nevoeiro e dinâmica atmosférica : uma contribuição ao estudo sobre ocorrências de nevoeiro no aeródromo na Academia da Força Aérea – Pirassununga-SP / Rosângela de Oliveira Colabone ; orientador Francisco Artur Vecchia.–- São Carlos, 2011.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Engenharia Ambiental) –- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

1. Atmosfera. 2. Nevoeiro. 3. Análise rítmica. 4. Tipos de tempo. 5. Aeródromo da Academia da Força Aérea. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Licenciada **ROSÂNGELA DE OLIVEIRA COLABONE**

Título da tese: **Nevoeiro e dinâmica atmosférica – uma contribuição ao estudo sobre ocorrências de nevoeiro no aeródromo da Academia da Força Aérea – Pirassununga - SP.**

Data da defesa: 24/10/2011:

Comissão Julgadora:	**Resultado:**
Prof. Associado **Francisco Arthur da Silva Vecchia (Orientador)** (Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)	Aprovado
Prof. Dr. **Ricardo Augusto Felício** (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP)	APROVADA
Prof. Dr. **Tarik Rezende de Azevedo** (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP)	APROVADO
Prof. Dr. **Antonio Carlos Tavares** (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP/campus de Rio Claro)	Aprovada
Prof. Dr. **Laércio Aparecido Lucas** (Academia da Força Aérea/AFA)	APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:
Prof. Dr. **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo Cesar Lima Segantine**

Para aqueles que
me abriram portas
me ajudaram a encontrar caminhos
e permaneceram ao meu lado.

Dedico

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Francisco Vecchia, meu orientador, que me auxiliou a abrir portas e me acompanhou nesta jornada;

- Ao Prof. Dr. João Afonso Zavattini, do Departamento de Geografia da UNESP de Rio Claro, que me apontou caminhos;

- Ao Prof. Dr. Laércio Aparecido Lucas, da Área de Matemática da Academia da Força Aérea, pelo auxílio valioso no tratamento estatístico dos dados;

- Ao Aldo, querido, presença serena em horas difíceis até em momentos de ausência minha;

- À minha família pelo carinho;

- Ao amigo Ferrarinho pela ajuda incondicional em todos os momentos;

- Aos amigos e colegas da AFA, Sonia, Roseli, Natale, Cristiano, Paulo Magno, Carlos Bispo, Salomão, pela valiosa ajuda;

- Ao Instituto de Controle do Espaço Aéreo – ICEA de São José dos Campos, pela concessão dos dados climatológicos utilizados nesta pesquisa;

- À Academia da Força Aérea, pelos afastamentos concedidos para elaboração deste trabalho;

- Ao Cap. QOE Met Dilcinei Barbosa, Chefe da Subseção de Meteorologia da Academia da Força Aérea, pela presteza da ajuda nas dúvidas sobre meteorologia;

- Aos funcionários da Secretaria do CRHEA, pela atenção e carinho que me dispensaram sempre;

- A todos os que me incentivaram e torceram por mim e que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

NEVOEIRO E DINÂMICA ATMOSFÉRICA: UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO SOBRE OCORRÊNCIAS DE NEVOEIRO NO AERÓDROMO DA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA-PIRASSUNUNGA/SP

RESUMO: O objetivo desta pesquisa é o estudo da dinâmica climática e dos tipos de tempo responsáveis pela gênese de nevoeiro no aeródromo da Academia da Força Aérea - AFA, localizado na região de Pirassununga/SP, nas coordenadas 21º59'07" S, 47º20'06" O e altitude 600 m. Foi aplicada a metodologia de análise rítmica proposta por Monteiro (1971), ao período de maior ocorrência do fenômeno – abril, maio, junho e julho -, durante três anos-padrão (habitual, excepcional de alta ocorrência e excepcional de baixa ocorrência). Na primeira parte deste trabalho foi realizada a estatística descritiva das ocorrências de nevoeiro e a caracterização de sua distribuição temporal durante de 20 anos (1989 a 2008). A escolha dos anos-padrão foi realizada por técnicas estatísticas aplicadas ao período de maior ocorrência do fenômeno. A segunda parte do trabalho consistiu na aplicação da análise rítmica aos anos escolhidos como padrão para o aeródromo - 2003 (habitual), 2008 (excepcional de alta ocorrência) e 2005 (excepcional de baixa ocorrência). Como resultado, constatou-se que os tipos de tempo geradores de nevoeiro ocorreram, preferencialmente, sob o domínio da Massa Polar Atlântica. Sequências de tipos de tempo desencadeadas após a passagem da Frente Polar Atlântica ou do domínio da Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade contribuíram, também, para a gênese de nevoeiro no local.

Palavras-chave: nevoeiro, análise rítmica, tipos de tempo, aeródromo da Academia da Força Aérea.

FOG AND ATMOSPHERIC DYNAMICS: A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF FOG OCCURRENCES AT THE AIR FORCE ACADEMY AIRFIELD - PIRASSUNUNGA-SP

ABSTRACT: The objective of this research is the study of climate dynamics of the weather types, responsible for the fog genesis at the Air Force Academy airfield- AFA-located in the region of Pirassununga at coordinates 21º59'07" S, 47º20'06" W and the altitude of 600m . The rhythmic analysis methodology proposed by Monteiro(1971) was applied to the period of the highest occurrence of the phenomenon – April, May, June, July - during three standard years (usual, exceptionally high occurrence and exceptionally low occurrence). Descriptive statistics of the fog occurrences were held in the first part of this paper as well as the characterization of its temporal distribution over 20 years (1989 to 2008). The choice of standard years was made by statistical techniques applied to the period of highest occurrence of the phenomenon. The second part of this paper was based on the rhythmic analysis over the years chosen as the standard for the airfield – 2003 (usual), 2008 (exceptionally high occurrence) and 2005 (exceptionally low occurrence). As a result it was found that types of fog generator weather occurred preferably under the influence of the Atlantic Polar Air Mass. Sequences of different types of weather triggered after the passage of the Atlantic Polar Air Front or the dominance of the Atlantic Polar Air Mass with squall lines also contributed to the genesis of fog occurrences at the local.

Keywords: fog; rhythmic analysis; types of weather; Air Force Academy airfield

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotos ilustrativas da redução de visibilidade por ocorrência de nevoeiro no aeródromo da Academia da Força Aérea - Pirassununga/SP 2

Figura 2 - Padrões sinóticos associados à eventos de nevoeiro de radiação forte em Albany, New York, 1970-79, exemplificando as situações 1, 2, 3, 4 e 5 12

Figura 3 - Vista aérea parcial das instalações da AFA 15

Figura 4 - Aeronave T-25 "Universal" 16

Figura 5 - Aeronave T-27 "Tucano" 16

Figura 6 - Localização da bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu 18

Figura 7 - Compartimentos administrativos da bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu 19

Figura 8 - Mapa com biomas da região de Pirassununga 21

Figura 9 - Vista de fragmento de Mata Ciliar do rio Mogi Guaçu 21

Figura 10 – Representação gráfica de perfis de vegetação que compõe o cerrado 22

Figura 11 - Classificação climática do Estado de São Paulo sugerida por Monteiro (1973) 24

Figura 12 - Frequência relativa e frequência absoluta (números acima das colunas) de ocorrência de nevoeiro no aeródromo da AFA no período 1989-2008 41

Figura 13 - Total anual de horas de nevoeiros para o aeródromo da AFA no período 1989 a 2008 42

Figura 14 - Frequência relativa (%) e frequência absoluta (números acima das colunas) de totais mensais de horas com nevoeiro no aeródromo da AFA no período 1989-2008 42

Figura 15 - Totais de horas anuais de nevoeiros para os meses abril, maio, junho e julho para o aeródromo da AFA 43

Figura 16 - Dendrograma das ocorrências de nevoeiro no período AMJJ para o aeródromo da AFA (1989-2008) 49

Figura 17 - Reta de regressão linear para as variáveis Nevoeiro-Anual e Nevoeiro-AMJJ 52

Figura 18 - Curva da Regressão Polinomial de grau 4 para a variável nevoeiro 52

Figura 19 – Gráfico de dispersão de ocorrências anuais de nevoeiro 54

Figura 20 – Gráfico de dispersão de ocorrências de nevoeiro no período AMJJ 54

Figura 21 - Direção média mensal predominante do vento (em %) para a AFA-Pirassununga/SP nos 18 anos 56

Figura 22 - Velocidade média mensal dos ventos na região da AFA-Pirassununga/SP durante os 18 anos analisados 57

Figura 23 - Gráfico de análise rítmica para o aeródromo da AFA – Pirassununga/SP do ano 2003 (habitual) 59

Figura 24 – Termoisopleta do mês de abril de 2003 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA 62

Figura 25 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de abril de 2003 no aeródromo da AFA 63

Figura 26 – Termoisopleta do mês de maio de 2003 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA 67

Figura 27 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de maio de 2003 no aeródromo da AFA 67

Figura 28 – Termoisopleta do mês de junho de 2003 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA 70

Figura 29 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de junho de 2003 no aeródromo da AFA 71

Figura 30 – Termoisopleta do mês de julho de 2003 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA 75

Figura 31 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de julho de 2003 no aeródromo da AFA 75

Figura 32 - Gráfico de análise rítmica para o aeródromo da AFA – Pirassununga/SP do ano 2008 (excepcional de alta ocorrência) 78

Figura 33 - Termoisopleta do mês de abril de 2008 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA 81

Figura 34 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de abril de 2008 no aeródromo da AFA 82

Figura 35 - Termoisopleta do mês de maio de 2008 para os dados de temperatura diária do ar do aeródromo da AFA 84

Figura 36 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de maio de 2008 no aeródromo da AFA 85

Figura 37 - Termoisopleta do mês de junho de 2008 para os dados de temperatura do ar no aeródromo da AFA 88

Figura 38 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de junho de 2008 no aeródromo da AFA 89

Figura 39 - Termoisopleta do mês de julho de 2008 para os dados de temperatura do ar para o aeródromo da AFA 92

Figura 40 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de julho de 2008 no aeródromo da AFA 92

Figura 41 - Gráfico de análise rítmica para o aeródromo da AFA – Pirassununga/SP do ano 2005 (excepcional de baixa ocorrência) 95

Figura 42 - Termoisopleta do mês de abril de 2005 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA 98

Figura 43 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de abril de 2005 no aeródromo da AFA 99

Figura 44 - Termoisopleta do mês de maio de 2005 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA 101

Figura 45 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de maio de 2005 no aeródromo da AFA 102

Figura 46 – Termoisopleta do mês de junho de 2005 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA 104

Figura 47 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de junho de 2005 no aeródromo da AFA 105

Figura 48 – Termoisopleta do mês de julho de 2005 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA..... 106

Figura 49 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de julho de 2005 no aeródromo da AFA 107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais formas de relevo da região de Pirassununga 20

Tabela 2 - Intervalos de classe obtidos por meio da técnica de Desvio Quartílico e escala cromática associada 44

Tabela 3 - Intervalos de classe obtidos por meio da técnica de Sturges e a escala cromática associada 46

Tabela 4 - Variabilidade da ocorrência de nevoeiro para o período AMJJ para o aeródromo da AFA 48

Tabela 5 - Medidas estatísticas de Nevoeiro 1989-2008 50

Tabela 6 - Frequência de direção do vento durante os meses do ano pelo período de 18 anos analisados, AFA/Pirassununga-SP 56

Tabela 7 - Sequência dos sistemas atmosféricos atuantes no período de abril a julho de 2003 no aeródromo da AFA 60

Tabela 8 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos no período de abril a julho de 2003 no aeródromo da AFA 61

Tabela 9 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos nos episódios de nevoeiro ocorridos no período de abril a julho de 2003 no aeródromo da AFA 61

Tabela 10 - Sequência dos sistemas atmosféricos atuantes no período de abril a julho de 2008 no aeródromo da AFA 79

Tabela 11 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos no período de abril a julho de 2008 no aeródromo da AFA 80

Tabela 12 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos nos episódios de nevoeiro ocorridos entre abril e julho de 2008 no aeródromo da AFA ... 80

Tabela 13 - Sequência dos sistemas atmosféricos atuantes no período de abril a julho de 2005 no aeródromo da AFA 96

Tabela 14 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos no período de abril a julho de 2005 no aeródromo da AFA 97

Tabela 15 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos nos episódios de nevoeiro ocorridos entre abril e julho de 2005 no aeródromo da AFA ... 97

Tabela 16 – Síntese mensal das participações dos sistemas atmosféricos no período de maior ocorrência de nevoeiro para os anos de 2003 (habitual), 2008 (excepcional de alta ocorrência) e 2005 (excepcional de baixa ocorrência)..... 109

Tabela 17 – Síntese mensal das participações dos sistemas atmosféricos nos episódios de nevoeiro no período de maior ocorrência para os anos de 2003 (habitual), 2008 (excepcional de alta ocorrência) e 2005 (excepcional de baixa ocorrência) 110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pesos percentuais de ocorrência de nevoeiro em relação ao total do período 1989-2008 44

Quadro 2 - Frequência absoluta da ocorrência de nevoeiro para o período de 20 anos, de acordo com os intervalos de classe sugeridos pela técnica de Desvio Quartílico, associados à escala cromática 45

Quadro 3 - Planilha cromática com a ocorrência mensal de nevoeiro para o período 1989-2008, de acordo com os intervalos de classes sugeridos pela técnica de Desvio Quartílico 45

Quadro 4 - Frequência absoluta com os dias de ocorrência de nevoeiro, de acordo com os intervalos de classes sugeridos pela regra de Sturges, combinados com cores 46

Quadro 5 - Planilha cromática com a ocorrência mensal de nevoeiro para o período 1989-2008, de acordo com os intervalos de classe s sugeridos pela fórmula de Sturges 47

SUMÁRIO

RESUMO VI

LISTA DE FIGURAS VIII

LISTA DE TABELAS XI

LISTA DE QUADROS XII

1 - INTRODUÇÃO 1

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4

2.1 - Definição de nevoeiro e aspectos de sua formação 4

2.2 - Classificação de nevoeiros 6

2.2.1 - Nevoeiros de massa de ar 7

2.2.2 - Nevoeiros frontais 10

2.3 - Pesquisas sobre nevoeiro 11

2.3.1 - Pesquisas no Brasil 13

3 - A ÁREA DE ESTUDO 15

3.1 - Generalidades 15

3.2 - Localização da área de estudo 17

3.3 - Geomorfologia..... 19

3.4 - Vegetação 20

3.5 - Clima 22

4 - MATERIAL E MÉTODO 25

4.1 - Referencial teórico 25

4.2 - Material 29

4.3 - Técnicas utilizadas 32

4.3.1 - Estatística descritiva das ocorrências de nevoeiro 32

4.3.2 - Distribuição temporal das ocorrências de nevoeiro 32

4.3.3 - Escolha dos anos-padrão 34

4.3.4 - Análise estatística comparativa 35

4.3.5 - Elaboração dos gráficos de análise rítmica 36

4.3.6 - Caracterização do vento no aeródromo da AFA 38

4.3.7 - Análise episódica 39

4.3.8 - Representação diária da temperatura e umidade relativa do ar 40

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 41

5.1 - Climatologia de nevoeiro para o aeródromo da AFA 41

5.2 - Análise da distribuição temporal das ocorrências de nevoeiro 43

5.3 - Escolha dos anos-padrão 48

5.4 - Estatística comparativa 50

5.4.1 - Regressões e modelos ajustados aos dados de nevoeiro 51

5.4.2 - Análise de correlação 53

5.5 - Caracterização do vento no aeródromo da AFA 54

5.6 - Análise rítmica para o aeródromo da AFA dos anos 2003 (habitual) 2008 (excepcional de alta incidência) e 2005 (excepcional de baixa incidência) 58

5.6.1 - Ano 2003 (habitual) 58

5.6.1.1 - Abril de 2003 62

5.6.1.2 - Maio de 2003 66

5.6.1.3 - Junho de 2003 70

5.6.1.4 - Julho de 2003 74

5.6.2 - Ano 2008 (excepcional de alta ocorrência) 77

5.6.2.1 - Abril de 2008 80

5.6.2.2 - Maio de 2008 84

5.6.2.3 - Junho de 2008 87

5.6.2.4 - Julho de 2008 91

5.6.3 - Ano 2005 (excepcional de baixa ocorrência) 94

5.6.3.1 - Abril de 2005 97

5.6.3.2 - Maio de 2005 101

5.6.3.3 - Junho de 2005 104

5.6.3.4 - Julho de 2005 106

5.7 - Síntese dos sistemas atmosféricos 108

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS 111

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 114

ANEXO 1 120

ANEXO 2 121

ANEXO 3 122

1- INTRODUÇÃO

O nevoeiro é um fenômeno meteorológico que afeta diretamente as atividades do setor aéreo, marítimo e rodoviário. A sua incidência nas estradas dificulta o fluxo de veículos e também concorre para acidentes nas rodovias de tráfico intenso. No setor portuário impossibilita a entrada de navios no canal de acesso ao porto, aumentando custos e contribuindo para o atraso no serviço do setor. Em aeroportos motiva adiamento de pousos e decolagens e, até mesmo, cancelamentos de voos, causando transtornos aos usuários e perdas financeiras para as companhias aéreas e, embora afete diversas atividades humanas, existem poucos estudos sobre sua ocorrência.

Na região de Pirassununga/SP a incidência do fenômeno provoca estado de alerta nos usuários da malha viária e causa transtornos nas atividades aéreas desenvolvidas pela Academia da Força Aérea ali localizada.

Brino (1973), ao estudar as características climáticas da Bacia do Rio Corumbataí e adjacências, já atestava a ocorrência de nevoeiros na região de Pirassununga e a consequente necessidade de se realizarem estudos detalhados sobre sua gênese e real significado para o balanço hídrico da área. Como a ocorrência de nevoeiros é constante em determinadas épocas do ano, especialmente no outono/inverno, ele pode ser considerado um elemento do tempo, caracterizando desta maneira a realidade climática do lugar.

A realidade climática de um dado lugar é definida pela interação de duas componentes: a vertical e a horizontal, sendo, na primeira, consideradas as leis gerais da atmosfera e na segunda, a inclusão de uma complexa rede de influências introduzidas pelos fatores geográficos na individualização da atmosfera em massas de ar e na circulação delas (MONTEIRO, 1964a).

De acordo com Monteiro (1971), conhecer a sucessão habitual dos sistemas atmosféricos sob determinada região e entender suas repercussões em cada elemento climático constituem fatores fundamentais para verificação de seu impacto sobre o espaço geográfico. Assim, com base na gênese e na dinâmica, podem-se desvendar diversas relações de causa e efeito no conjunto formado pela atmosfera e a superfície.

O conhecimento detalhado da dinâmica climática e das interações que mantém com os demais elementos do ambiente é uma contingência necessária para toda e qualquer atividade humana. A estreita relação existente entre os aspectos climáticos e todos os setores de atividades humanas atesta a importância da busca do conhecimento das condições climáticas para o gerenciamento dessas atividades.

A partir dessas constatações e tendo em vista a falta de pesquisas mais detalhadas sobre o fenômeno climático pretendeu-se aqui desenvolver um estudo sobre a gênese do nevoeiro na região de Pirassununga/SP, especificamente no aeródromo da Academia da Força Aérea (AFA), localizado nas coordenadas 21º59’07” S, 47º20’06” O e altitude 600 m. Esse espaço com intensa atividade aérea decorrente das instruções de voo para os pilotos militares da Força Aérea Brasileira (FAB) tem o planejamento de voo bastante prejudicado em decorrência da incidência de nevoeiro (Figura 1).

Figura 1 – Fotos ilustrativas da redução de visibilidade por ocorrência de nevoeiro no aeródromo da Academia da Força Aérea - Pirassununga/SP. (*Foto:* Colabone, R. O., 2010).

Deste modo, o objetivo deste estudo foi determinar a dinâmica atmosférica da região de Pirassununga, procurando identificar, por meio do ritmo dos sistemas atmosféricos, a gênese do nevoeiro no aeródromo da Academia da Força Aérea.

A distribuição temporal de nevoeiro será analisada para detectar os padrões de ocorrência a partir de sua gênese e dinâmica. Para isso aplicou-se a metodologia de análise rítmica proposta por Monteiro (1971), para episódios de nevoeiro ocorridos em três "anos-padrão" – habitual, excepcional de alta ocorrência e excepcional de baixa ocorrência -, identificando os tipos de tempo em que o fenômeno ocorre, de modo a explicar o seu ritmo climático.

Espera-se que a identificação do ritmo de sucessão dos tipos de tempo predominantes na região, responsáveis pelo fenômeno climático, forneça subsídios para o planejamento das atividades aéreas ali desenvolvidas.

Os fundamentos que norteiam o desenvolvimento deste trabalho são:

1- aplicação da abordagem dinâmica ao processo de formação de nevoeiro no aeródromo da AFA;

2- definição e aplicação de episódios representativos do fato meteorológico para melhor definir as características climáticas do local, por meio do entendimento da gênese das variações sofridas pelos elementos do clima e das razões de ocorrências de nevoeiro.

Esses fundamentos baseiam-se na observação cotidiana das condições de tempo, no monitoramento dos dados meteorológicos de superfície, no acompanhamento dos mecanismos de circulação atmosférica, por meio da análise de cartas sinóticas de superfície do Serviço de Meteorologia da Marinha e de imagens de satélite, com objetivo principal de compreender os fenômenos do tempo e suas repercussões nas atividades do setor aéreo.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A despeito dos problemas gerados pela ocorrência de nevoeiro, o fenômeno meteorológico ainda é muito pouco estudado no Brasil. A maior parte das pesquisas realizadas se concentra em áreas de grandes aeroportos, dada a facilidade de obtenção de dados com o objetivo de desenvolvimento de métodos de previsão de ocorrência. Neste capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica mostrando os aspectos relevantes para a caracterização do nevoeiro e um levantamento dos principais estudos realizados no Brasil e no exterior.

2.1 - Definição de nevoeiro e aspectos de sua formação

Na definição internacional, nevoeiro consiste de uma grande quantidade de gotículas de água em suspensão ou cristais de gelo perto da superfície da Terra e que levam à redução da visibilidade horizontal para abaixo de 1 km (NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2005). Para o Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA (2008), quando a visibilidade predominante for reduzida para menos de 1.000 metros por gotículas d'água ou cristais de gelo e a umidade relativa do ar for maior que 80%, caracteriza-se a formação de nevoeiro. Entende-se por visibilidade predominante o valor máximo de visibilidade que cubra, pelo menos, a metade do círculo do horizonte ou, pelo menos, a metade da superfície do aeródromo (MCA 105-10).

Do ponto de vista físico, o nevoeiro se forma pela queda de temperatura do ar até atingir o ponto de orvalho[1] ou pela adição de vapor d'água até que a temperatura do ponto de orvalho torne-se igual à temperatura do ar, provocando saturação. O ar saturado contíguo à superfície é mais frio que o ar não saturado localizado imediatamente acima. Dessa maneira forma-se a camada de inversão caracterizada pela estratificação estável da atmosfera onde o nevoeiro se forma. O vento desempenha importante papel na formação e dissipação do nevoeiro. O aumento (ou diminuição) da velocidade do vento tende a provocar redução (ou aumento) da estabilidade, o que tende a dissipar (ou recrudescer) a duração o nevoeiro em razão da maior (ou menor) turbulência da camada de inversão. Da mesma forma, um maior aquecimento da superfície provocado pela maior incidência da radiação solar através do nevoeiro acelera a diminuição da umidade relativa do ar, levando ao aumento mais rápido (ou mais lento) da espessura da camada de mistura e, consequentemente, antecipação (ou retardamento) da dissipação do nevoeiro (FRANÇA, 2008).

Dessa maneira, o nevoeiro pode ser definido como um fenômeno de camada limite, cuja sua formação e evolução são fortemente influenciadas pelas condições de superfície, determinadas pelas propriedades e estado geral do solo e da cobertura (vegetação ou urbana) para nevoeiros que ocorrem no solo; ou pelo estado da superfície do oceano para nevoeiros marítimos. Os efeitos subjacentes da superfície sobre os nevoeiros podem ser diretos, quando a superfície influencia os perfis de vento, temperatura, umidade e circulação local por meio das heterogeneidades horizontais; ou, ainda, indiretos, se há modificação das propriedades radiativas da atmosfera por ocorrência de processos microfísicos.

---

[1] Temperatura de ponto de orvalho é a mesma em que o ar deveria ser resfriado à pressão constante para ficar saturado.

O resfriamento ou aquecimento superficial é determinado por um balanço de energia composto pela radiação de entrada e saída e dos fluxos de calor na atmosfera, cobertura e tipo de solo. O balanço radiativo na superfície é influenciado por seu albedo superficial e emissividade: a superfície interage com a atmosfera através do fluxo de calor sensível e latente. No caso de nevoeiros, mais especificamente os do tipo de radiação, são enormes as complexidades envolvidas no cálculo dos fluxos.

A formação, dispersão e decaimento do nevoeiro resultam de complexas interações entre processos microfísicos, termodinâmicos e dinâmicos. Duynkerke (1991) identificou como fatores mais importantes para a formação de nevoeiro o resfriamento do ar úmido por fluxo radiativo divergente, mistura de calor e umidade, vegetação, vento vertical e horizontal, transporte de calor e umidade no solo, advecção horizontal e efeitos topográficos. Ele também enfatizou que a estabilidade atmosférica e a época afetam a contribuição de cada um destes fatores.

A presença de nuvens aumenta a entrada de ondas longas na terra de modo que reduz-se o resfriamento radiativo na superfície, que tem grande influência na formação de nevoeiro. Numa topografia complexa, as saídas e desvios do ar frio aliados à advecção sobre terrenos heterogêneos são também relevantes. Uma vez formado o nevoeiro, aparecem outros processos adicionais que afetam o seu desenvolvimento, tais como resfriamento radiativo de ondas longas no topo do nevoeiro, microfísica do nevoeiro, radiação de ondas curtas e mistura turbulenta (GULTEPE et al., 2007).

2.2 - Classificação de nevoeiros

O nevoeiro constitui-se um fenômeno meteorológico complexo, que ocorre numa grande variedade de condições, que podem ser descritas tendo em vista os vários tipos de

nevoeiro. Willet (1928), posteriormente modificado por Byers (1959), estabeleceu uma classificação, descrevendo 11 tipos de nevoeiro, cada um descrito pelo principal mecanismo físico responsável pela sua formação e também pelas circunstâncias em que os processos ocorrem. Esses tipos podem ser reunidos em duas classes distintas:

1) Nevoeiros de massa de ar: os que ocorrem dentro de uma massa de ar como resultado dos processos meteorológicos que a afetam em toda sua extensão. Dividem-se em três tipos: advectivo, radiativo e advectivo-radiativo.

2) Nevoeiros frontais: ocorrem dentro, imediatamente antes ou imediatamente após a zona de transição entre duas massas de ar de características diferentes (frente). São subdivididos em três tipos: pré-frontal, de passagem frontal e pós-frontal.

2.2.1 - Nevoeiros de massa de ar

Na classe de nevoeiros de massa de ar, os mais estudados e, consequentemente, os mais bem descritos, são aqueles associados ao resfriamento radiativo da terra, podendo, nesse caso, ser divididos em:

a) Nevoeiro de radiação ou de superfície, geralmente formado perto da superfície sob céu claro, ar estagnado em associação a um anticiclone, considerado como aquele formado pela inversão térmica causada pelo resfriamento radiativo, durante uma única noite (GULTEPE et al., 2007). O ar em contato com o solo perde calor por condução, tornando-se, assim, mais frio que a camada da atmosfera próxima à superfície, ou seja, a temperatura do ar aumenta conforme a distância do solo, causando uma inversão térmica a certa altura; e, abaixo desse nível de inversão, a camada permanece estável. Se o resfriamento alcançar a temperatura do ponto de orvalho ocorrerá condensação de vapor e consequente formação de

nevoeiro (VAREJÃO-SILVA, 2006). Os episódios desse tipo normalmente são rasos e desaparecem com o nascer do Sol.

b) Nevoeiro de alta inversão ocorre basicamente no inverno e, como todos os nevoeiros do tipo radiativo, somente sobre o continente. É formado pela perda contínua de calor por radiação e não somente pela perda radiativa de uma única noite, como no caso do nevoeiro de superfície. Essa condição é encontrada em regiões de alta latitude durante o inverno. O termo alta-inversão significa que a inversão ocorre em uma camada mais espessa do que a do nevoeiro de superfície. Em alguns casos, esse tipo se torna uma nuvem estratiforme baixa durante o dia, mudando para denso durante a noite.

Os nevoeiros do tipo advectivo dependem do transporte de ar entre regiões de temperatura de superfície contrastantes. São subdivididos em dois grupos de acordo com a característica do ar transportado (BYERS, 1959).

Grupo I- Nevoeiros devidos ao transporte de ar quente sobre uma superfície fria, classificados nas seguintes categorias:

I.1- Associados à brisa marítima/terrestre, fenômenos puramente costeiros, ocorrendo quando o ar quente e úmido sobre a terra é transportado para o oceano costeiro; pode mover-se para a terra sob a influência de uma circulação marítima (GULTEPE at al., 2007).

I.2- De ar marítimo, normalmente resultantes da advecção de ar quente marítimo ao longo de uma região afetada por uma corrente oceânica fria. Esse tipo de nevoeiro pode ocorrer em qualquer lugar do oceano onde houver diferença significativa de temperatura. Entretanto, a maioria das águas frias oceânicas se encontra em correntes costeiras e, consequentemente, os nevoeiros de ar marítimo são mais comuns nas proximidades do continente (GULTEPE et al., 2007). Essas condições aparecem ao longo da costa nordeste dos

Estados Unidos, no Pacífico Norte, na costa oeste da América do Norte e nas Ilhas Britânicas (LEWIS et al., 2004).

I.3- De ar tropical, relacionados ao resfriamento gradativo do ar tropical à medida que ele se move de latitudes baixas para mais altas (em direção ao pólo). Esse tipo de nevoeiro pode ocorrer também no inverno sobre os continentes, onde gradiente latitudinal de temperatura pode ser maior do que sobre o oceano. Em contrapartida, a turbulência sobre o continente é maior do que sobre o oceano, em função da rugosidade de superfície, o que pode tornar mais difícil a condensação direta como nevoeiro de superfície, exceto em casos de vento fraco.

Grupo II- Nevoeiros devidos ao transporte de ar frio sobre uma superfície quente, como os de vapor formados quando o ar frio com baixa pressão de vapor passa sobre uma superfície de água relativamente quente. A diferença de pressão de vapor entre o ar e a superfície da água leva à evaporação e a mistura de vapor de água no ar frio leva à saturação e à formação de nevoeiro. Podem ocorrer também sobre lagos e rios, no início das manhãs de outono, quando o ar da superfície da terra, resfriado rapidamente por radiação, é drenado para os vales, sobre os corpos de água mais quentes. Ocorrem no Lago de Michigan nos Estados Unidos.

O nevoeiro do tipo advectivo-radiativo é fenômeno costeiro resultante do resfriamento radiativo do ar úmido, transportado do oceano para a terra ou de grandes corpos d'água (como um lago) durante as primeiras horas do dia.

2.2.2 - Nevoeiros frontais

Os nevoeiros frontais são frequentemente associados à formação de nevoeiro junto com precipitação, dependentes dos processos meteorológicos que ocorrem ao longo da frente (BYERS, 1959), que resulta na subdivisão desse tipo nos seguintes subtipos:

a) Pré-frontais. associados à aproximação de uma frente quente. Aparecem como resultado do aumento da temperatura de ponto de orvalho, provocado pela incidência de precipitação sobre uma camada de ar estável. Essas condições são encontradas, preferencialmente, no lado frio de uma frente quente. Massas de ar continental polar de inverno, por serem estáveis, quando associadas a frentes quentes e precipitantes, geralmente apresentam nevoeiro ou nuvens estratiformes bem baixas. Em contrapartida, uma massa de ar marítima polar não é suficientemente estável para permitir a formação de nevoeiro. Assim, a intensidade do vento é fator importante na formação deste tipo de nevoeiro.

b) Pós-frontais, com ocorrências pós frente fria, formando-se também pela umidade da precipitação frontal. Os nevoeiros desse tipo são menos espalhados em virtude de a banda de precipitação associada a uma frente fria ocorrer em menor escala espacial, com exceção de frentes frias tornadas quase-estacionárias, usualmente orientadas na direção leste-oeste, apresentando extensas áreas de nevoeiro. Normalmente ocorrem após o deslocamento lento de uma frente fria (SONNEMAKER, 1994).

c) De passagem frontal, associados à mistura de ar saturado das massas de ar quente e frio decorrentes de súbito resfriamento do ar sobre a superfície úmida com a passagem de uma frente fria marcadamente precipitante, que pode causar nevoeiro provisório ao longo da frente.

2.3 - Pesquisas sobre nevoeiro

Meyer e Lala (1990) realizaram estudos sobre ocorrência de nevoeiros intensos (visibilidade menor ou igual a 400 m) em Albany, Nova York, no período de 1970 a 1979. Os resultados indicaram que os nevoeiros de radiação naquela região ocorrem predominantes no outono boreal (65% dos casos), no verão (23%), na primavera (8,4 %) e no inverno (2,8%). Nenhum caso foi observado em dezembro. A duração das ocorrências foi, em média, de 3 a 4 horas. As análises de 143 eventos de nevoeiro de radiação identificaram cinco situações sinóticas associadas ilustradas na Figura 2: 1) anticiclone, com o centro da célula de alta pressão situada sobre a cidade de Albany (40% dos casos); 2) crista principal se estendendo sobre a região e geralmente em grande parte do nordeste (22% dos casos); 3) formação de uma crista pós-mesoescala, seguida pela passagem de uma frente fria (ou ocluída) ou cavado (17%); 4) frente fraca ou em frontólise nas vizinhanças (12%) e 5) colo (9%). Condições favoráveis para ocorrência de nevoeiro de radiação dos tipos 1 e 2, foram encontradas quando o centro de anticiclone, ou eixo da crista, estavam localizados à leste ou a sudeste da estação meteorológica e desfavorável quando o sistema se aproximava da estação pela direção oeste. As direções médias do vento durante os episódios de nevoeiro foram de sul (~ 20%), de norte (~ 15%) e de nordeste (~13%). Situações de calmaria foram predominantes (~ 40% dos casos). Essas direções principais correlacionavam-se com a localização do centro de alta pressão.

A ocorrência de nevoeiro no Chile foi estudada por Cereceda e Schemenauer (1991). As análises dos dados disponíveis de 24 estações meteorológicas costeiras instaladas de norte a sul e de 18 estações no interior do Chile e da Argentina sugeriram que a frequência máxima de nevoeiro ocorre entre as latitudes 35º e 40º S. Observaram que, ao longo da costa chilena o número médio de dias com nevoeiro varia de 3 a 59 por ano e que a frequência de ocorrência

está relacionada a padrões de circulação na escala sinótica e a correntes oceânicas. O estudo realizado nas montanhas costeiras (altitude de 860 m) indicou que a frequência de ocorrência é 3 a 15 vezes maior do que em locais costeiros de baixa altitude em latitudes similares.

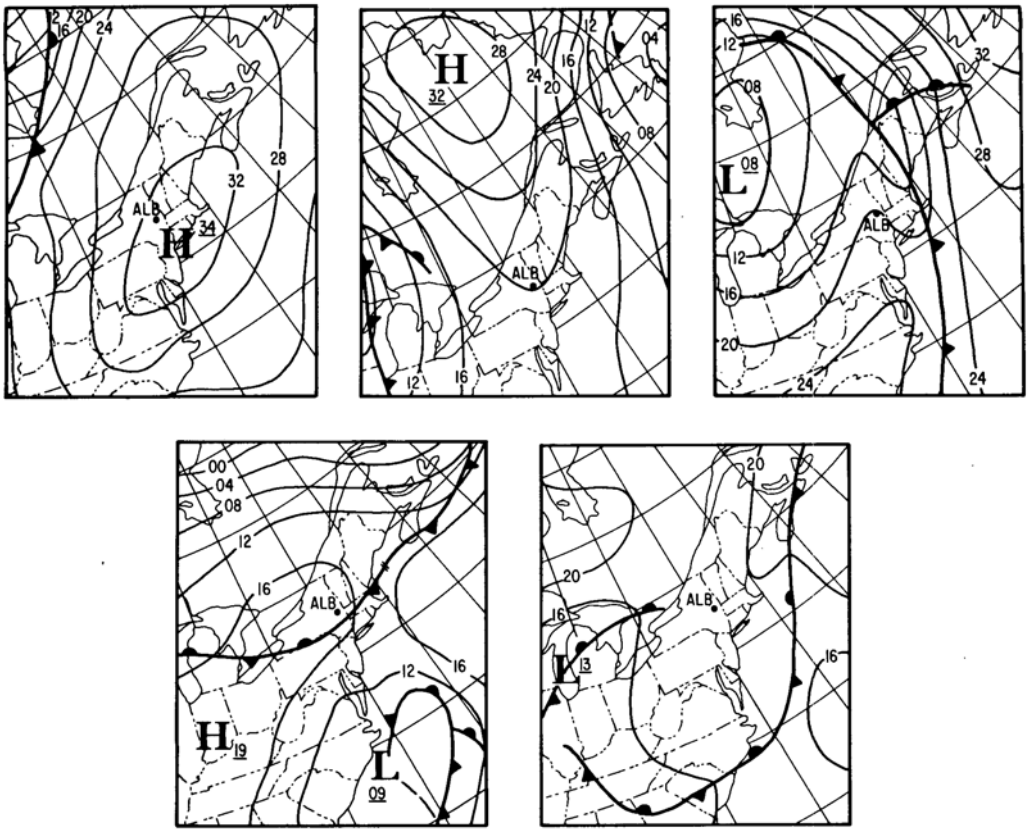


Figura 2 - Padrões sinóticos associados à eventos de nevoeiro de radiação forte em Albany, New York, 1970-79, exemplificando as situações 1, 2, 3, 4 e 5. *Fonte:* Meyer e Lala (1990).

Tarmeño e Altamirano (2003), realizaram estudo climático dos eventos de nevoeiro do Aeroporto Internacional Jorge Chavez Callao em Lima, Peru. A análise de uma série temporal de 30 anos de dados climatológicos (1968-1997) contabilizou 329 eventos, com a maior frequência mensal de nevoeiro entre março e junho e a menor frequência em novembro. Os estudos mostraram que o ano de 1989 registrou a maior frequência anual, com 41 casos, sendo que os anos de 1969 e de 1992 registraram um único caso de nevoeiro cada um. As análises mostraram que os nevoeiros ocorreram, preferencialmente, entre as 22 horas e as 12 horas (horário local), com pico às 7 horas-local.

Tardif e Rasmussen (2007) investigaram os eventos de nevoeiros na cidade de Nova York, Estados Unidos da América (EUA), usando uma série temporal de 20 anos. Dados horários de superfície foram utilizados para identificar eventos de nevoeiro em 17 locais sob influência de diversas características fisiográficas, tais como tipo de cobertura do solo (urbano, suburbano e rural), contrastes entre água e terra. Os eventos, em cada um dos locais, foram classificados de acordo com um algoritmo baseado nos processos de formação de nevoeiro. Os resultados mostraram que a probabilidade de ocorrência de nevoeiro é influenciada negativamente pela presença de ilhas de calor urbano da cidade de Nova York, reforçada em locais sob influência direta do ar marinho. Também em áreas suburbanas e rurais houve considerável ocorrência de nevoeiros. O tipo mais comum identificado foi de precipitação, predominantemente no inverno. Observou-se um número considerável de eventos de nevoeiros de advecção em áreas costeiras, principalmente durante a primavera. Os de radiação apareceram predominantemente em áreas suburbanas e rurais no final do verão e início do outono, mas ocorrem durante o verão na planície costeira de New Jersey, como eventos do tipo advectivo-radiativo.

2.3.1 - Pesquisas no Brasil

Cabral (1998) estudou a ocorrência de nevoeiro na área do aeroporto internacional de Guarulhos, em São Paulo (SP), por meio de análise estatística dos totais de horas mensais e anuais do período de 1972 a 1988. Comparando os dados desse aeroporto com os de Congonhas/SP e de São José dos Campos/SP, observou maior incidência e variabilidade anual de nevoeiro em Guarulhos, fato explicado por características locais como a localização, com topografia típica de vale. Verificou que o fenômeno ocorre preferencialmente no final do outono e no inverno, épocas em que as temperaturas são mais baixas, com menor intensidade

de ventos e atmosfera mais estável. Analisando episódios de nevoeiros ocorridos no inverno de 1988, constatou que a maior parte dos eventos estava vinculada a processos de perda radiativa noturna, sob influência de regimes anticiclônicos e, em alguns casos, ligados a sistemas frontais.

Oliveira (1998) identificou padrões de temperatura e umidade e situação sinótica favoráveis à formação de nevoeiro para a cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul (RS), durante o período de janeiro de 1995 e abril de 1996. Desenvolveu um algoritmo para previsão de nevoeiros, utilizando como preditores os perfis verticais de temperatura e temperatura do ponto de orvalho, a situação sinótica, a velocidade do vento, a umidade relativa e a temperatura. Os testes realizados em 52 casos ocorridos em março, abril e junho de 1998 apresentaram 96,2% de acerto.

Piva e Fedora (1999) investigaram a formação de nevoeiros de radiação ocorridos no período de janeiro de 1995 a abril de 1996 em Porto Alegre/RS. Os resultados mostraram que 72,9% ocorreram no outono e que um anticiclone transiente encontrava-se a nordeste ou a leste do Estado do Rio Grande do Sul no dia anterior e no dia com nevoeiro.

França (2008), utilizando o modelo de previsão numérica de tempo Eta na resolução 4 km, avaliou a metodologia de previsão de nevoeiro e de visibilidade horizontal a partir de análises do NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) e previsões do modelo Eta/CPTEC de 40 km. Para essa avaliação foram escolhidos casos-testes de acordo com as estações do ano em que ocorrem nevoeiros. Os experimentos integrados sobre os aeroportos Afonso Pena em Curitiba/PR, Guarulhos/SP e Salgado Filho em Porto Alegre/RS sugeriram que o modelo Eta de 4 km pode ser utilizado como ferramenta na previsão de ocorrências de nevoeiro e visibilidade horizontal ou, ainda, na indicação de regiões com probabilidade de ocorrência de nevoeiros em uma região ou para um local com 36 ou 48 horas de antecedência.

3 - A ÁREA DE ESTUDO

3.1 - Generalidades

A Academia da Força Aérea – AFA, localizada no município de Pirassununga (São Paulo), é uma instituição de ensino superior subordinada ao Departamento de Ensino da Aeronáutica que tem por missão formar Oficiais de Carreira da Aeronáutica dos Quadros de Oficiais Aviadores (CFOAv), Intendentes (CFOInt) e de Infantaria da Aeronáutica (CFOInf).

Figura 3 - Vista aérea parcial das instalações da AFA. Fonte: AFA, 2009.

No Curso de Formação de Oficiais Aviadores os alunos recebem, além da formação acadêmica, instrução de voo em duas aeronaves, T-25 “Universal” (Figura 4), na fase de instrução básica de voo, e T-27 “Tucano” (Figura 5), do tipo turboélice, na fase de instrução avançada.

Para a operacionalidade de sua missão, a AFA tem um aeródromo, denominado Campo Fontenelle (codificação SBYS) que conta com dois setores de pistas: um, destinado à

aeronave T-25 “Universal” e outro, utilizado para instrução avançada com a aeronave T-27 “Tucano”. Em média ocorrem 160 pousos e decolagens por dia nesses dois setores de pistas.

Figura 4 – Aeronave T-25 “Universal”.
Fonte: AFA, 2010.

Figura 5 – Aeronave T-27 “Tucano”.
Fonte: AFA, 2010.

A AFA também é sede do Esquadrão de Demonstração Aérea da Força Aérea Brasileira (FAB), mais conhecido como Esquadrilha da Fumaça, responsável pela divulgação da FAB em território nacional e internacional.

A rotina da instrução de voo e de treinamento dos pilotos depende muito das condições meteorológicas reinantes no aeródromo. Assim condições de mau tempo como as geradas por chuvas fortes, incidência de ventos e formação de nevoeiro são fatores limitantes para voo.

A AFA tem uma Estação Meteorológica de Superfície – EMS, responsável por monitorar as condições de tempo local. Ela é classificada como Centro Meteorológico Militar (CMM), cuja finalidade é prestar apoio meteorológico específico à aviação militar (ICA 105-2/2010).

Como os voos de instrução são realizados preferencialmente no período diurno, a EMS/SBYS não opera 24 horas, funcionando das 5h às 23 h. Por essa razão, dados meteorológicos, como nebulosidade, nevoeiro, direção do vento, que necessitam de observador para monitorá-los, não possuem registros fora desse período.

A AFA localiza-se entre as coordenadas 21º 56’ 04’’ a 22º 00’ 29’’ de latitude Sul e 47º 17’ 16’’ a 47º 22’ 07’’ de longitude Oeste. A área é limitada nas suas faces Leste e Norte pelo Rio Mogi Guaçu (Anexo 1), na face Sul, pela Rodovia SP 225, no trecho Pirassununga-Aguaí e, na face Oeste, por uma área residencial pertencente ao município de Pirassununga e por áreas rurais. A altimetria varia de 555 m a 645 m.

No setor N da AFA está localizada a sede da Fazenda da Aeronáutica de Pirassununga – FAYS, uma Unidade Militar agropastoril e industrial, cuja finalidade é a ocupação produtiva das áreas de interesse da AFA, mediante atividades agrícolas e pecuárias.

A FAYS ocupa 75% da área da AFA, que é de 65.020.000 m^2, com culturas, pastagens, matas, reflorestamento e serviços administrativos.

3.2 - Localização da área de estudo

A região de Pirassununga, em que a AFA está inserida, pertence à bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, com uma área de 17460 km^2, dos quais 14653 km^2 localizados na porção Nordeste do Estado de São Paulo (Figura 6). O rio nasce no morro do Curvado no município de sul-mineiro de Bom Retiro, numa altitude de aproximadamente de 1510 m, localizado entre as coordenadas 22º30’S e 46º08’W, e, após percorrer longitudinalmente aproximadamente 530 km, deságua no Rio Pardo a 483 m acima do nível do mar, entre as coordenadas 20º53’S e 4811’W, no NE do Estado de São Paulo (ZANCOPÉ e PEREZ FILHO, 2006).

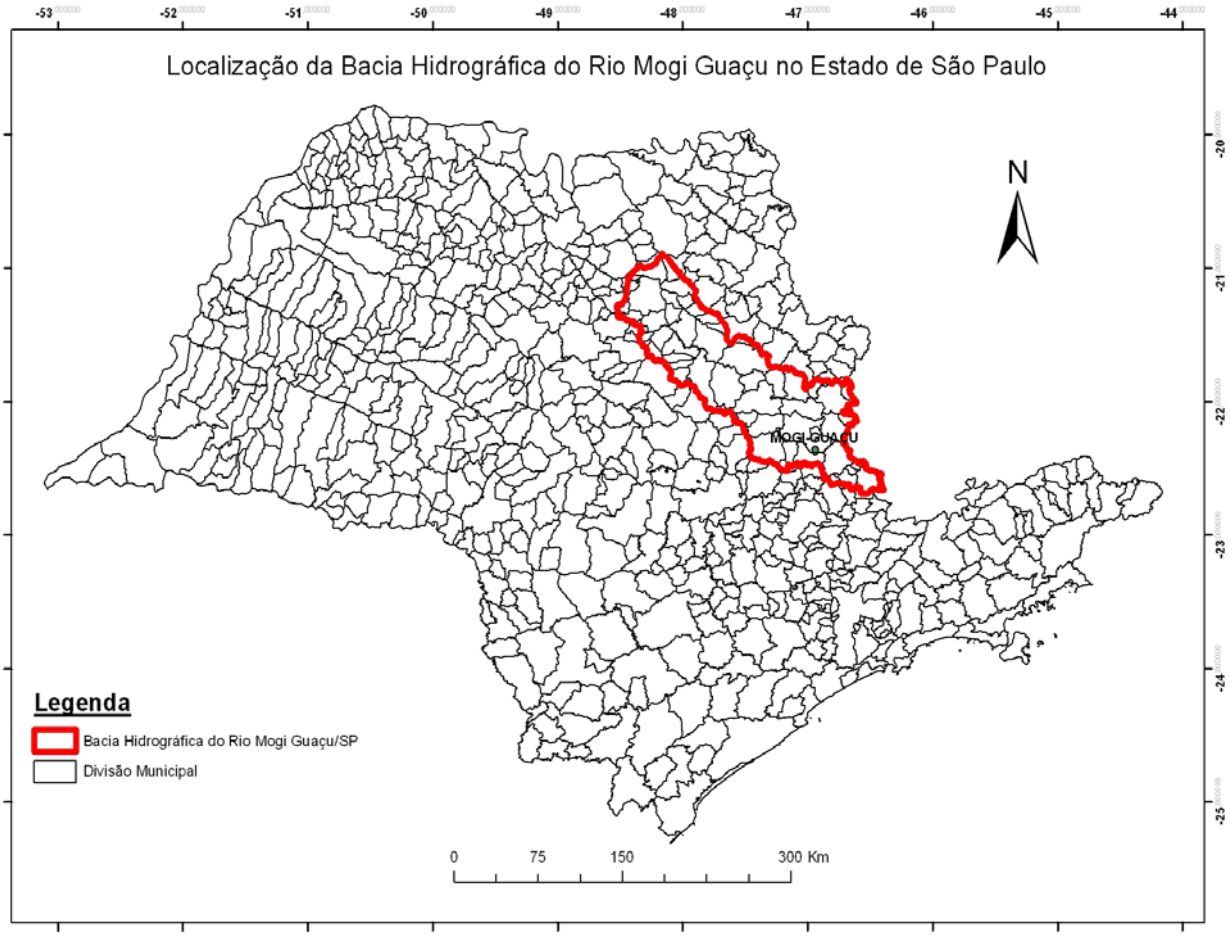


Figura 6 - Localização da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu. *Fonte:* Storani, 2010.

De acordo com o Relatório de Situação 2008-2011 do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu (CBH Mogi, 2008) – a bacia é subdividida em cinco compartimentos administrativos: Alto Mogi, Baixo Mogi, Jaquari Mirim, Médio Mogi e Peixe. O município de Pirassununga pertence ao compartimento Médio Mogi (Figura 7).

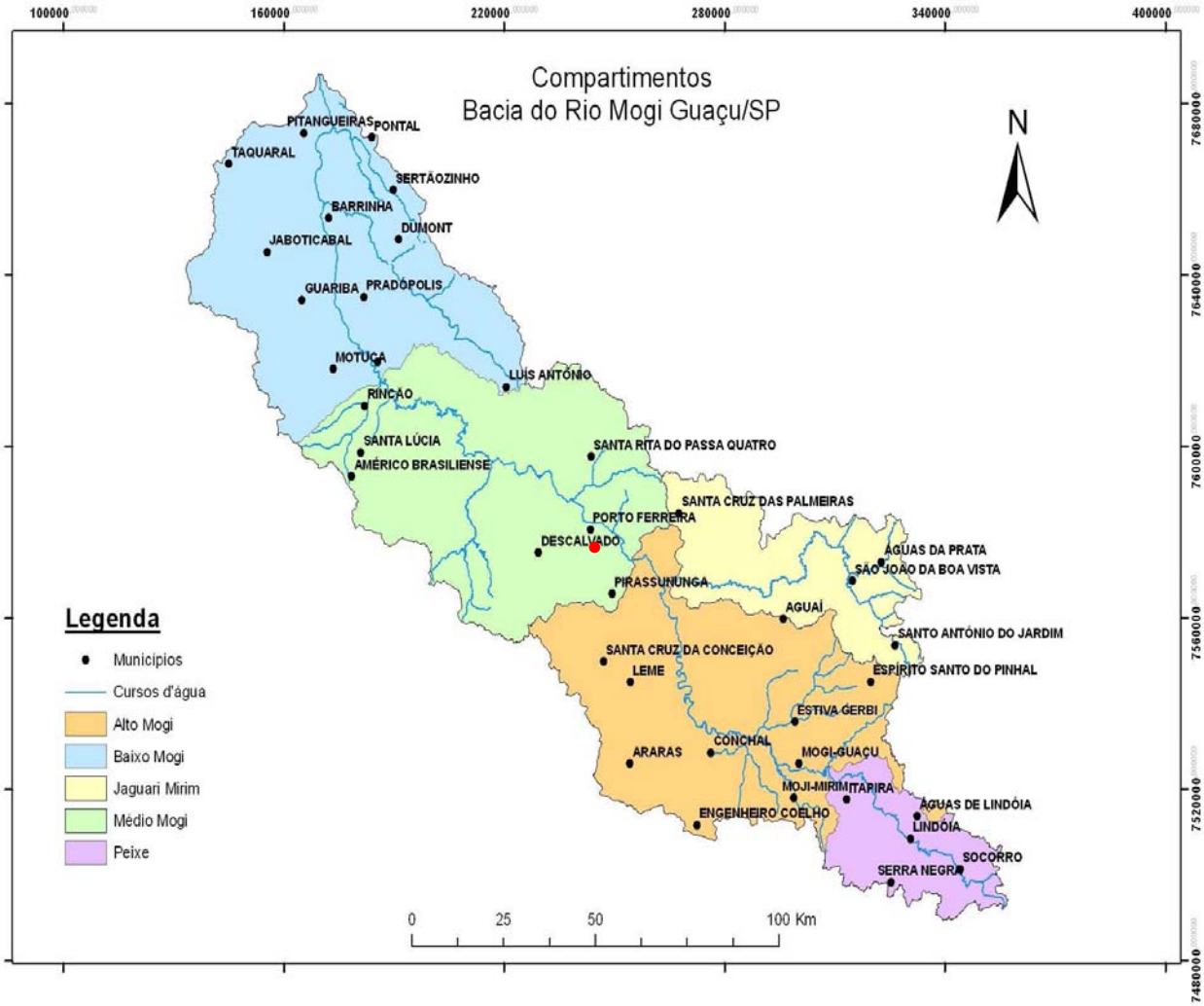


Figura 7 - Compartimentos administrativos da bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu. *Adaptado de:* CBH-Mogi, 2008.

3.3 - Geomorfologia

Conforme a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo, proposta por Almeida (1964), a região de Pirassununga, onde se localiza a AFA, situa-se na Depressão Periférica, Zona do Mogi Guaçu.

A Depressão Periférica é uma área rebaixada localizada entre as terras altas do Planalto Atlântico e as cristas, igualmente elevadas, das cuestas basálticas. No geral, tem relevo com declividades relativamente baixas a médias (entre 6 e 12%) e pouca variação altimétrica (entre 600 e 700 m de altitude). Predominam nessa unidade geomorfológica,

relevos de colinas amplas e colinas médias. A tabela 1 apresenta as características gerais das principais formas de relevo da área de influência da AFA.

Tabela 1 – Principais formas de relevo da região de Pirassununga.

Convenção	Características gerais dos relevos principais
111	PLANÍCIES ALUVIAIS: terrenos baixos e mais ou menos planos juntos às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações. Ocupa faixas extensas que estão restritas à calha do rio Mogi Guaçu, além dos seus tributários rio da Itupeva e rio Jaquari Mirim com seu afluente o ribeirão dos Cocais.
212	COLINAS AMPLAS: predominam interflúvios com área superior a 4 km^2, topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.
213	COLINAS MÉDIAS: predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km^2, topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão subretangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais restritas, presença e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. Constitui um sistema de relevo comum nesta província, encontrando sua maior expressão a oeste de Pirassununga, na área de ocorrência dos arenitos Pirambóia. Apresenta freqüentes transições para o sistema de relevo 212.
234	MORROTES ALONGADOS E ESPIGÕES: predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. Drenagem de média a alta densidade, padrão dendrítico, vales fechados. Ocorre e, áreas relativamente grandes a sul de Pirassununga e a oeste de Leme, sobre substrato sedimentar das formações Corumbataí e Pirambóia.

3.4 - Vegetação

A vegetação natural da região de Pirassununga foi quase totalmente retirada e transformada em campos de cultivo ou pastagens. O desmatamento ocorreu principalmente no final do século do século XIX, em decorrência do cultivo do café.

Na região há ocorrências de dois tipos de bioma (Mata Atlântica e Cerrado) onde ocorrem remanescentes florestais de Floretas Estacionais Semideciduais, acompanhados por Matas Ciliares ou Florestas Ribeirinhas e um menor predomínio de Savanas ou Cerrado (Figura 8).

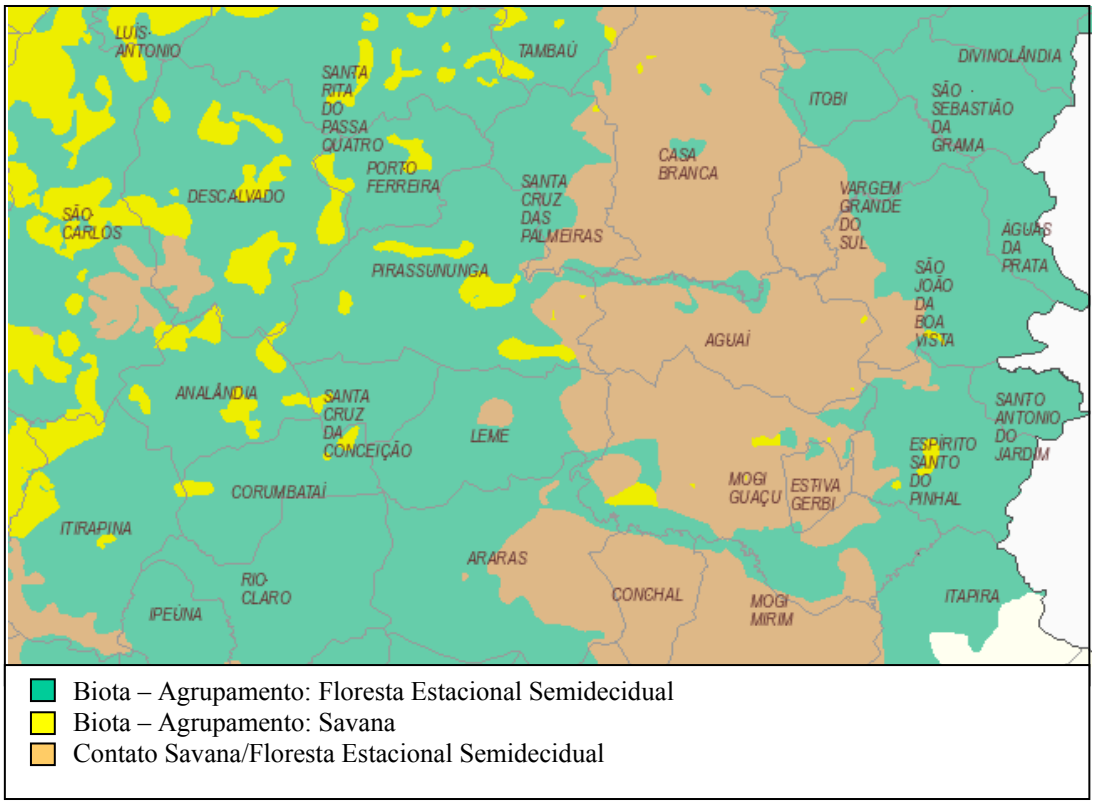


Figura 8 – Mapa com biomas da região de Pirassununga. *Adaptado de*: Biota, FAPESP

Mata Ciliar ou Floresta Ribeirinha

Essa vegetação (Figura 9) apresenta-se ao longo de cursos d´agua, com características florísticas e estruturais próprias. Com essa definição separa-se essa formação daquelas onde a influência da água é permanente no solo, para as quais se recomenda o termo floresta paludosa, com os sinônimos floresta de brejo, floresta higrófila entre outras.

Figura 9 – Vista de fragmento de Mata Ciliar do rio Mogi Guaçu. *Foto:Bertto, P.T., 2010.*

Cerrado ou savana

O cerrado constitui-se de uma vegetação de pequenas árvores retorcidas, dispersas em meio a um tapete de gramíneas. Para Coutinho (1978), o cerrado *senso lato* inclui os campos limpos, os campos sujos, os campos cerrados, os cerrados *senso stricto* e, também, os cerradões (Figura 10). Um termo também bastante utilizado para designação dessas formações oreádicas, incluindo suas diversas formas, foi savanas (Ferri, 1977).

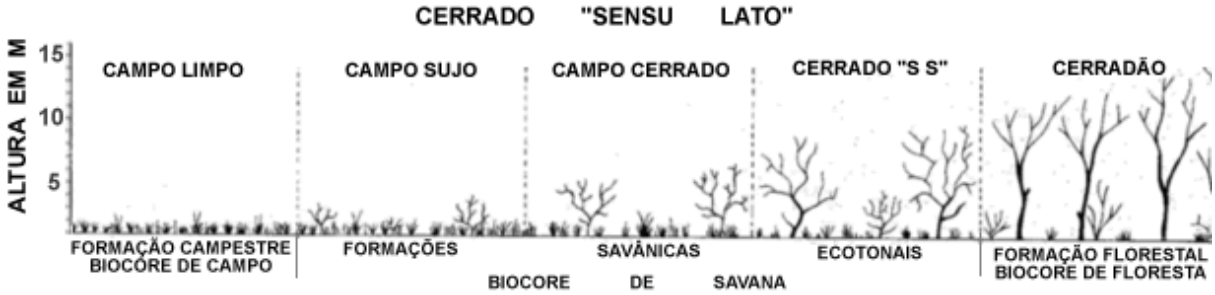


Figura 10 – Representação gráfica de perfis de vegetação que compões o cerrado. *Fonte:* Coutinho, 1978.

Floresta Estacional Semidecidual

Essa formação caracteriza-se por apresentar um dossel não perfeitamente contínuo (irregular), entre 15 e 20 m de altura, com presença de árvores emergentes de até 25-30 m de altura. Nesses extratos superiores predominam algumas famílias como as de Anacardiaceae, Bombacaceae, Lauraceae, entre outras.

3.5 - Clima

A região tem, de acordo com o sistema internacional de Köppen, clima do tipo Cwa, que se caracteriza por ser um clima mesotérmico de inverno seco, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa 22°C.

Pelo fato de estar localizada na Depressão Periférica, sendo esta uma área deprimida, permite o fácil deslocamento de massas polares no inverno, fato que pode ocasionar geadas que afetam as culturas tropicais (TROPPMAIR, 2004).

A pluviometria média da região situa-se em torno de 1600 mm/ano. No período de novembro a fevereiro, a média mensal é igual ou superior a 180 mm; nos meses de inverno, é inferior a 30 mm. A estação seca, nessa região, ocorre entre os meses abril a setembro, sendo julho o mês com seca mais intensa. As maiores precipitações ocorrem nos meses mais quentes, concentrando-se de janeiro a março e de setembro a dezembro.

Monteiro (1973), em sua obra *A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo*, propôs uma classificação climática para o referido estado, baseado na análise geográfica das chuvas, associada à dinâmica atmosférica. A Figura 11 mostra a classificação proposta por ele.

Por essa classificação a região de Pirassununga localiza-se numa região de climas controlados por massas equatoriais e tropicais, caracterizando-se por climas tropicais alternadamente secos e úmidos (Va).

Essa região caracteriza-se principalmente pela existência de um período seco muito nítido, quando a frequência da chuva diminui consideravelmente no sentido dos paralelos, culminando no setor Norte, que se constitui a área de inverno mais nitidamente seco do estado.

Trata-se de área de acentuada participação da Tropical Atlântica que em certos invernos é mais ativa que no litoral norte, submetida à passagem da massa polar (Monteiro, 1973). De acordo com o autor

> Três grandes fácies podem ser distinguidas neste domínio graças à relação com a morfologia. A parte setentrional da Depressão Paulista ao norte de Limeira (Va), abrigada entre os contrafortes da Mantiqueira e a borda do Planalto Ocidental, apresenta como nota característica a reduzida nebulosidade e moderação da umidade. Embora não tenhamos tido dados suficientes a precisar melhor este caráter lembramos que Rio Claro é cognominada “Cidade azul” e Pirassununga vem se constituindo nos últimos anos num centro de ensino aeronáutico, graças às boas condições de limpeza do céu.

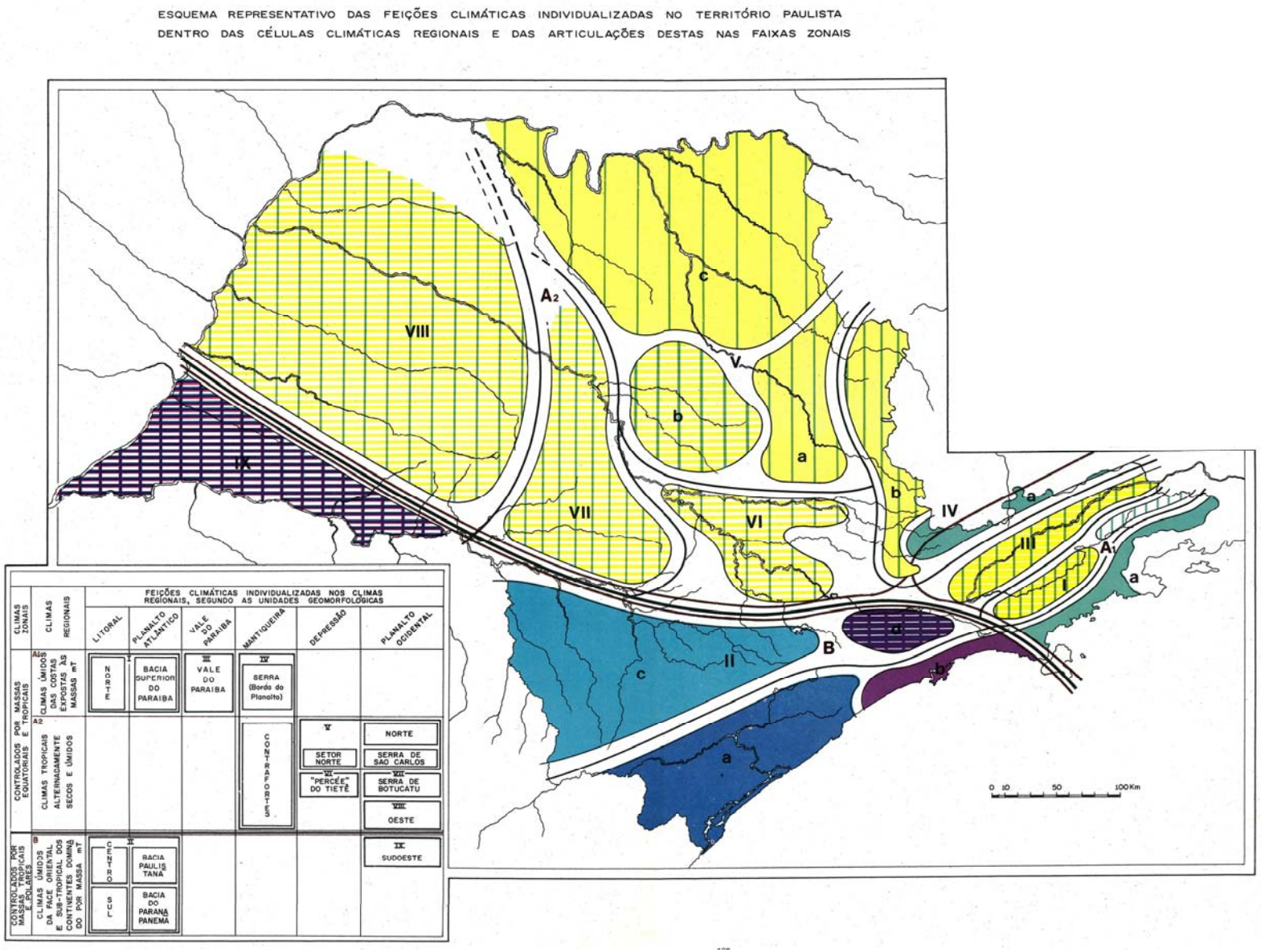


Figura 11 – Classificação climática do Estado de São Paulo sugerida por Monteiro (1973). *Adaptado de:* Monteiro (1973).

4 - MATERIAL E MÉTODO

4.1 - Referencial teórico

Adotou-se para este trabalho a concepção dinâmica de clima proposta por Sorre (1951), na qual o "clima é a série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar em sua sucessão habitual", ajustada à análise rítmica desenvolvida por Monteiro (1971).

Os estados atmosféricos referidos por Sorre são tipos de tempo meteorológicos com suas complexidades, associações e dinâmica característica cujo comportamento sazonal sobre determinado lugar é essencial na definição do clima local.

Para Monteiro (1999),

> "o tempo é um estado momentâneo da atmosfera sobre um lugar, fatalmente destinado a uma contínua mutação ao longo do desenvolvimento cronológico. Nesse sentido será um elemento básico cujo ritmo de sucessão desencadeará padrões de sequências cuja repetição assemelhada ou diferenciada vai conduzir àquela difícil concepção de "habitual" ou mais frequente. Se o tempo meteorológico é um eventual que se configura no contexto de um dia de 24 horas o clima é algo que se manifesta através de percepção dos regimes, ou seja, a variação anual. Se os regimes são observações feitas separadamente para os diferentes 'elementos' climáticos a noção sintética de clima advém do ritmo de sucessão dos tipos de tempo, configurados em 'cadeias' nas sucessões mais habituais".

Sendo assim, o "tempo" ("weather") é considerado a unidade de análise dos fenômenos climáticos, constituindo-se a menor unidade do clima. Ele se manifesta de maneira singular em cada momento e em cada lugar, sendo que o ritmo sazonal desses tipos de tempo constitui uma dinâmica que caracteriza cada estação do ano. O clima só passa a ser percebido à medida que os diversos tipos de tempo são projetados no espaço e no tempo cronológico (JARDIM, 2007).

De acordo com Monteiro (1971), o conceito de ritmo, expressão da sucessão dos estados atmosféricos, conduz, implicitamente, ao conceito de "habitual", pois há variações e desvios que geram graus de distorções até atingir padrões "extremos". O ritmo climático só

poderá ser compreendido por meio da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico, pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo.

O entendimento da gênese dos fenômenos climáticos é possível por meio da análise das variações diárias dos elementos climáticos associados à circulação regional. De acordo com Monteiro (1973), o nível geográfico é alcançado quando colocamos a análise dos tipos de tempo em sequência contínua. É a sequência que conduz ao ritmo que é a essência da análise dinâmica.

Com ênfase no mecanismo seqüencial dos tipos de tempo, Monteiro (1991) adotou um novo paradigma, descartando a proposta de Pédelaborde (1957), que incorporava os "tipos de tempo", considerando-os em termos de somatórias e transformando-os como um meio para chegar às caracterizações climáticas (RIBEIRO, 2000).

A estratégia adotada por Monteiro para lidar com análise de séries temporais de dados climáticos muitos longas foi feita com base na escolha de anos-padrão, um tipo de amostragem representativa do ritmo "habitual" e daqueles (extremos) afetados por irregularidades na circulação e que, por consequência, promovem acidentes e impactos nas atividades humanas. Para esses anos-padrão aplicou-se a técnica de análise rítmica que "[...] consistia na montagem de um gráfico de representação simultânea dos elementos do clima em sua variação "diária", acoplando a representação gráfica da seqüência de alternância dos diferentes sistemas meteorológicos envolvidos na circulação secundária" (MONTEIRO, 1991, p.39).

Seguindo essa concepção de anos "habituais" e "excepcionais" (extremos), muitos trabalhos foram desenvolvidos para se conhecer a gênese de fenômenos climáticos, mais especificamente a gênese das chuvas.

O trabalho pioneiro foi o de Monteiro (1969), em sua tese de doutorado "A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil (contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil)", onde discute como os tipos de tempos se articulam e se sucedem no decorrer das diferentes estações do ano. Destacou o papel da Frente Polar Atlântica na gênese das precipitações nessa região e verificou que os ritmos de ação dos fluxos de invasões polares apresentaram uma acentuada diferença, implicando variações nas distribuições das chuvas no espaço regional. No inverno de 1957, avanços sucessivos fizeram deslocar a ação da Frente Polar Atlântica para a altura do trópico, resultando em elevada pluviosidade no território paulista. No inverno de 1963, a fraqueza dos avanços polares e, sobretudo, os longos intervalos entre eles permitiram uma forte penetração da Massa Tropical Atlântica, que respondeu por longos episódios de bom tempo, reduzindo sensivelmente as chuvas no território paulista, enquanto a Frente Polar Atlântica, recuada sobre Santa Catarina e Rio Grande do Sul, concentrava ali as precipitações.

Brino (1973) utilizou o paradigma do ritmo climático para definir as características climáticas da bacia do rio Corumbataí e adjacências, por meio da análise de alguns elementos climáticos em sua distribuição no tempo e no espaço. Realizou conjuntamente análise dinâmica em situações episódicas para quatro localidades: São Carlos, Pirassununga, Piracicaba e Limeira, sugerindo os tipos de tempo habituais, estabelecendo o seu ritmo de ocorrência. Em suas observações destaca, na área estudada, a formação de nevoeiro associada à existência de um anticiclone que domina a região. Sugere, também, novas investigações para caracterização do nevoeiro em seu aspecto genético.

Barbieri (1979) analisou os atributos climáticos por meio de seu ritmo habitual e seus consequentes tipos de tempo juntamente com as atividades de lazer na faixa litorânea do Estado do Rio de Janeiro, para estabelecer "atributos de qualidade", bem como um indicador climático compatível com as condições atmosféricas julgadas satisfatórias à prática do lazer,

em função das aptidões e individualidades locais da área. A partir da análise rítmica do ano 1973, selecionado como básico, o autor elaborou um "calendário climático-turístico anual" para as localidades consideradas.

Zavattini (1990) analisou a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul sob o ponto de vista da dinâmica atmosférica, em seus diferentes ritmos de sucessão dos tipos de tempo, com base nos "tipos de fluxo de invasão polar". O estudo permitiu constatar a existência de dez unidades climáticas; cinco das quais se encontram ao norte da faixa climática transicional, que atravessa São Paulo e avança para o Mato Grosso do Sul; e as outras cinco encontram-se ao sul dessa faixa. Foram identificados sete climas regionais, dentre eles quatro subdivididos por essa faixa transicional e dois se situados ao sul da mesma e um, ao norte.

Boin (2002) estudou a dinâmica pluvial sobre o meio ambiente físico do Oeste Paulista com objetivo de identificar as áreas submetidas a diferentes impactos pluviais e suas consequências erosivas nos diversos compartimentos ambientais, por meio dos preceitos da climatologia dinâmica. Devido a dificuldade de analisar a sucessão e articulação dos tipos de tempo durante o período 1976/1996, optou por trabalhar com os "anos padrão", o que, segundo ele, possibilita a interpretação proposta no trabalho, ressaltando que a análise da dinâmica atmosférica, proporcionada pelo método da análise rítmica permitiu explicar a gênese das chuvas e seus efeitos mais impactantes a partir do comportamento dos diferentes tipos de tempo.

Baldo (2006) utilizando a metodologia de análise rítmica para três anos-padrão, estudou a dinâmica climática e a distribuição espaço-temporal das chuvas na bacia do rio Ivaí/PR, com o objetivo de explicar o ritmo climático. Constatou a importância da Frente Polar Atlântica na sucessão dos tipos de tempo na bacia e a estreita ligação entre os sistemas frontais com diferentes intensidades de distribuição da pluviosidade e irregularidades dela,

evidenciando que não é “tanto a quantidade de passagens frontais que repercute na gênese da pluviosidade, mas a associação de suas características com outros mecanismos é que produz efeitos significativos na área de estudo”.

Seguindo o paradigma do ritmo, outros trabalhos foram desenvolvidos procurando integrar o estudo dinâmico do Clima, por meio de sua gênese, às necessidades humanas. Dessa maneira, Vecchia (1997) realizou uma abordagem dinâmica do Clima aplicada às necessidades do conforto humano afeito ao ambiente construído. Realizando análise episódica, buscou evidenciar o ritmo climático na região de São Carlos para estudar o comportamento térmico dos ambientes e avaliar as condições de conforto humano.

Zavattini (2004) em sua obra “Estudos do Clima no Brasil” faz uma extensa análise de trabalhos que utilizaram o paradigma da análise rítmica. O autor analisou 108 obras, entre elas dissertações de mestrado e teses de doutorado, avaliando o uso ou não do paradigma e, consequentemente, a utilização do conceito de ritmo climático.

Neste contexto, entendendo que o clima de um lugar resulta do comportamento dinâmico mais habitual ou recorrente da atmosfera cronologicamente desenvolvido sobre aquele lugar (MONTEIRO, 1999), é que se pretende estudar a gênese de nevoeiro no aeródromo da AFA a partir do conhecimento do ritmo climático da região.

4.2 - Material

Os dados horários de temperatura, umidade relativa do ar, pressão, direção e velocidade do vento, nebulosidade e nevoeiro no período 1989-2008, no aeródromo da AFA, foram fornecidos em planilha eletrônica pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo – ICEA – de São José dos Campos/SP, órgão responsável pelo banco de dados meteorológico da Aeronáutica. Com exceção dos anos 2002, 2003 e 2004, em que a estação registrou os dados

durante 24 h, todos os demais foram tomados no intervalo de 5 às 23 h, período de funcionamento do aeródromo. Por essa razão, a análise realizada restringiu-se aos dados desse último período (5 – 23 h).

Quanto aos dados de precipitação, houve necessidade de se fazer o levantamento diretamente do formulário IEPV 105-78 [2], no ICEA em São José dos Campos/SP. Consultaram-se 7305 formulários para obtenção do total acumulado (24h) de chuva no aeródromo da AFA para o período analisado.

Para as ocorrências de nevoeiro houve, também, a necessidade de análise individual de cada registro do evento, pois, na planilha, eles aparecem em códigos. Os registros de nevoeiro são obtidos por estimativas visuais dos observadores meteorológicos e efetuados a intervalos fixos, de hora em hora, e complementados com observações intermediárias em caso de alterações significativas para aviação, incluindo-se, nessa rotina, outras variáveis como vento, visibilidade, alcance visual, nebulosidade, temperatura do ar e do ponto de orvalho, pressão ao nível do mar, tempo presente na pista. As ocorrências de nevoeiro são codificadas com números variando de 40 a 49, que fornecem informações sobre as condições do nevoeiro na hora do registro. Esses códigos pertencem à Tabela 4655 do MCA 105-10/2001 (Manual de Códigos Meteorológicos), apresentada no Anexo 2. Assim, para estimativa da duração do evento foi analisado o código de identificação de cada ocorrência de nevoeiro fornecido pelo ICEA.

A estimativa da visibilidade horizontal é feita pelo observador meteorologista com o auxílio de duas Cartas de Pontos de Referência, ou Cartas de Visibilidade Horizontal, confeccionadas para cada estação meteorológica de superfície (EMS). Cada EMS deve dispor

---

[2] O IEPV 105-78 é um impresso que se destina ao registro das observações realizadas por uma Estação Meteorológica de Superfície – EMS (ICA 105-7, 2005).

de duas Cartas de Pontos de Referência, com pontos permanentes, como por exemplo, grandes construções e acidentes geográficos. De acordo com o Manual de Estações Meteorológicas de Superfície - MCA 105-2 (2010), as cartas devem ter os seguintes formatos:

a) carta na escala de 1: 200.000 – deve incluir todos os pontos de referência situados a partir de 2 km de distância do ponto de observação, abrangendo um raio de 20 km. A partir do centro da carta, círculos concêntricos devem ser rotulados pelas correspondentes distâncias, em intervalos de 2 km; e

b) carta na escala de 1: 20.000 – deve incluir todos os pontos de referência situados até 2 km de distância do ponto de observação. A partir do centro da carta, círculos concêntricos devem ser rotulados pelas correspondentes distâncias, em intervalos de 200 m.

O centro das Cartas de Pontos de Referência deve representar o ponto de observação, local escolhido para que o observador meteorologista se posicione para realizar a observação meteorológica de superfície. Os pontos de referência devem ser definidos em relação ao Norte verdadeiro e identificados por seus próprios nomes e devem apresentar suas informações de altura (A) e de distância (D) relativas ao ponto de obesrvação, e o ângulo azimute (AZ) que o referido ponto forma com o ponto de observação e o Norte verdadeiro.

As Cartas de Pontos de Referência para o aeródromo da AFA estão representadas no Anexo 3. Nelas, o centro de referência para as observações é a Torre de Controle do Aeródromo (TWR).

Para identificação dos sistemas atmosféricos atuantes utilizaram-se imagens dos satélites GOES-8, canal IR e visível, METEOSAT, canal 9, disponíveis em <http://satelite.cptec.inpe.br>, e cartas sinóticas de superfície fornecidas pelo Departamento de Hidrografia e Navegação da Marinha da Brasil.

4.3 - Técnicas utilizadas

4.3.1 - Estatística descritiva das ocorrências de nevoeiro.

Foram contabilizados os episódios de nevoeiro ocorridos no período de 1989 a 2008, levando-se em consideração aqueles em que a visibilidade horizontal fosse menor do que 1 km. Para a caracterização da incidência foram calculadas as frequências relativas e absolutas de ocorrência do fenômeno.

Da mesma maneira, contabilizaram-se as horas de ocorrência de nevoeiro, tomando-se por base os códigos de especificação presentes nas planilhas fornecidas pelo ICEA. De posse dessa informação foram plotados os gráficos do total anual de horas de nevoeiro, das frequências relativa e absoluta de totais mensais de horas e dos totais de horas anuais de nevoeiro para o período de maior incidência do fenômeno.

4.3.2 - Distribuição temporal das ocorrências de nevoeiro

Para se obter a configuração da distribuição temporal das ocorrências de nevoeiro no aeródromo da AFA e servir de apoio para a escolha do período do ano a ser analisado e para a seleção dos anos-padrão foram aplicadas duas técnicas estatísticas de classificação, como fez Zandonadi (2009): Desvio Quartílico e Sturges (GERARDI; SILVA, 1981; RAMOS; SANCHES, 2000).

Na aplicação da técnica do Desvio Quartílico (RAMOS; SANCHES, 2000), identificou-se, primeiramente, o número de ocorrências de nevoeiro em cada mês, e, excluídas as repetições, determinou-se o número total de ocorrências na série estudada. A série, então,

foi dividida em quatro grupos com iguais números de ocorrência, cada um correspondendo a 25% do total de valores apresentados na série.

Além do número de classes definidas pela técnica de Desvio Quartílico, foi atribuída uma classe adicional para representar a ausência de nevoeiro. A cada classe assim definida associou-se uma cor, de maneira que foi possível construir uma planilha cromática com a classificação mensal de ocorrência de nevoeiro para os 20 anos estudados. As cores utilizadas para cada classe variaram do verde claro (baixa incidência de nevoeiro) ao azul profundo (alta incidência de nevoeiro), numa tentativa de graduação cromática dos níveis de incidência de nevoeiro. Dessa maneira, para os meses em que não houve ocorrência do fenômeno, não se atribuiu cor, visto que o foco deste estudo é a incidência do fenômeno e não a sua ausência.

Para a técnica de Sturges, calculou-se o número de classes pela fórmula:

$$k = 1 + 3{,}33 \log N$$

onde, k corresponde ao número de classes e N, ao número total de elementos da série.

O intervalo de cada classe foi obtido pela divisão da amplitude dos dados pelo número de classes definido pela fórmula de Sturges (GERARDI; SILVA, 1981).

Uma classe a mais foi definida para representar a ausência de nevoeiro. Aqui também foi associada uma cor a cada classe para construção da planilha cromática para representar a classificação. A escala cromática seguiu a regra adotada no Desvio Quartílico, com algumas inserções de cores.

A finalidade da aplicação de técnicas diferentes foi a de certificar que a distribuição das ocorrências de nevoeiro ao longo dos anos representasse, de maneira mais fiel, o comportamento local, auxiliando, dessa maneira, na decisão da escolha do período do ano a ser analisado.

4.3.3 - Escolha dos anos padrão

A escolha dos anos padrão é uma tarefa extremamente delicada, pois o conceito de anos “habitual” e “excepcional” (alta e baixa ocorrências) está além da simples verificação dos totais anuais acumulados da variável a ser analisada. Para este estudo, por exemplo, dois anos podem apresentar números de ocorrências de nevoeiro similares, mas serem diferentes na distribuição de ocorrência ao longo do ano, provocando, dessa maneira, impactos diferentes na atividade desenvolvida na área estudada. Por isso, entende-se que a escolha de anos-padrão deve basear-se nas atividades habituais desenvolvidas na área.

A técnica escolhida para esta etapa foi a de análise de agrupamento, cuja finalidade é reunir, por algum critério de classificação, os objetos (ou qualquer outro tipo de unidade amostral) em vários grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos. As técnicas de análise de agrupamento têm por objetivo, ainda, dividir um grupo original de observações em vários grupos, segundo algum critério de similaridade ou dissimilaridade (GERARDI; SILVA, 1981).

Inicialmente foram calculados os desvios percentuais para todos os 20 anos da série considerada em relação às ocorrências médias de nevoeiro de todo o período. A esses dados aplicou-se o Método de McQuitty (1966), também conhecido como “análise hierárquica por pares recíprocos” (DINIZ, 1971; SANCHEZ, 1972; VIEIRA, 2007). Esse método define distância média entre pares de objetos e tende a juntar agrupamentos com baixa variância, sendo relevante para a elaboração da matriz de distâncias.

Os agrupamentos obtidos por esse método são apresentados em forma de dendrograma. O programa SAS foi utilizado para obtenção dos agrupamentos.

4.3.4 - Estatística comparativa

Com objetivo de comparar os dados anuais, do período entre 1989 e 2008, dos dias de nevoeiros, com os dados dessa variável para os meses de abril, maio, junho e julho em Pirassununga-SP, foram utilizados o cálculo de elementos da estatística descritiva, gráficos, ajuste de curvas de regressão polinomial.

Conhecer os períodos de grande intensidade de nevoeiros é vital em diversas circunstâncias, como na previsão para ocorrência de nevoeiros em estradas e aeródromos e, em particular, no planejamento de atividades de voo na AFA, tendo em vista os aspectos econômicos e de segurança para a navegação aérea.

Para certificar que o período escolhido para ser analisado em cada ano-padrão fosse representativo da realidade local, procurou-se fazer uma análise estatística comparativa das ocorrências dos dias de nevoeiro anuais com os dias de nevoeiro dos meses de abril, maio, junho e julho do aeródromo da AFA para a série de 20 anos considerada.

Com esses dados foram encontradas as principais medidas estatísticas, elaboradas tabelas e gráficos, aplicando-se esses resultados na interpretação e verificação das comparações entre as variáveis estudadas. O uso das tabelas e gráficos e o cálculo dos coeficientes de determinação R^2, de cada período, permitiram analises de resultados interessantes sobre os níveis de significâncias das escolhas dos meses.

Além da regressão linear, os dados foram ajustados por uma curva polinomial, baseada no método dos mínimos quadrados para um conjunto de pontos. Foi, também, encontrada a correlação de Kendall para as comparações das variáveis no período de 1989-2008. As fórmulas para esses cálculos podem ser encontrados em Morettin e Bussab (2004).

4.3.5 - Elaboração dos gráficos de análise rítmica

Para realizar a análise rítmica, de acordo com os preceitos de Monteiro (1971), é necessário fazer a representação gráfica simultânea, ao longo do tempo, dos elementos climáticos tomados em superfície e do sistema atmosférico atuante na ocasião observada.

Para elaboração do gráfico de análise rítmica dos anos-padrão foram considerados os seguintes elementos climáticos: pressão atmosférica (mb), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica/total diário (mm), velocidade ($m.s^{-1}$) e direção do vento, nebulosidade em oitavos (parte da abóboda celeste coberta por nuvens). Para o estabelecimento das classes de velocidade do vento utilizou-se a escala anemométrica de Beaufort (em nós), de acordo com o Manual de Códigos Meteorológicos - MCA 105-10 (2001).

Optou-se pela representação, no gráfico de análise rítmica, dos sistemas atmosféricos atuantes nos três anos-padrão em dois horários, às 12 h (TMG) e às 00h (TMG). Assim, procurou-se observar nuances nos parâmetros analisados em função de mudança na circulação atmosférica ocorrida num mesmo dia.

Para a identificação dos sistemas atmosféricos foram analisadas 972 cartas sinóticas do Departamento de Hidrografia e Navegação da Marinha da Brasil e 974 imagens de satélites do GOES-8, visível e infravermelho, complementadas com imagens do satélite Meteosat-10.

Sistemas atmosféricos atuantes na região

Após análise da identificação dos sistemas atmosféricos a partir das obras de Nimer (1989) e Monteiro (1973), que estabeleceram o padrão da dinâmica dos sistemas para o sul e sudeste do país, consideraram-se, neste estudo, aqueles que atuaram na região durante o

período analisado, ou seja, os sistemas anticiclonais, como a Massa Polar Atlântica (MPA), Massa Polar Velha (MPV) e a Massa Tropical Atlântica (MTA), e os sistemas perturbados, como a Frente Polar Atlântica (FPA), a Repercussão da Frente Polar Atlântica (RFPA), a Frente Polar Estacionária (FPAE) e a Frente Polar Reflexa (FPR). A caracterização de cada sistema é dada a seguir:

Frente Polar Atlântica (FPA): sistema frontal responsável pela geração de pluviosidade e mudanças de temperatura. Sua atuação resulta em queda significativa da temperatura, aumento da nebulosidade e da umidade relativa e, consequentemente, na geração de precipitação pluviométrica.

Frente Polar Atlântica Estacionária (FPAE): o sistema estaciona por três dias ou mais, causando chuva leve e contínua, céu totalmente nublado, queda de temperatura e umidade relativa elevada.

Repercussão da Frente Polar Atlântica (RFPA): é um prenúncio da entrada de uma Frente Polar Atlântica. O céu fica parcial ou totalmente encoberto, aumento da umidade relativa e leve declínio da temperatura; a precipitação, quando acontece, é baixa.

Frente Polar Reflexa (FPR): representa um eixo secundário da FPA, define-se quando da separação entre o ar polar modificado (MPV), proveniente de um avanço anterior e o ar tropical marítimo (MTA). Sua definição se dá melhor no litoral do que no interior (SANT'ANNA NETO, 1990).

Massa Polar Atlântica (MPA): massa de ar que se origina no anticiclone polar atlântico; apresenta maior atividade no outono e no inverno. O tempo, sob ação desse sistema, apresenta-se com rápido declínio da temperatura, maiores amplitudes térmicas, umidade relativa muito baixa, pressão atmosférica em elevação, céu claro e tempo ensolarado e ventos de sul, sudeste ou sudoeste.

Massa Polar Velha (MPV): ar polar enfraquecido, com temperatura em ascensão e pressão atmosférica em ligeiro declínio. Os ventos sopram de leste ou de nordeste.

Massa Tropical Atlântica (MTA): sistema de alta pressão que originaria no anticiclone semifixo do Atlântico Sul, ora mais afastado, ora mais próximo da costa. Como é um sistema anticiclonário, os ventos sopram no sentido anti-horário, ou seja, do Atlântico para o continente. É um sistema gerador de tempo estável, principalmente no interior do continente, com atividade constante o ano inteiro (MONTEIRO, 1968).

4.3.6 – Caracterização do vento no aeródromo da AFA

O ar em movimento, devido ao aquecimento e arrefecimento da superfície terrestre, forma-se, respectivamente, a partir das zonas de altas e baixas pressões nas várias escalas espaciais. Para equilibrar essas diferenças, o ar desloca-se de uma zona de alta para uma de baixa pressão, dando origem aos ventos. No deslocamento de zonas de maior para as de menor pressão, os ventos sofrem também influência do movimento de rotação da Terra (deflexão devido à força de Coriolis), bem como da topografia e rugosidade da superfície terrestre (TUBELIS & NASCIMENTO, 1984).

O vento é um elemento meteorológico significativo nos processos físicos da atmosfera e pode ser um fator determinante na formação e dissipação de nevoeiro. Considerando que o vento é uma variável que apresenta grande variação no tempo e no espaço realizou-se estudo para a caracterização da velocidade e direção predominante do vento no aeródromo de Pirassununga.

Foram utilizados dados diários de direção e velocidade do vento de um período de 18 anos (1989 a 1999 e 2002 a 2008), coletados na Estação Meteorológica de Superfície da AFA. As observações foram efetuadas por meio de anemômetro analógico, instalado a 10 m acima

da superfície. Os valores da velocidade e direção do vento foram tomados no intervalo entre 5 h e 22 h, horário de funcionamento de aeródromo. Por problemas no equipamento, houve falhas nos registros dos anos 2000 e 2001, motivo pelo qual esses dois anos não foram computados na análise.

Para caracterizar a direção predominante do vento foi realizado o cálculo da frequência das observações diárias para cada um dos doze meses do ano, empregando-se a seguinte expressão (GALVANI et al., 1999):

$$f(x) = \frac{n}{N}.100$$

Onde: f(x) é a frequência de ocorrência do vento em determinada direção (x); n é o número de ocorrências de uma determinada direção; N é o número total de observações.

Para o cálculo das percentagens da direção predominante foram consideradas as observações de calmaria.

Para melhor visualização as frequências de direção foram plotadas em gráficos do tipo rosa dos ventos.

4.3.7 - Análise episódica

Esta parte do trabalho iniciou-se com o levantamento, em cada ano-padrão, da participação dos sistemas atmosféricos para cada mês do período selecionado e com a síntese da participação de cada um nos eventos de nevoeiro.

Para cada mês do ano-padrão efetuou-se a caracterização dos tipos de tempo, com ênfase nas manifestações dos sistemas frontais geradores de tempo instável, com ou sem precipitação.

A caracterização dos tipos de tempo relacionados às ocorrências de nevoeiro foi realizada por meio de análises episódicas para os períodos em que o fenômeno ocorreu.

Procurou-se, com esse procedimento, buscar o entendimento qualitativo dos processos responsáveis pelos eventos previamente selecionados.

4.3.8 – Representação diária da temperatura, umidade relativa do ar

Para melhor caracterizar os tipos de tempo e sua sucessão ao longo do período analisado, foram elaborados gráficos de temperatura e umidade relativa do ar na escala horária para cada mês dos anos-padrão. A temperatura e a umidade relativa do ar, parâmetros utilizados na definição dos tipos de tempo e seu comportamento ao longo do dia, estão relacionados com o sistema atmosférico atuante.

A representação da temperatura foi feita usando-se termoisopletas que consistem de um isograma semelhante às isotermas, desenvolvida por Humboldt para representar regiões de temperaturas iguais em sua viagem ao mundo equinocial (HELFERICH, 2005). Os diagramas ou termoisopletas consistem na elaboração de um gráfico que representa as temperaturas diárias na escala horária, ao longo dos meses do ano. Neste caso, as linhas não unirão locais de mesma temperatura e sim horários de igual temperatura ao longo do tempo cronológico (HIERA, 2010 e BORSATO et al., 2010).

Utilizando-se desta mesma concepção, representou-se a evolução da umidade relativa do ar ao longo do dia por meio de um gráfico com os valores da umidade relativa do ar diária na escala horária, para cada mês analisado. Neste caso, as linhas unirão horários de igual umidade relativa ao longo do mês.

Para a elaboração das termoisopletas, da representação da umidade relativa do ar e da velocidade do vento utilizou-se o software Surfer 10 (Golden Software, Inc).

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 - Climatologia de nevoeiro para o aeródromo da AFA

A figura 12 mostra a frequência relativa e a frequência absoluta das ocorrências de nevoeiro observadas no aeródromo da AFA no período de 1989 a 2008. Observa-se que, de um total de 821 casos de nevoeiros, 67% das ocorrências aconteceram nos meses de abril a julho, com predominância nos meses de maio e junho. As menores frequências ocorreram nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, com um total de 9,5%, e, nos meses de fevereiro, março, agosto e setembro, a incidência ficou em torno de 23,4%.

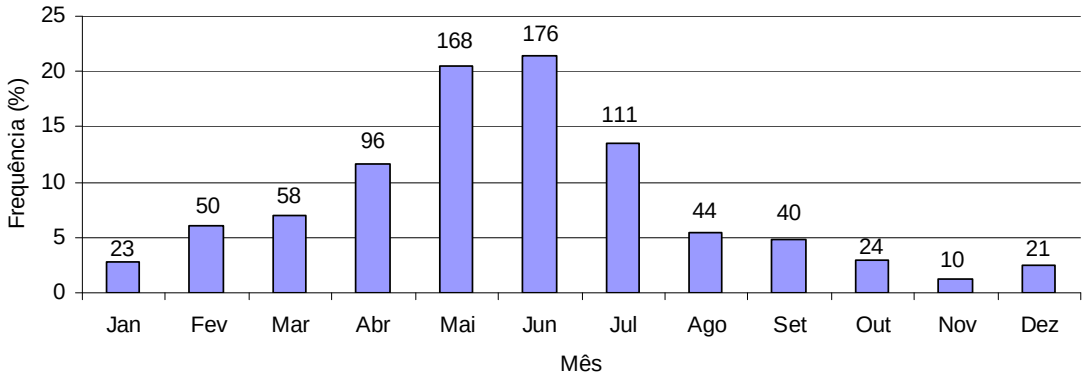


Figura 12 - Frequência relativa e frequência absoluta (números acima das colunas) de ocorrência de nevoeiro no aeródromo da AFA no período 1989-2008.

A figura 13 apresenta o total anual de horas com nevoeiro para os 20 anos considerados. A análise dessa figura destaca o ano de 1998 (127 h) como o de maior número de horas de nevoeiro e 2000 (36 h), como o de menor número de horas.

A figura 14 apresenta o total mensal de horas com nevoeiro para o período 1989-2008. Observa-se que os meses de maior ocorrência de horas de nevoeiro são abril (166 h), maio (333 h), junho (382 h) e julho (240 h). Os meses de menor ocorrência de horas de nevoeiro são outubro (34 h), novembro (17 h), dezembro (29 h) e janeiro (35 h).

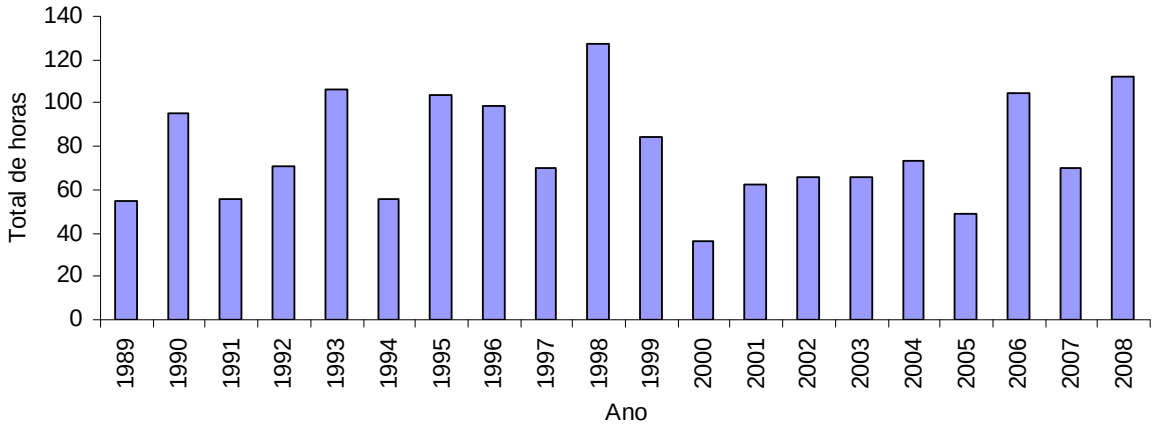


Figura 13 - Total anual de horas de nevoeiros para o aeródromo da AFA no período 1989 a 2008.

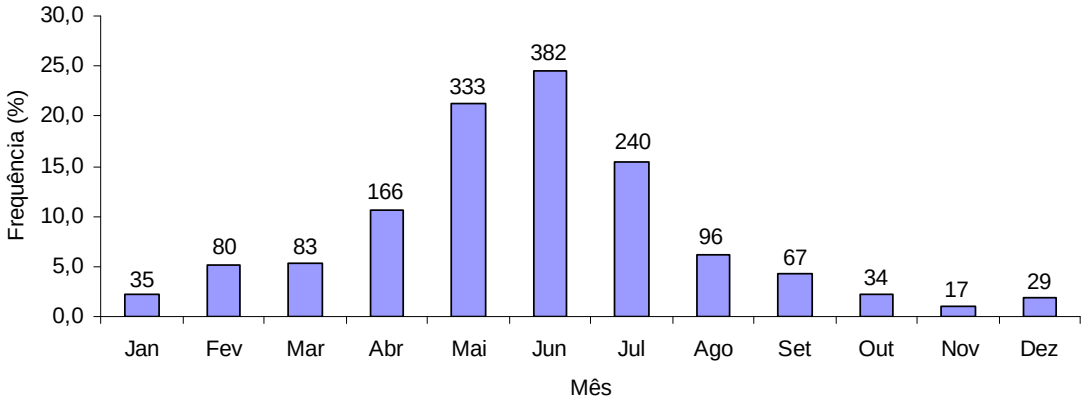


Figura 14 - Frequência relativa (%) e frequência absoluta (números acima das colunas) de totais mensais de horas com nevoeiro no aeródromo da AFA no período 1989-2008.

O total de horas discriminado para os meses de maior incidência (abril, maio, junho e julho) é mostrado na Figura 15, que também mostra 1998 com o maior número de horas de nevoeiro (89 h), seguido de 2008, com 79 h. O ano 2000 teve o menor número de horas (15 h), seguido de 2005, com 37 h para o mesmo período. Destaca-se também o mês de junho de 1999 como o de maior número de horas de nevoeiro (39 h).

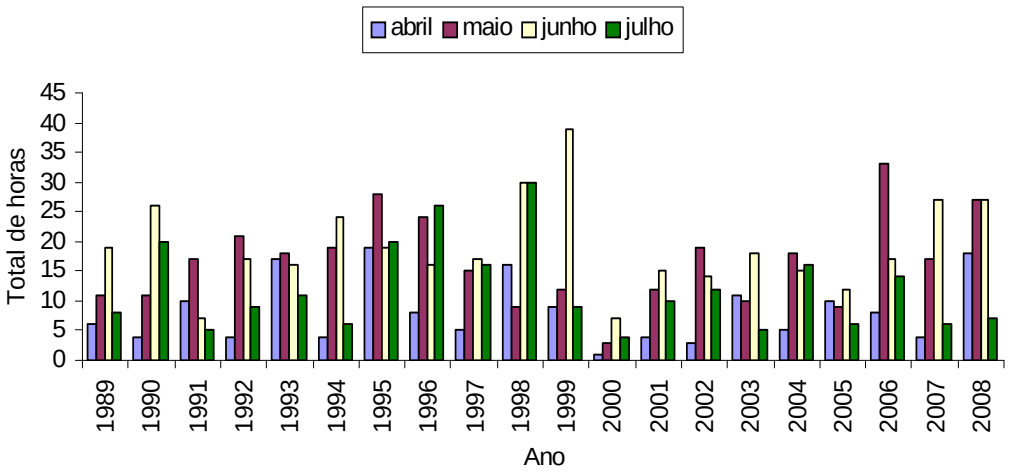


Figura 15 - Totais de horas anuais de nevoeiros para os meses abril, maio, junho e julho para o aeródromo da AFA.

5.2- Análise da distribuição temporal das ocorrências de nevoeiro

Os resultados dos cálculos dos pesos percentuais mensais de ocorrência de nevoeiro em relação ao número total de dias de ocorrências são apresentados no Quadro 5. É possível, de imediato, verificar que os meses com maiores incidências de nevoeiro se concentram entre abril e julho.

A aplicação da técnica de Desvio Quartílico aos dados percentuais de incidência de nevoeiro (Quadro 1) resultou nos intervalos de classe apresentados na Tabela 2. Para cada classe definida associou-se uma cor, sendo reservada a ausência de cor para a classe que representa a ausência do fenômeno.

Quadro 1 - Pesos percentuais de ocorrência de nevoeiro em relação ao total do período 1989-2008.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1989	0,12	0,24	0,36	0,36	1,45	1,45	0,72	0,36	0,12	0,12	0,00	0,00
1990	0,12	0,12	0,72	0,36	0,72	1,21	0,85	0,36	0,60	0,12	0,00	0,12
1991	0,00	0,48	0,12	0,72	1,33	0,72	0,36	0,12	0,00	0,12	0,00	0,36
1992	0,12	0,12	0,60	0,36	0,97	0,72	0,60	0,12	0,48	0,12	0,12	0,12
1993	0,12	0,60	0,60	1,09	0,85	0,72	0,72	0,60	0,48	0,12	0,00	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	0,60	1,33	1,33	0,36	0,12	0,00	0,00	0,12	0,12
1995	0,00	0,48	0,24	1,33	1,33	1,09	0,72	0,00	0,00	0,48	0,00	0,12
1996	0,12	0,24	0,24	0,60	1,09	0,60	0,97	0,12	0,48	0,24	0,00	0,24
1997	0,12	0,24	0,24	0,24	0,85	0,97	0,85	0,12	0,12	0,12	0,00	0,24
1998	0,12	0,85	0,48	0,97	0,72	1,33	1,45	0,72	0,12	0,24	0,12	0,12
1999	0,24	0,00	0,36	0,48	0,97	1,81	0,60	0,00	0,48	0,00	0,00	0,12
2000	0,36	0,00	0,24	0,12	0,36	0,48	0,36	0,36	0,24	0,24	0,12	0,24
2001	0,36	0,24	0,48	0,36	0,85	0,97	0,72	0,12	0,00	0,12	0,24	0,12
2002	0,12	0,24	0,36	0,36	1,09	0,85	0,85	0,36	0,12	0,00	0,00	0,12
2003	0,12	0,24	0,12	0,72	0,72	1,21	0,48	0,48	0,24	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,48	0,24	0,97	1,21	0,72	0,85	0,36	0,12	0,24	0,12	0,00
2005	0,24	0,12	0,12	0,60	0,72	0,72	0,36	0,00	0,36	0,12	0,00	0,00
2006	0,12	0,36	0,36	0,60	1,69	1,21	0,72	0,48	0,24	0,36	0,24	0,12
2007	0,36	0,12	0,36	0,36	0,85	1,57	0,48	0,00	0,00	0,12	0,00	0,12
2008	0,00	0,85	0,60	1,09	1,45	1,57	0,36	0,48	0,60	0,00	0,12	0,24

Tabela 2 - Intervalos de classe obtidos por meio da técnica de Desvio Quartílico e escala cromática associada.

Classes	Limite mínimo	Limite máximo	Cor associada
Ausência de nevoeiro	0	0	
1.ª classe	0,12	0,47	
2.ª classe	0,48	0,96	
3.ª classe	0,97	1,44	
4.ª classe	1,45	1,81	

Com os intervalos de classe assim definidos, organizou-se uma planilha com as frequências absolutas de ocorrência de nevoeiro para a série (Quadro 2) e, também, uma planilha cromática para classificar a ocorrência do fenômeno no período de 20 anos (Quadro 3).

Quadro 2 - Frequência absoluta da ocorrência de nevoeiro para o período de 20 anos, de acordo com os intervalos de classe sugeridos pela técnica de Desvio Quartílico, associados à escala cromática.

CLASSES	COR	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08
0		2	1	3	0	2	5	4	1	1	0	4	1	1	2	3	2	3	0	3	2
0,12 – 0,47		7	6	5	7	2	4	2	6	8	5	3	10	7	7	4	5	6	7	6	3
0,48 – 0,96		1	4	3	4	7	1	3	3	2	4	3	1	3	2	4	3	3	3	2	4
0,97 – 1,44		0	1	1	1	1	2	3	2	1	2	1	0	1	1	1	2	0	1	0	1
1,45 – 1,81		2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2

Quadro 3 - Planilha cromática com a ocorrência mensal de nevoeiro para o período 1989-2008, de acordo com os intervalos de classes sugeridos pela técnica de Desvio Quartílico.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												

Observa-se, também, por esta técnica de classificação que o período compreendido entre os meses de abril a julho se destaca como habitual para ocorrência de nevoeiro no aeródromo da AFA. A análise do Quadro 3 permite concluir que no período compreendido entre os meses de outubro a janeiro ocorre baixa incidência de nevoeiro e que em fevereiro, março, agosto e setembro as ocorrências têm um valor intermediário. Verifica-se, também, que, em 2008, a ocorrência significativa de nevoeiro começou em fevereiro e se estendeu até

setembro; em 1998 as ocorrências também começaram em fevereiro, mas se estenderam até agosto. Em 2000 somente em julho há ocorrência significativa do fenômeno. Da mesma maneira, em 2005 há baixa ocorrência de nevoeiro no período considerado habitual.

A aplicação da técnica de Sturges aos dados percentuais de incidência de nevoeiro em relação ao período de 20 anos resultou em 9 (nove) classes. Nessa classificação também foi reservada uma classe especial para a condição de ausência de nevoeiro. A distribuição desses intervalos de classe é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Intervalos de classe obtidos por meio da técnica de Sturges e a escala cromática associada.

Classes	Limite mínimo	Limite máximo	Cor associada
Ausência de nevoeiro	0	0	
1.ª classe	0,12	0,31	
2.ª classe	0,32	0,51	
3.ª classe	0,52	0,71	
4.ª classe	0,72	0,91	
5.ª classe	0,92	1,11	
6.ª classe	1,12	1,31	
7.ª classe	1,32	1,51	
8.ª classe	1,52	1,71	
9.ª classe	1,72	1,91	

A planilha com as frequências absolutas, determinadas a partir dos intervalos de classes definidos pela técnica de Sturges, e a respectiva planilha cromática de classificação são apresentadas pelos Quadros 4 e 5, respectivamente.

Quadro 4 - Frequência absoluta com os dias de ocorrência de nevoeiro, de acordo com os intervalos de classes sugeridos pela regra de Sturges, combinados com cores.

CLASSES		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08
0		2	1	3	0	2	5	4	1	1	0	4	1	1	2	3	2	3	0	3	2
0,12 – 0,31		4	4	3	6	2	3	2	6	8	5	2	6	5	4	4	4	4	4	3	2
0,32 – 0,51		3	2	3	2	1	1	2	1	0	1	3	5	3	3	2	2	2	4	4	2
0,52 – 0,71		0	1	0	2	3	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	2
0,72 – 0,91		1	3	2	1	3	0	1	0	2	3	0	0	2	2	2	2	2	0	1	1
0,92 – 1,11		0	0	0	1	1	0	1	2	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1
1,12 – 1,31		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
1,32 – 1,51		2	0	1	0	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
1,52 – 1,71		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1,72- 1,91		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 5 - Planilha cromática com a ocorrência mensal de nevoeiro para o período 1989-2008, de acordo com os intervalos de classe s sugeridos pela fórmula de Sturges.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												

A técnica de Sturges definiu intervalos de classe que permitiram, por meio da escala de cor associada, constatar, mais uma vez, que o período de abril a julho (AMJJ) é habitual para ocorrência de nevoeiro no aeródromo da AFA. Da mesma maneira, foi possível destacar dois outros períodos: o que compreende os meses de outubro a janeiro e aquele com os meses fevereiro, março, agosto e setembro, representantes de períodos com baixa e média ocorrência de nevoeiro, respectivamente.

Quanto à análise dos anos, verificou-se, também pela técnica de Sturges, que em 1998 e 2008 os nevoeiros começaram a aparecer logo em fevereiro e se estenderam até agosto e setembro, respectivamente, indicando meses com comportamentos não habituais para a série estudada. Em razão da referida distribuição, esses anos destacaram-se como excepcionais, com alta de ocorrência de nevoeiro para a série de 20 anos. O ano de 2000 destaca-se pela distribuição não habitual das ocorrências de nevoeiro. No período considerado habitual, as ocorrências não foram muito significativas, reunindo-se na mesma classe os meses de janeiro,

maio, julho e agosto. Em 2005, novamente, aparece uma distribuição de ocorrências diferente da esperada para o período habitual, verificando-se, assim, como para o ano 2000, que não houve nenhuma alta ocorrência de nevoeiro (tons de azul).

Por estas análises elegeu-se o período composto pelos meses abril, maio, junho e julho (AMJJ) para aplicação do método de análise rítmica.

5.3- Escolha dos anos padrão

Considerando o número total de ocorrências de nevoeiro no período AMJJ foram obtidos os desvios percentuais para todos os anos da série estudada em relação às ocorrências médias de todo o período (Tabela 4).

Tabela 4 - Variabilidade da ocorrência de nevoeiro para o período AMJJ para o aeródromo da AFA.

		DESVIO	
ANO	**TOTAL**	**dias**	**%**
1989	33	5,45	19,6
1990	26	-1,55	-5,8
1991	26	-1,55	-5,8
1992	22	-5,55	-20,3
1993	28	0,45	1,4
1994	30	2,45	8,7
1995	37	9,45	34,1
1996	27	-0,55	-2,2
1997	24	-3,55	-13,0
1998	37	9,45	34,1
1999	32	4,45	15,9
2000	11	-16,55	-60,1
2001	24	-3,55	-13,0
2002	26	-1,55	-5,8
2003	26	-1,55	-5,8
2004	23	-4,55	-16,7
2005	20	-7,55	-27,5
2006	35	7,45	26,8
2007	27	-0,55	-2,2
2008	37	9,45	34,1
média	**27,6**		
DP	**6,5**		

Os dados foram agrupados por meio do método de Mcquitty de "análise hierárquica por pares recíprocos", cujo resultado é fornecido em forma de dendrograma ou árvore de ligação, representado na Figura 16. O programa SAS foi utilizado para elaboração do dendrograma, de modo que se buscou identificar os anos com características semelhantes de ocorrência de nevoeiro, no período AMJJ, classificando-os nas categorias habitual, excepcional de alta ocorrência e excepcional de baixa ocorrência.

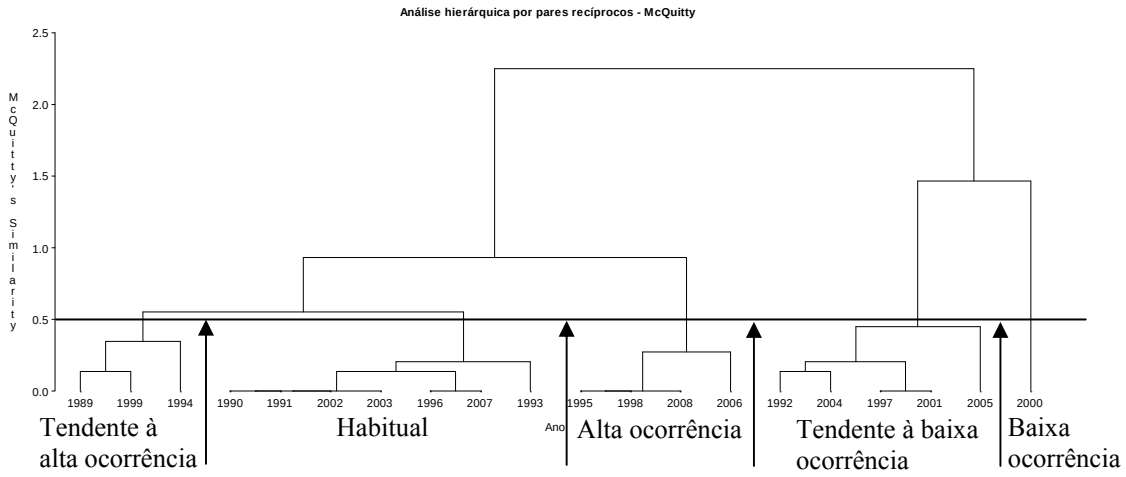


Figura 16 - Dendrograma das ocorrências de nevoeiro no período AMJJ para o aeródromo da AFA (1989-2008).

Pela análise do dendrograma optou-se por considerar os agrupamentos indicados na Figura 16. Após análise de todo o banco de dados, para verificação da integralidade de todos os atributos meteorológicos a serem utilizados na análise rítmica, foram escolhidos os anos 2003, 2008 e 2005 como os representantes das categorias habitual, excepcional de alta ocorrência e excepcional de baixa ocorrência, respectivamente.

O ano 2000, indicado pelo dendrograma como o único representante do ano excepcional de baixa ocorrência, não pode ser considerado devido a inexistência de registros de velocidade e direção do vento, variáveis importantes na caracterização do tipo de tempo.

Assim, escolheu-se o representante desta categoria entre os anos agrupados como "tendentes à baixa ocorrência".

5.4- Estatística comparativa

Com os dados obtidos, calcularam-se as medidas da Estatística descritiva tais como a média aritmética, o desvio padrão, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e o coeficiente de curtose. As fórmulas utilizadas para calcular essas medidas podem ser encontradas em ZAR (1998), SPIEGEL (1993) ou TRIOLA (2005). Nos cálculos utilizaram-se os aplicativos estatísticos do SAS e do Statistica.

Tabela 5 - Medidas estatísticas de Nevoeiro 1989-2008.

Nomes	Média	DP	CV(%)	Assimetria	Curtose
N-Anual	40,45	10,318	25,51	0,1824	0,6394
N-AMJJ	27,45	6,468	23,56	-0,4521	0,8507

N-Anual= dias de nevoeiro no ano;
N AMJJ= dias de nevoeiro nos meses de abril, maio, junho e julho.

Os dados da Tabela 5 mostram que as médias (primeira coluna) da variável Nevoeiro (N-Anual) e Nevoeiro dos meses de abril maio, junho e julho (N-AMJJ) não estão próximas. O mesmo ocorre para a segunda coluna do desvio padrão (DP). Para a terceira coluna, do Coeficiente de Variação (CV), os resultados são bem próximos, indicando baixa variabilidade.

Em relação à assimetria (quarta coluna), todas são classificadas como assimétricas, sendo que a variável nevoeiro apresenta assimetria positiva para os dados anuais e negativa para os dados dos meses de AMJJ. Em relação à curtose, ambas as distribuições são classificadas como platicúrticas, pois $a_4 < 3$. Esses cálculos são importantes também para a verificação da tendência da série histórica de Pirassununga no período de 1989-2008.

5.4.1 - Regressões e modelos ajustados aos dados de Nevoeiro

No estudo da Regressão, a finalidade é determinar a dependência de uma variável chamada dependente em relação a uma outra, chamada variável independente. Uma das mais importantes aplicações da análise de regressão é a escolha, entre as diversas variáveis independentes, das que serão úteis na previsão de algum resultado e como o comportamento de uma variável pode ser explicada por outras.

Desta maneira foram apresentados os gráficos, equações de regressões linear e polinomial de grau 4, mostrando-se como se relacionam as principais variáveis usadas. Com os aplicativos Statistica e Bioest de Estatística, foram feitas as regressões das variáveis em questão de maneira simultânea, verificando-se, pelo coeficiente de determinação, qual a curva mais bem ajustada aos dados coletados.

A equação da reta de regressão, tendo como variável dependente dias de nevoeiro anuais de AMJJ (Y), e como variável independente, dias de nevoeiro anuais (X) encontrada foi $Y = 6{,}6356 + 0{,}5146X$, com coeficiente de determinação igual a $R^2 = 67{,}57\%$, tendo N-AMJJ como variável dependente (Y) N-Anual como variável independente (X). Esse resultado significa que é possível utilizar os dados de nevoeiro dos meses de AMJJ para os dados anuais de nevoeiro do período de 1989-2008 com um percentual de acerto de 67,57%, ou seja, os nevoeiros de AMJJ podem explicar com 67,57% de confiabilidade os nevoeiros anuais do período. A reta de regressão é apresentada na Figura 17.

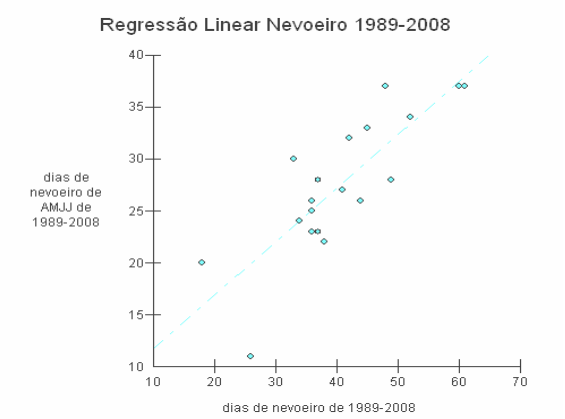


Figura 17 - Reta de regressão linear para as variáveis Nevoeiro-Anual e Nevoeiro-AMJJ.

A equação de regressão polinomial de grau 4 encontrada foi $Y = 396{,}7784 - 1{,}8389X + 1{,}8596X^2 - 0{,}1361X^3 + 0{,}0014X^4$, com coeficiente de determinação R^2=76,36%, tendo N-AMJJ como variável dependente (Y) N-Anual como variável independente (X). O Gráfico dessa equação é dado na Figura 18.

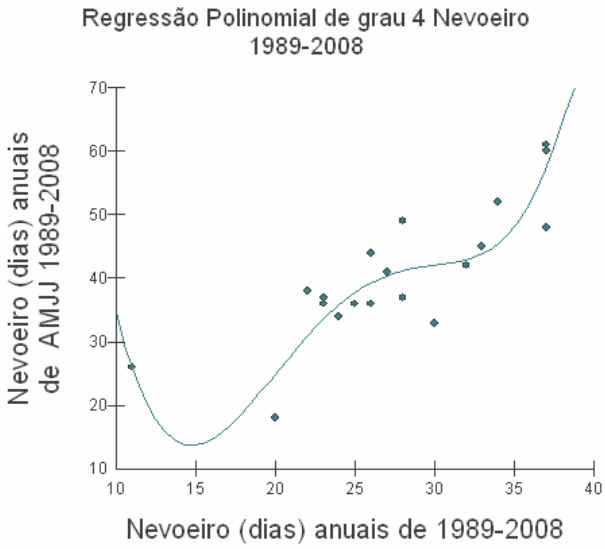


Figura 18 - Curva da Regressão Polinomial de grau 4 para a variável nevoeiro.

Com o intuito de explicar o comportamento das ocorrências de nevoeiro do período AMJJ com as de nevoeiros anuais de 1989-2008, ajustou-se o modelo de regressão polinomial. Isso significa que os 76,36% da variação dos dias de nevoeiro anuais de AMJJ são explicados pela variação dos dias de nevoeiro anuais. Os 24% restantes são inexplicados e se devem ao acaso ou a outras variáveis que interferem no local.

Dessas análises verifica-se que, para as variáveis N-Anual e N-AMJJ no período de 1989 a 2008, os coeficientes de determinação R^2 para as regressões linear e polinomial de grau 4 são, respectivamente, 67,57% e 76,36%, significando que a regressão polinomial de grau 4 produz melhor ajuste do que a linear. Nesse sentido, conclui-se que, estatisticamente, os estudos sobre ocorrências de nevoeiro no período AMJJ podem ser realizados com confiabilidade de 76,36% sobre os dados de ocorrências de nevoeiro anuais.

5.4.2 - Análise de Correlação

A análise de correlação proporciona uma maneira de verificar o grau de associação entre duas variáveis. Alguns testes mais utilizados para essa análise são: Correlação Linear de Pearson; Matriz de Correlação; Correlação Parcial e Correlação. O teste de Correlação Linear de Pearson é usado onde os valores das variáveis x e y são mensuradas em intervalos de classes. Esse coeficiente pode variar de -1 a +1, quanto mais próximos desses valores, mais forte a associação das variáveis. O zero desse coeficiente indica a ausência de correlação. A seguir apresenta-se, para os dias de nevoeiros, uma análise dos coeficientes de Correlação Linear de Pearson anuais e para os meses de abril, maio, junho e julho de Pirassununga 1989-2008.

Em relação ao período estudado, foi calculado o coeficiente de correlação para os dados anuais e para os dados do período AMJJ, obtendo-se $\tau = 3{,}7831 > 0$ estatisticamente significante, pois $p = 0{,}000155 < 0{,}05 = 5\%$.

As Figuras 19 e 20 mostram os gráficos de dispersão e o polinômio ajustado para as ocorrências de nevoeiros anuais e do período AMJJ.

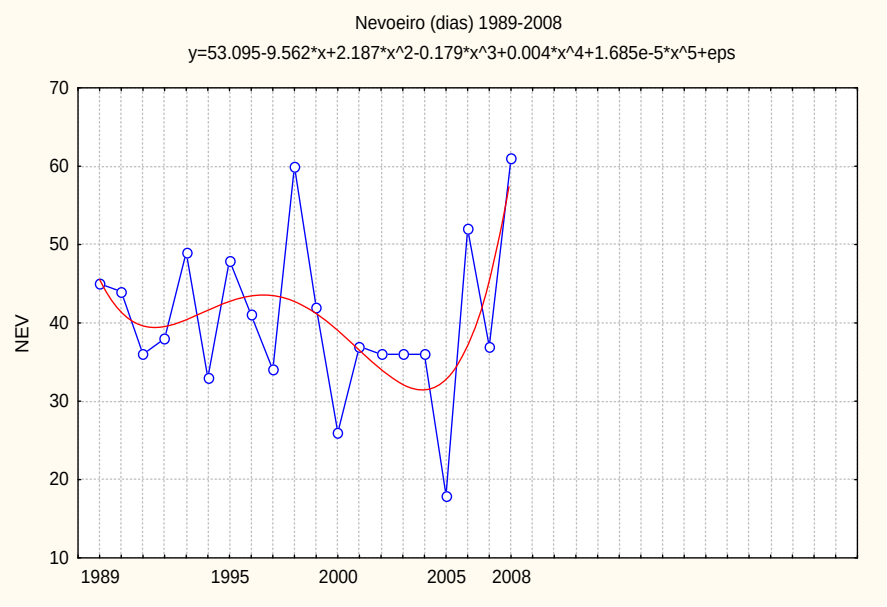


Figura 19 – Gráfico de dispersão de ocorrências anuais de nevoeiro.

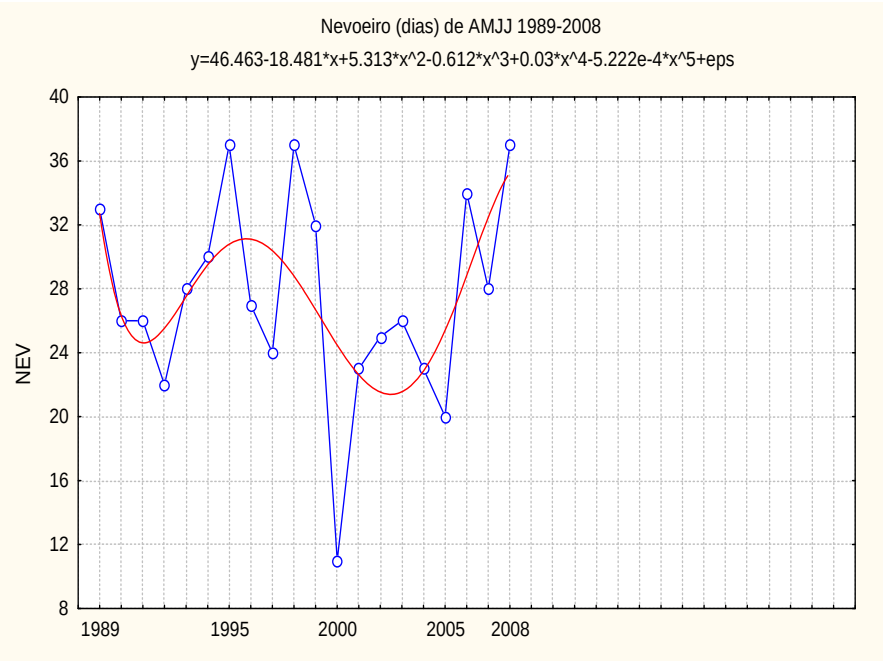


Figura 20 – Gráfico de dispersão de ocorrências de nevoeiro no período AMJJ.

5.5 – Caracterização do vento no aeródromo da AFA

O vento é um elemento importante na formação e dispersão do nevoeiro. Situações de ventos fracos ou de calmaria podem favorecer a formação do nevoeiro (principalmente os de radiação); por outro lado, a presença de ventos fortes pode inibir sua formação e provocar sua dispersão. Dessa maneira, o conhecimento do comportamento do vento no aeródromo da AFA é uma valiosa informação para o estudo de ocorrências do fenômemo.

A Tabela 6 apresenta as frequências de direção do vento, incluindo as de calmaria, e a Figura 21 representa as direções médias, em percentagens, para os doze meses do ano, por um período de 18 anos. Observa-se que a situação de calmaria é preponderante em todos os meses, com uma média anual de 54,9%, verificando-se uma pequena queda nos meses setembro, outubro, novembro e dezembro (valores abaixo de 50%).

A análise da Tabela 6 mostra que a direção predominante do vento é sul (S), com um valor máximo, de 22,6%, em setembro e um valor mínimo, de 6,2%, em junho. A média anual de observações da direção sul (S) é de 12,3%.

A direção norte (N) apresenta-se como segunda maior ocorrência, com uma média de 7,3%, com valor máximo de 11,4%, ocorrendo em dezembro e valor mínimo, de 5,1%, em agosto. A terceira direção é noroeste (NW), com uma média de 6,8%.

Pela Figura 21 visualiza-se que a direção sul (S) é predominante em todos os meses, com exceção de janeiro e fevereiro em que a direção noroeste (NW) é a que prevalece.

A segunda direção de maior frequência é norte (N) para os meses de janeiro a março, abril, maio e outubro a dezembro, de noroeste (NW) para os meses abril e maio e de nordeste (NE) para os meses agosto e setembro.

Tabela 6 - Frequência de direção do vento durante os meses do ano pelo período de 18 anos analisados, AFA-Pirassununga/SP.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calmaria
Janeiro	11,0	6,0	3,1	2,7	8,6	2,6	1,8	11,4	52,9
Fevereiro	9,0	6,0	3,6	3,1	8,0	2,9	2,4	9,6	55,4
Março	6,4	5,0	2,8	3,9	10,4	2,7	1,6	6,3	61,0
Abril	5,3	4,3	3,0	3,7	11,0	2,4	1,5	6,3	62,5
Maio	4,4	4,0	2,9	3,8	9,2	3,0	1,7	5,0	66,0
Junho	5,7	5,5	3,8	2,7	6,2	2,7	1,5	4,5	67,4
Julho	6,1	5,0	3,3	2,9	11,2	3,3	1,2	5,4	61,7
Agosto	5,1	7,0	5,7	3,7	12,0	3,9	1,3	4,0	57,4
Setembro	5,4	6,9	5,1	4,8	22,6	4,9	1,7	5,2	43,4
Outubro	7,9	7,5	4,8	5,9	19,7	4,8	2,1	6,2	41,1
Novembro	9,9	6,6	4,2	5,6	17,4	4,2	2,3	7,6	42,2
Dezembro	11,4	6,0	3,6	4,0	11,8	2,9	2,4	10,4	47,5
Média	**7,3**	**5,8**	**3,8**	**3,9**	**12,3**	**3,4**	**1,8**	**6,8**	**54,9**

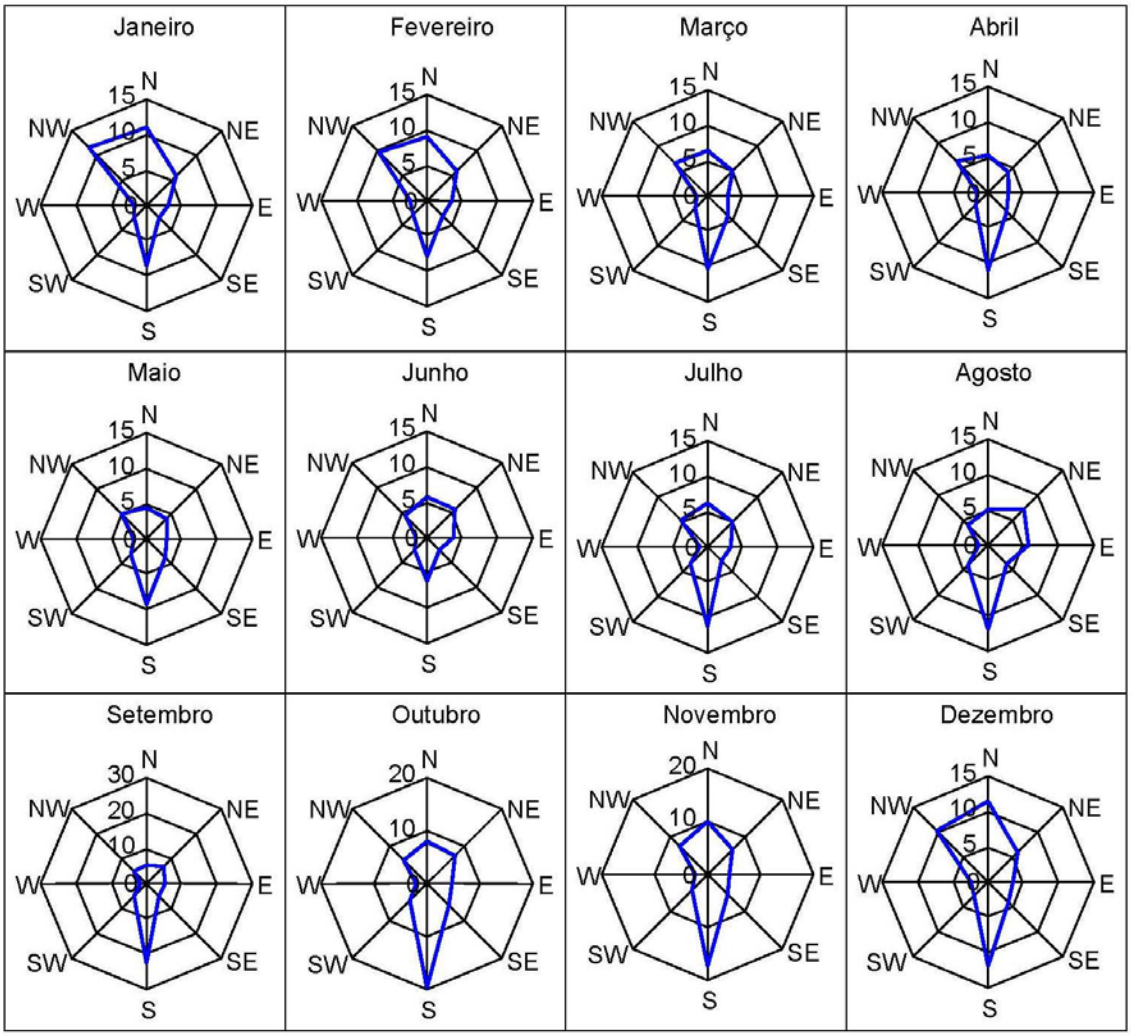


Figura 21 - Direção média mensal predominante do vento (em %) para a AFA-Pirassununga/SP nos 18 anos.

Velocidade Média

A Figura 22 mostra os valores da velocidade média mensal para os dezoito anos analisados.

A velocidade média anual foi de 1,5 $m.s^{-1}$ para o período analisado. Nos meses de janeiro, setembro, outubro, novembro e dezembro houve velocidades acima da média anual.

Excluindo as situações de calmaria, a velocidade mínima dos ventos ocorreu em junho, com 0,9 $m.s^{-1}$, seguida pelo mês de maio, com 1 $m.s^{-1}$. O valor máximo de velocidade média foi verificado mês de novembro, com 2,1 $m.s^{-1}$.

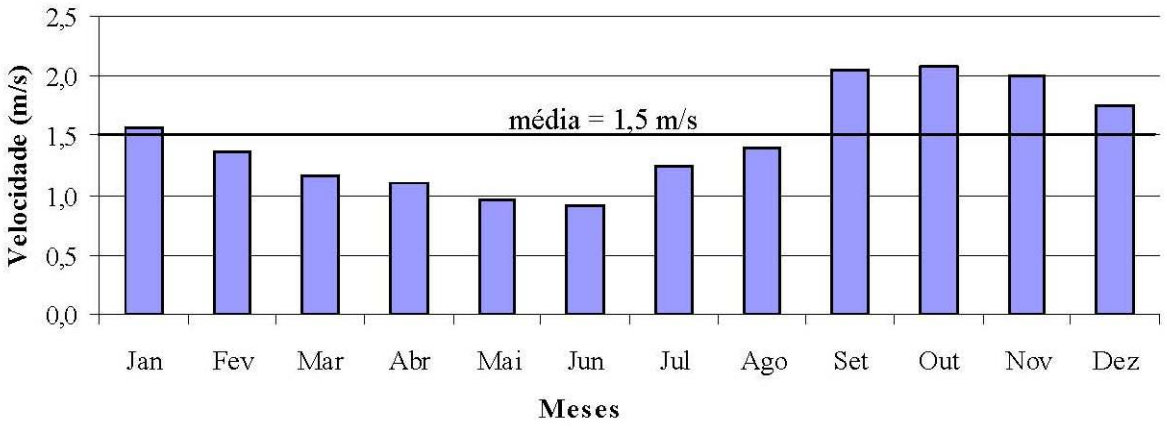


Figura 22 - Velocidade média mensal dos ventos na região da AFA/Pirassununga-SP durante os 18 anos analisados.

Na maior parte do ano a direção predominante é de ventos vindos do sul (S), com exceção dos meses de janeiro e fevereiro, quando há predominância de ventos de noroeste (NW).

Em janeiro e no período entre setembro e dezembro os ventos aparecem com intensidades superiores à média, verificando-se em setembro e outubro as maiores velocidades. De fevereiro a agosto os ventos são menos intensos, sendo junho o mês em que se verifica a menor velocidade média. Para todo o período, houve 54,9% de predomínio de calmaria no aeródromo, condição que favorece a formação de nevoeiro.

5.6 - Análise rítmica para o aeródromo da AFA dos anos 2003 (habitual), 2008 (excepcional de alta ocorrência) e 2005 (excepcional de baixa ocorrência)

Os anos selecionados para aplicação da técnica da análise rítmica contemplam o período de maior ocorrência de nevoeiro no aeródromo da AFA, ou seja, os meses de abril a julho. Esse interregno de tempo abrange parte de duas estações astronomicamente definidas, o outono e o inverno, cada uma apresentando peculiaridades em relação à participação dos sistemas atmosféricos.

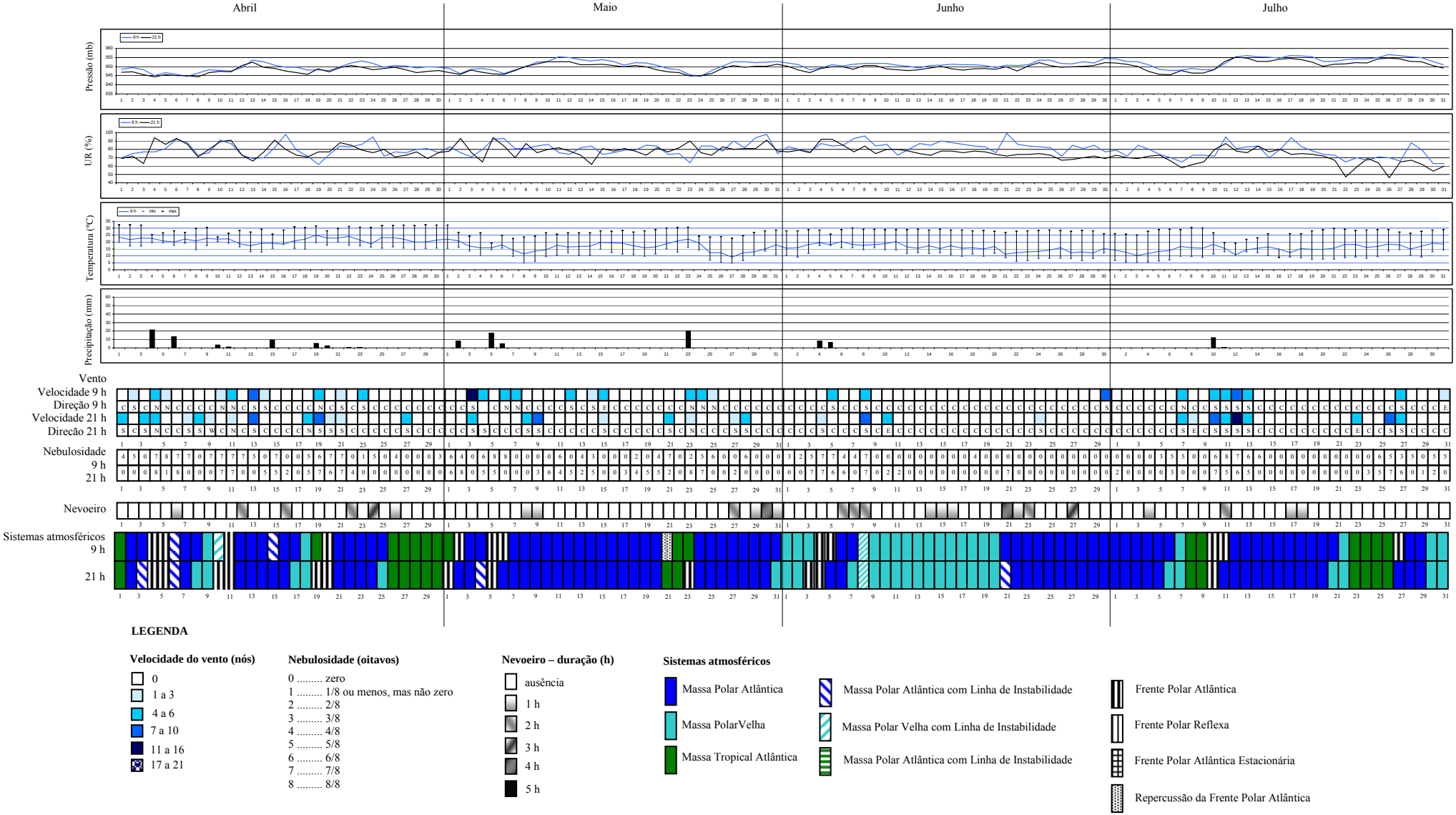
Na discussão a seguir, a tônica estará no estabelecimento da atuação dos sistemas atmosféricos e sua participação na gênese dos nevoeiros na área estudada. É importante salientar que a formação de nevoeiro envolve complexos processos físicos e químicos que se processam sob determinadas condições impostas pela dinâmica atmosférica. Acredita-se que o estabelecimento do ritmo climático, de acordo com o preconizado por Monteiro (1971), é o primeiro passo para se estabelecer a gênese desse fenômeno climático.

5.6.1- Ano 2003 (habitual)

A Figura 23 apresenta o gráfico de análise rítmica para o ano 2003 (habitual) com a sequência e encadeamento dos sistemas atmosféricos atuantes no período estudado. Durante os meses de abril a julho de 2003, constataram-se 26 dias com ocorrência de nevoeiros, 7% abaixo da média para o período. Desse total, 39% ocorreram no mês de junho, 23% nos meses de abril e de maio e 15%, em julho.

A duração total dos episódios foi de 44 horas, sendo 45% no mês de julho.

Figura 23 – Gráfico de análise rítmica para o aeródromo da AFA – Pirassununga/SP do ano 2003 (habitual).



A análise rítmica realizada no período de abril a julho de 2003 indicou que a Massa Polar Atlântica atuou por 68 dias, seguida da Massa Polar Velha, com 21 dias, e da Massa Tropical Atlântica, com 16 dias. Os sistemas frontais atuaram em 12 dias e a repercussão da frente polar atlântica somente em 1 dia (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 - Sequência dos sistemas atmosféricos atuantes no período de abril a julho de 2003 no aeródromo da AFA.

DIA	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO
1	MTA	MTA	MPV	MPA
2	MPA	FPA	MPV	MPA
3	MPA	MPA	MPV	MPA
4	FPA	MPA	FPA	MPA
5	FPA	FPA	FPA	MPA
6	MPA com LI	FPA	MPA	MPA
7	MPA	MPA	MPA	MPV
8	MPA	MPA	MPV com LI	MTA
9	MPV	MPA	MPV	MTA
10	MPV com LI	MPA	MPV	FPA
11	FPA	MPA	MPV	FPA
12	MPA	MPA	MPV	MPA
13	MPA	MPA	MPV	MPA
14	MPA	MPA	MPV	MPA
15	MPA com LI	MPA	MPV	MPA
16	MPA	MPA	MPV	MPA
17	MPA	MPA	MPV	MPA
18	MPV	MPA	MPV	MPA
19	MTA	MPA	MPV	MPA
20	FPA	MPA	MPV	MPA
21	MPA	RFPA	MPA	MPA
22	MPA	MTA	MPA	MPV
23	MPA	MTA	MPA	MTA
24	MPA	MPA	MPA	MTA
25	MPA	MPA	MPA	MTA
26	MTA	MPA	MPA	MTA
27	MTA	MPA	MPA	FPA
28	MTA	MPA	MPA	MPA
29	MTA	MPA	MPA	MPA
30	MTA	MPA	MPA	MPV
31		MPA		MPV

MPA – Massa Polar Atlântica
MPV – Massa Polar Velha
MTA – Massa Tropical Atlântica
MPA com LI – Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade
MPV com LI – Massa Polar Velha com Linha de Instabilidade
MTA com LI – Massa Tropical Atlântica com linhas de instabilidade
FPA – Frente Polar Atlântica
RFPA – Repercussão da Frente Polar Atlântica

Tabela 8 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos no período de abril a julho de 2003 no aeródromo da AFA.

Sistemas atmosféricos	Abril		Maio		Junho		Julho		Total	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	dias	%
MTA	7	23,3	3	9,7	0	0	6	19,4	16	13,1
MPA	14	46,7	24	77,4	12	40,0	18	58,1	68	55,7
MPA com LI	2	6,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	1,6
MPV	2	6,7	0	0,0	15	50,0	4	12,9	21	17,2
MPV com LI	1	3,3	0	0,0	1	3,3	0	0,0	2	1,6
FPA	4	13,3	3	9,7	2	6,7	3	9,7	12	9,8
RFPA	0	0,0	1	3,2	0	0	0	0,0	1	0,8
Total (dias)	30	100	31	100	30	100	31	100	122	100

A precipitação total para esse período foi de 134,3 mm. Os sistemas atmosféricos que mais contribuíram para formação dessa pluviosidade foram a Frente Polar Atlântica, com 61%, a Massa Tropical Atlântica, com 20% e a Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade, com 17%.

Quanto à análise dos sistemas atmosféricos que atuaram nos episódios de nevoeiro, verificou-se que a Massa Polar Atlântica esteve presente em 73% dos eventos e a Massa Polar Velha, em 11,5% (Tabela 9).

Tabela 9 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos nos episódios de nevoeiro ocorridos no período de abril a julho de 2003 no aeródromo da AFA.

Sistemas atmosféricos	Abril		Maio		Junho		Julho		Total	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	dias	%
MPA	4	66,6	6	100	6	60,0	3	75	19	73,1
MPA com LI	1	16,6	0	0	0	0	0	0	1	3,8
MPV	0	0	0	0	3	30,0	0	0	3	11,5
MPV com LI	0	0	0	0	1	10,0	0	0	1	3,8
MTA	1	16,6	0	0	0	0	0	0	1	3,8
FPA	0	0	0	0	0	0	1	25	1	3,8
Total (dias)	6	100	6	100	10	100	4	100	26	100

5.6.1.1- Abril de 2003

Os sistemas atmosféricos mais atuantes nesse mês foram: a Massa Polar Atlântica, com 47%, a Massa Tropical Atlântica, com 23 %, e a Frente Polar Atlântica, com 13% (Tabela 8). As incursões do ar polar foram de fraca intensidade, sem registro, no período de funcionamento da estação meteorológica, de temperaturas mínimas menores que 12ºC. As temperaturas máximas oscilaram entre 23,6ºC e 32,4ºC e as mínimas, entre 12,7ºC e 20,2ºC, como mostram as Figuras 23 e 24.

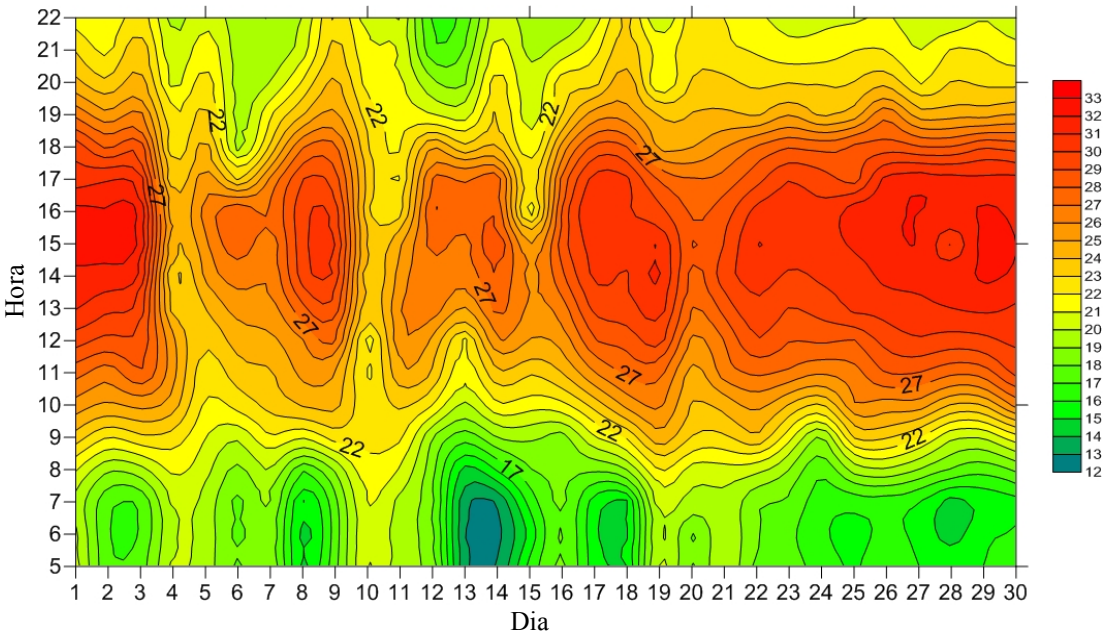


Figura 24 – Termoisopleta do mês de abril de 2003 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

A precipitação acumulada foi de 56,7 mm, sendo 60% geradas pela Frente Polar Atlântica e 39% em Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade.

A umidade relativa do ar oscilou entre 62% e 98% durante todo mês, como pode ser observado pelas Figuras 23 e 25.

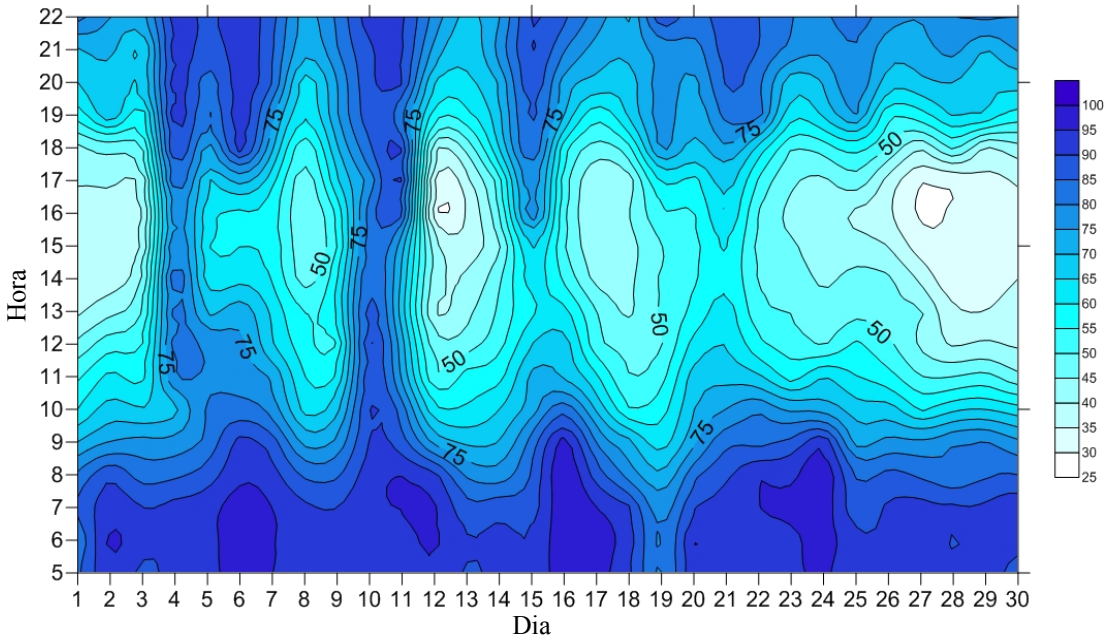


Figura 25 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de abril de 2003 no aeródromo da AFA.

Neste mês registrou-se 6 episódios de nevoeiro, com duração total de 10 horas. Quatro episódios ocorreram sob domínio da Massa Polar Atlântica. Os outros em Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade e durante a passagem de uma Frente Polar Atlântica.

A seguir é feita a análise episódica das sequências dessas ocorrências

Análise episódica 1 – período: 4 a 8 de abril de 2003

Na passagem da Frente Polar Atlântica nos dias 4 e 5, a área foi submetida a tipos de tempo totalmente encoberto, com precipitação de 21 mm somente no primeiro dia. A umidade relativa manteve-se acima de 70% e a temperatura oscilou entre 19ºC e 26ºC.

Com o afastamento da Frente para o oceano, a região foi invadida pelo ar polar, mas a presença de linha de instabilidade fez com que o céu continuasse nublado, com umidade relativa acima de 60% e temperatura entre 17ºC e 28ºC. Houve precipitação de 13,2 mm, concentrada no período noturno. Nesse dia houve, também, ocorrência de nevoeiro com início às 7 h e duração de 1 hora.

Com o domínio da massa polar define-se o tipo de tempo parcialmente nublado com umidade relativa acima de 60%, temperatura oscilando entre 19ºC e 27ºC.

Análise episódica 2 – período: 10 a 13 de abril de 2003

No domínio da FPA o tipo de tempo esteve nublado, com fraca precipitação (3,6 mm), umidade relativa do ar acima dos 70% durante todo o dia e temperatura em torno de 22ºC e baixa amplitude térmica.

No dia 12, primeiro dia de penetração do ar polar, o tipo de tempo caracteriza-se por céu nublado com ausência de precipitação, variações térmicas mais elevadas e abaixamento da temperatura mínima para 16,6ºC. Nesse dia, pela manhã, houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 2 horas.

Na sequência do domínio da massa polar definiu-se tipo de tempo parcialmente encoberto com períodos de melhoria, o que provocou abaixamento da temperatura mínima e maior amplitude térmica. Nessa situação não ocorreu nevoeiro.

Análise episódica 3 – período: 15 a 17 de abril de 2003

No domínio da Massa Polar com Linha de Instabilidade o tipo de tempo caracterizou-se como chuvoso, com céu nublado, precipitação de 9,3 mm e umidade relativa do ar variando de 59% a 91%.

No dia 16, com o domínio da Massa Polar Atlântica, após a precipitação do dia anterior, o tipo de tempo se apresenta com céu parcialmente nublado, umidade relativa oscilando entre 50% e 100% e temperaturas variando de 18ºC a 28ºC. Nessa situação houve ocorrência de nevoeiro com início às 7 h e duração de 2 horas.

Com a tropicalização do ar polar passando ao domínio da Polar Velha, ocorreu tipo de tempo com céu limpo, queda na umidade relativa, oscilação térmica elevada com a temperatura máxima atingindo 31ºC. Não há nesse dia formação de nevoeiro.

Análise episódica 4 - período: 19 a 26 de abril de 2003

Na passagem da FPA ocorreram tipos de tempo com céu nublado, apresentando pequena precipitação (2,4 mm), temperatura oscilando entre 17ºC e 30ºC e umidade relativa acima dos 60%.

No início do domínio da Massa Polar o céu permaneceu nublado, sem chuva, a umidade relativa acima de 60%.

No dia 22, ainda sob o domínio do ar polar, ocorreu tipo de tempo com céu limpo pela manhã, passando a parcialmente nublado no período da tarde. A umidade relativa oscilou entre 48% e 95% e as temperaturas variaram de 17ºC a 31ºC. Nesse dia houve formação de nevoeiro com início às 6 h e duração de 2 horas.

No dia 23, a região continuou sob a ação do ar polar, ocorrendo tipo de tempo com céu limpo, temperatura entre 17ºC e 30ºC, umidade relativa variando de 44% a 96%.

No dia 24, ainda sob o domínio da massa polar, permaneceu o tipo de tempo com céu limpo, temperatura variando de 16ºC a 30ºC, umidade relativa entre 42% e 100%. Nesse dia houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 3 horas.

No dia 25 começou a tropicalização do ar polar e, dessa maneira definiu-se o tipo de tempo com céu limpo, com diminuição das pressões, da umidade relativa e temperatura oscilando entre 15ºC e 32ºC.

No dia 26, a região ficou sob o domínio da Massa Tropical Atlântica, definindo um tipo de tempo parcialmente nublado no período da manhã passando a céu limpo à tarde, a umidade relativa oscilando entre 36% e 91%, a temperatura variando de 16ºC a 32ºC, com

prevalência de calmaria. Neste dia houve ocorrência de nevoeiro com início às 7 h e duração de 1 hora.

Nos dias seguintes, a Massa Tropical permaneceu e manteve uma sucessão de tipos de tempo bastante homogêneos: com céu limpo, grande amplitude térmica sem ocorrência de nevoeiros.

5.6.1.2- Maio de 2003

A análise rítmica de maio de 2003 indicou que durante 26 dias a região esteve sob ação de sistemas anticiclonais, tendo a Massa Polar Atlântica atuado em 23 dias e a Massa Tropical Atlântica em 3 dias. A Frente Polar Atlântica manifestou-se em 4 dias e, em apenas 1, a Repercussão da Frente Polar Atlântica fez-se presente.

Nos três dias de atuação da Tropical Atlântica (1º, 22 e 23) as temperaturas oscilaram entre 13ºC e 32ºC. Sob o domínio da massa polar as temperaturas oscilaram entre 4,6ºC e 28,8ºC, sendo que as temperaturas mais baixas, de 4,6ºC e 4,8ºC, foram registradas nos dias 8 e 27, respectivamente. A Figura 26 mostra a variação diária da temperatura no mês de maio.

A Frente Polar Atlântica foi a responsável pelos 50,6 mm de precipitação registrados em maio.

A umidade relativa do ar nos horários de 9 e 21 h manteve-se acima dos 62%, como pode ser observado na Figura 23. A Figura 27 mostra o comportamento horário da umidade relativa do ar em maio para o aeródromo da AFA, evidenciando, nessa representação, as passagens da Frente Polar Atlântica ocorridas nos dias 2, 5, 6 e 24, provocando modificações no perfil da umidade relativa.

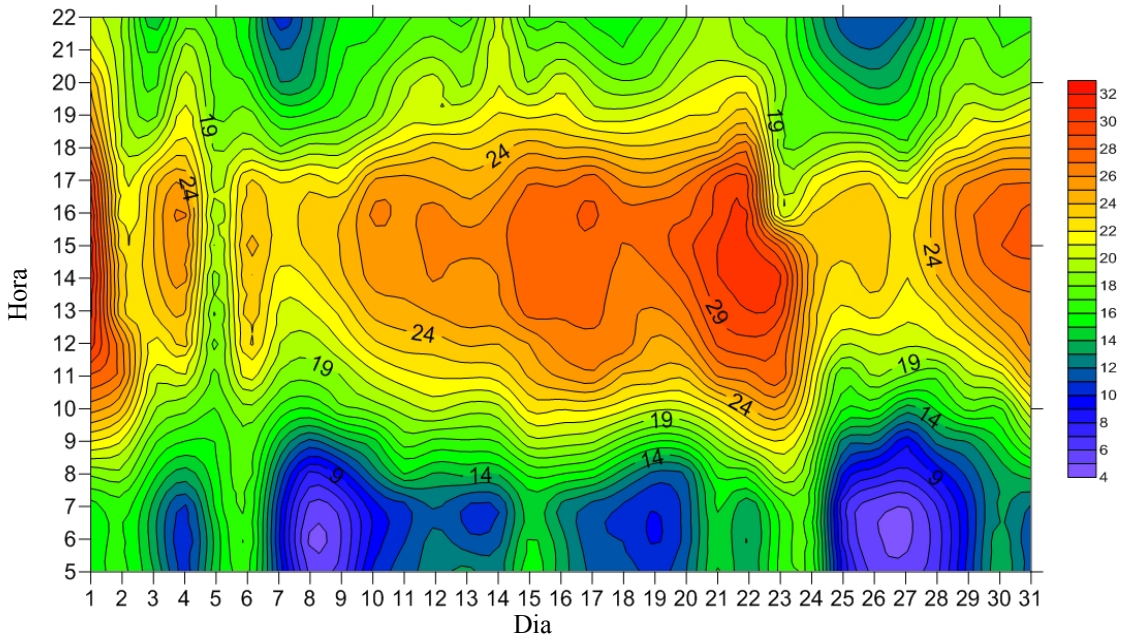


Figura 26 – Termoisopleta do mês de maio de 2003 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

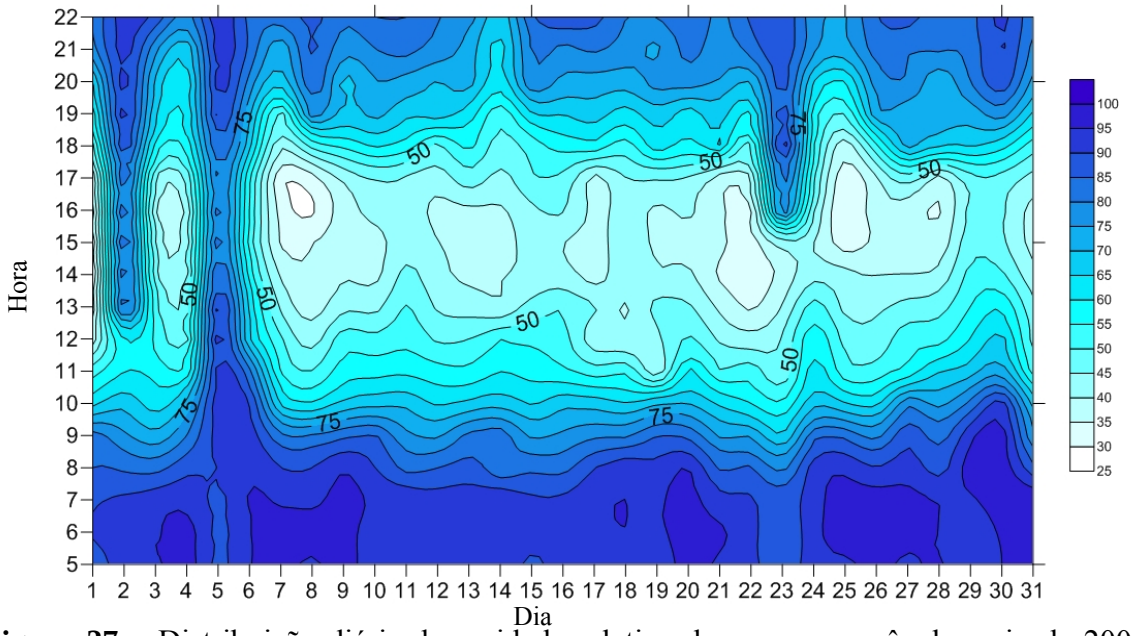


Figura 27 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de maio de 2003 no aeródromo da AFA.

Nesse mês registraram-se 6 episódios de nevoeiro, com duração total de 10 horas, todos ocorrendo sob domínio da Massa Polar Atlântica. Um único episódio com duração de 4 horas destaca-se dos demais.

A seguir é feita a análise episódica das sequências dessas ocorrências.

Análise episódica 5 – período: 5 a 10 de maio de 2003

Nos dias 5 e 6 a região se encontrava sob o domínio de uma Frente Polar Atlântica, que provocou uma precipitação total de 22,2 mm. O tipo de tempo associado a essa manifestação é de céu nublado, com pequena amplitude térmica (especialmente no dia 5), temperatura variando de 15ºC a 24ºC e umidade relativa acima dos 70%, como mostra a Figura 27.

No dia 7 a massa polar passou a dominar a região, definindo um tipo de tempo com céu totalmente limpo, temperatura entre 9,8ºC e 22,3ºC, a umidade relativa variando de 30% a 98%, incidência de ventos moderados no período da manhã e situação de calmaria à noite. Não houve incidência de nevoeiro.

No dia 8, ainda sob o domínio da massa polar, configurou-se o mesmo tipo de tempo, com céu limpo, sem nebulosidade. Houve queda na temperatura mínima, que atingiu 4,6ºC, e um leve aumento na temperatura máxima (23,6ºC). A umidade relativa do ar variou de 29% a 99%, sem incidência de ventos nos período da manhã e da noite. Nesse dia ocorreu o primeiro episódio de nevoeiro do mês de maio, com início às 6 h e duração de 1 hora.

No dia 9, a massa polar continuou seu domínio e conferiu um tipo de tempo com céu limpo no período da manhã, passando a parcialmente nublado à tarde e à noite. A temperatura permaneceu baixa, entre 6ºC e 24ºC, a umidade relativa variou de 38% a 99%, ventos no período da tarde e da noite. Nesse dia houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 1 hora.

No dia 10, o tipo de tempo passou a nublado, com umidade relativa acima dos 40%, temperatura entre 9ºC e 26ºC, sem ventos e nem nevoeiro.

Análise episódica 6 - período: 23 a 31 de maio de 2003

Na passagem da FPA no dia 23, o tipo de tempo foi de céu nublado com chuva (20,2 mm), umidade relativa acima dos 70% e temperatura oscilando entre 16ºC e 32ºC.

Nos dias 24 a 26 a região ficou sob ação da Massa Polar Atlântica, com tipos de tempo em que há alternância entre céu limpo e com nebulosidade, sem precipitação, temperatura entre 5,3ºC e 24,1ºC, umidade relativa do ar variando de 30% a 98%. Pela Figura 27 observa-se um pequeno declínio da umidade relativa no período noturno em relação aos outros dias do mês.

No dia 27, ainda sob o domínio da massa polar, permaneceu o tipo de tempo que alterna céu limpo no período da manhã com céu parcialmente nublado à tarde e à noite. A temperatura permaneceu baixa, entre 4,8ºC e 22,6ºC, a umidade variou de 38% a 97%, sem incidência de ventos no período da manhã. Nesse dia houve formação de nevoeiro com início às 6 h e duração de 2 horas.

No dia 28 continuou o domínio do ar polar com tipo de tempo com céu encoberto no período da manhã e da tarde, com vento somente no período noturno. A temperatura oscilou entre 6,5ºC e 24,5ºC e a umidade relativa ficou entre 34% e 96%.

Entre os dias 29 e 31, ainda sob a ação da massa polar, ocorreram tipos de tempo com céu nublado, temperaturas em elevação, variando de 10ºC a 28,4ºC, umidade relativa acima dos 50%, sem incidência de ventos nos períodos da manhã e noturno. Nesses três dias ocorreram episódios de nevoeiros, sendo que no dia 29 iniciou-se às 8 h e teve 1 hora de duração, no dia 30 teve início às 6 h e duração de 4 horas e no dia 31 o início foi às 7 h e permaneceu durante 1 hora.

5.6.1.3- Junho de 2003

Nesse mês os sistemas atmosféricos mais atuantes na região foram a Massa Polar Velha, que atuou por 16 dias, e a Massa Polar Atlântica, que manifestou-se durante 11 dias. Houve duas incursões da Frente Polar Atlântica e uma ocorrência de Massa Polar Velha com Linha de Instabilidade.

A temperatura oscilou entre 5,8ºC e 30ºC durante o mês, sendo a mínima registrada no dia 22 e a máxima, no dia 7. A Figura 28 apresenta o comportamento horário da temperatura para o mês de junho no aeródromo da AFA.

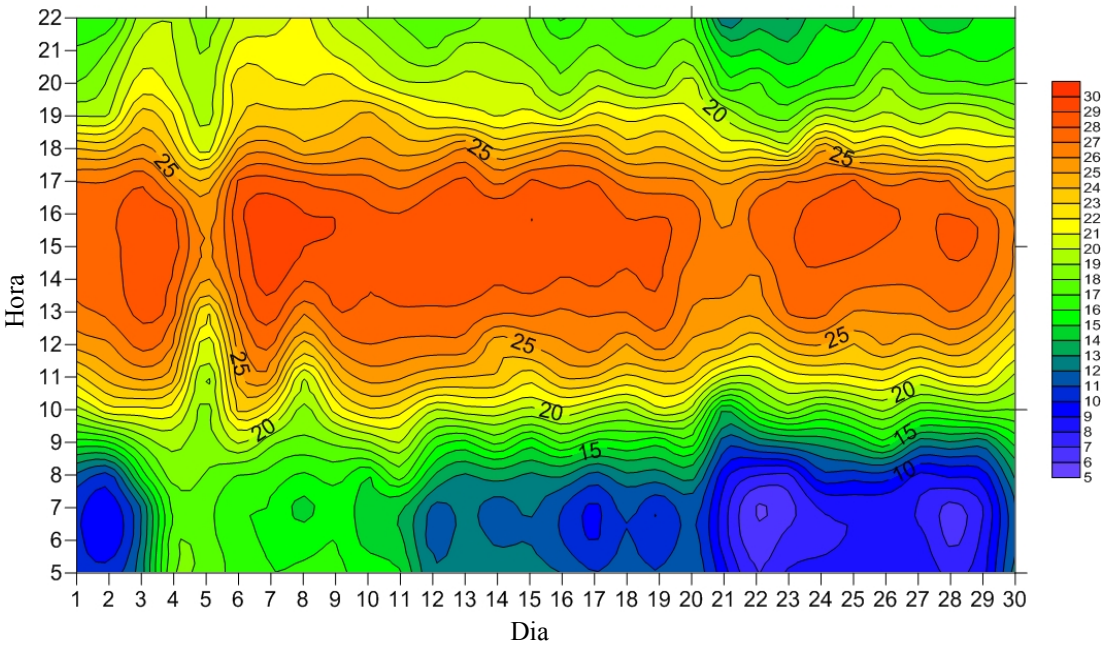


Figura 28 – Termoisopleta do mês de junho de 2003 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

A precipitação total foi de 14,5 mm e ocorreu durante a passagem de uma Frente Polar Atlântica pela região, nos dias 4 e 5. A outra incursão da frente polar ocorreu no dia 21 sem ocasionar chuva.

Como resultado da sequência dos sistemas atmosféricos no mês de junho, apontados pelo análise rítmica, com poucas e inexpressivas atuações da FPA a umidade relativa decresceu no período noturno, como pode ser observado pela Figura 29.

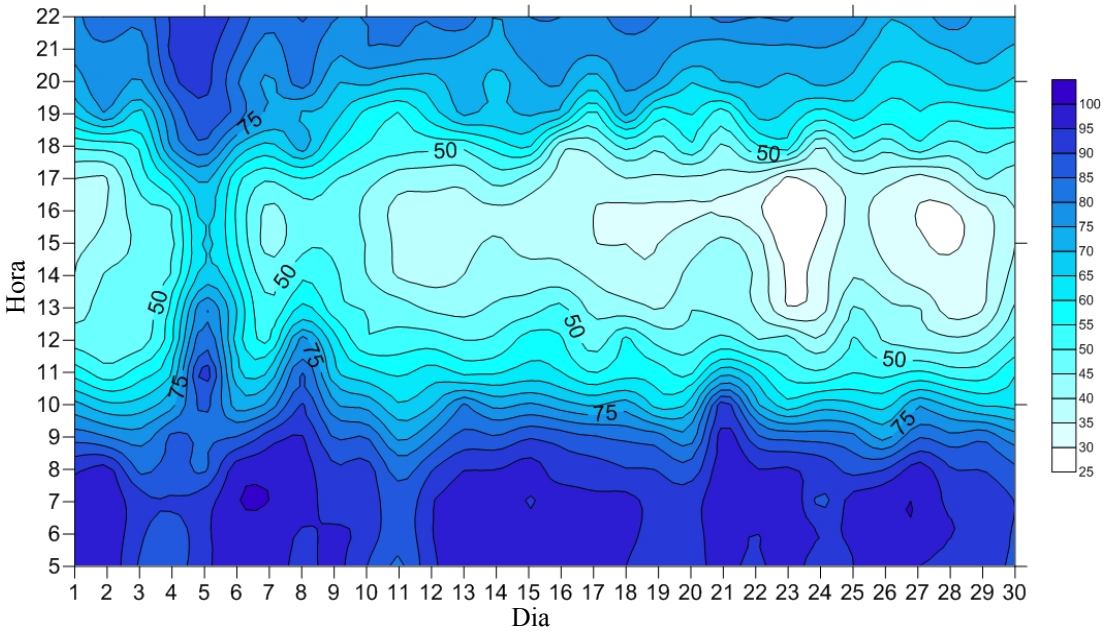


Figura 29 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de junho de 2003 no aeródromo da AFA.

Nesse mês ocorreram 10 episódios de nevoeiro, totalizando 19 horas de duração. Cinco episódios aconteceram sob o domínio da Massa Polar Atlântica, quatro em Massa Polar Velha e um único em Massa Polar Velha com Linha de Instabilidade.

A seguir é feita a análise episódica das seqüências de ocorrências de nevoeiro.

Análise episódica 7 – período: 4 a 9 de junho de 2003

Nos dias 4 e 5 ocorreu a passagem pela região de uma Frente Polar Atlântica, que provocou um tipo de tempo chuvoso, com céu totalmente nublado, umidade relativa do ar acima dos 60%, temperatura variando de 17ºC e 28ºC. Na noite do dia 5, uma massa polar de fraca intensidade atingiu a região.

No dia 6, sob o domínio da Massa Polar Atlântica, definiu-se um tipo de tempo parcialmente nublado, sem precipitação, temperatura oscilando entre 16ºC e 30ºC, sem ocorrência de ventos e umidade relativa variando entre 54% e 100%. Nesse dia, houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 2 horas.

No dia 7, no período da manhã, a região ainda está sob o domínio da massa polar, sucedeu o mesmo tipo de tempo, parcialmente nublado com formação de nevoeiro às 6 h e duração de 2 horas.

No dia 8, sob domínio de uma Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade, definiu-se um tipo de tempo nublado, sem precipitação, temperatura entre 14ºC e 29ºC, umidade relativa entre 49% e 98%. Nesse dia, houve ocorrência de nevoeiro com início às 7h e duração de 2 horas.

No dia 9, a Massa Polar Velha dominou a região, definindo um tipo de tempo com céu limpo, umidade relativa entre 48% e 97%, temperatura oscilando entre 16ºC e 29ºC sem formação de nevoeiro.

Análise episódica 8 – período de 13 a 17 de junho de 2003

No dia 13, a região esteve sob o domínio da Massa Polar Velha, o tipo de tempo foi definido como de céu limpo, sem ventos, temperatura mantendo-se entre 11ºC e 28ºC, umidade relativa variando de 38% a 100%.

Nos dia 14, 15 e 16, ainda sob o domínio da Polar Velha, repetiu-se o mesmo tipo de tempo com céu limpo, sem ventos, temperaturas entre 11ºC e 29ºC, umidade relativa entre 38% e 99%. Nesses três dias houve formação de nevoeiro: nos dias 14 e 16 com início às 6 h e duração de 1 hora e, no dia 15, com início às 8 h e duração de 1 hora.

No dia 17, mantiveram-se as mesmas condições de circulação atmosférica e o tipo de tempo de céu totalmente limpo, temperatura mínima em declínio (9,6ºC), umidade relativa no período noturno em declínio, sem ocorrência de nevoeiro.

Análise episódica 9 – período: 20 a 24 de junho de 2003

No dia 20, sob o domínio da massa polar velha, constata-se o tipo de tempo com céu limpo, sem chuva, temperatura variando de 12ºC a 28ºC e umidade relativa entre 34% e 93%.

No dia 21, uma Frente Polar Atlântica, posicionada no litoral do Estado de São Paulo, permite a entrada do ar polar na região, provocando um tipo de tempo com céu limpo, diminuição da temperatura, com a mínima atingindo 8ºC, e aumento na umidade relativa do ar. Neste dia, há ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 4 horas.

No dia 22, a Massa Polar Atlântica dominou a região, o tipo de tempo foi de céu limpo pela manhã, passando a parcialmente nublado à tarde e nublado à noite; a temperatura variando de 5,8ºC a 28ºC e a umidade relativa oscilando entre 34% e 99%, sem incidência de ventos. Nesse dia ocorreu nevoeiro às 7 h, com duração de 1 hora.

No dia 23, ainda sob o domínio da Massa Polar, o tipo de tempo configurou-se como de céu limpo durante o dia inteiro, a temperatura variando de 6,6ºC a 28ºC e a umidade relativa entre 25% e 100%. Não incidência de ventos. Neste dia, ocorreu nevoeiro com início às 6 h e duração de 2 horas.

No dia 24, a massa Polar continuou atuando, definindo mais uma vez um tipo de tempo com céu totalmente limpo, temperatura entre 7,8ºC e 28ºC e umidade relativa entre 28% e 95% sem incidência de ventos nem nevoeiro.

Análise episódica 10 – período: 26 a 28 de junho de 2003

No dia 26, a região continuou sob a influência da Massa Polar Atlântica, permanecendo o tipo de tempo com céu totalmente limpo, temperatura variando de 8,3ºC a 28,3ºC e umidade relativa entre 32% e 99%, sem incidência de ventos e de nevoeiro.

No dia 27, ainda sob o domínio da massa polar, o tipo de tempo foi de céu totalmente limpo, a temperatura entre 8ºC e 27,7ºC, a umidade relativa oscilando entre 30% e

100%, sem incidência de ventos. Neste dia há ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 3 horas.

No dia 28, a massa polar continuou a atuar na região, mantendo o tempo com céu limpo, com algumas nuvens no período da tarde. A temperatura variou entre 6,6ºC e 28,2ºC e a umidade relativa oscilou entre 29% e 95%, sem nevoeiro.

5.6.1.4- Julho de 2003

A análise rítmica indicou que os sistemas anticiclonais que atuaram nesse mês foram a Massa Polar Atlântica, em 16 dias, a Massa Tropical Atlântica, em 6 dias, e a Massa Polar Velha, em 4 dias. A Frente Polar Atlântica manifestou-se em 3 dias.

O total pluviométrico foi de 12,5 mm, ocorridos durante a passagem da primeira Frente Polar Atlântica nos dias 10 e 11. Uma outra frente passou rapidamente pela região no dia 27 e não provocou precipitação.

A Figura 30 apresenta o comportamento térmico do mês. A temperatura oscilou entre 5ºC e 30,3ºC. Durante a atuação da Frente Polar, nos dias 10 e 11, ocorreu queda nas temperaturas e aumento na umidade relativa do ar ao longo do dia, fato mostrado nas Figuras 30 e 31.

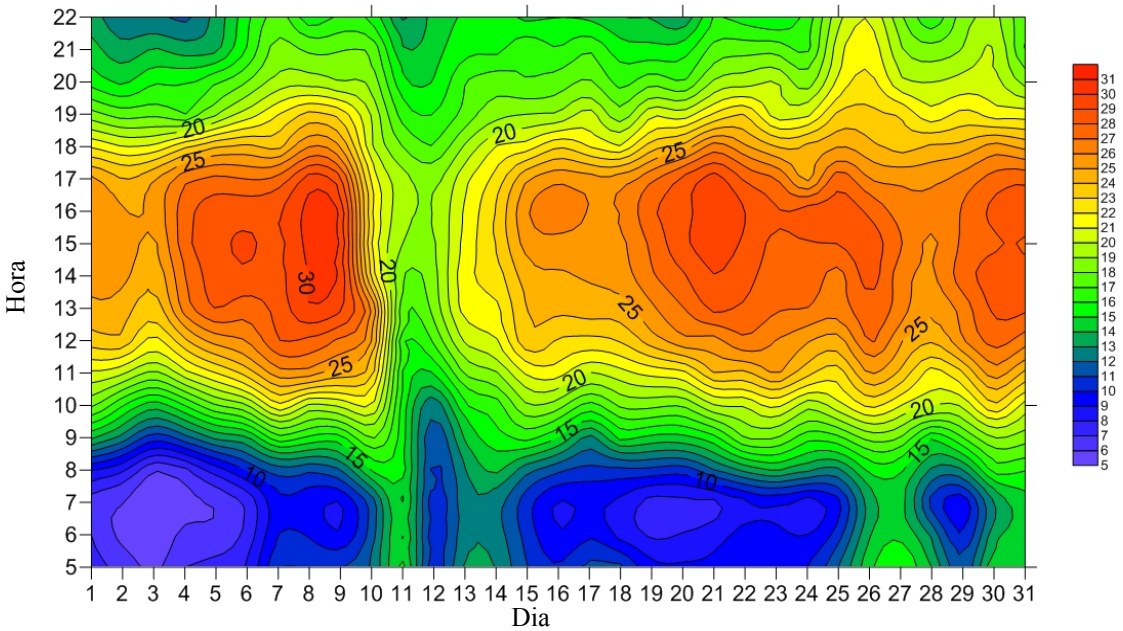


Figura 30 – Termoisopleta do mês de julho de 2003 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

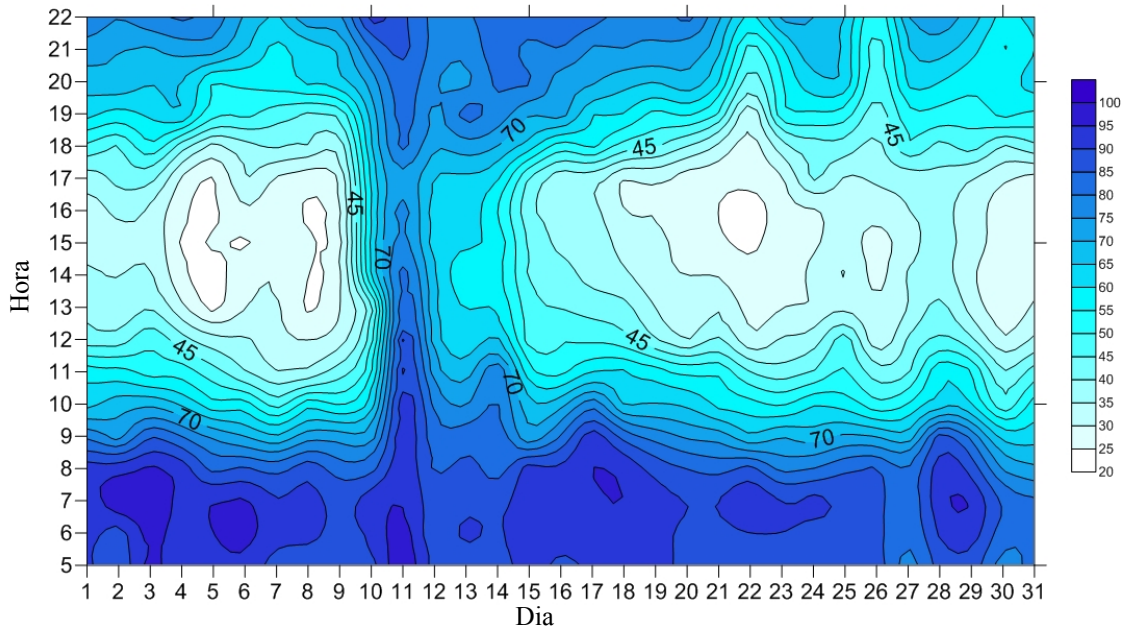


Figura 31 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de julho de 2003 no aeródromo da AFA.

O mês de julho apresentou 4 episódios de nevoeiro com um total de 5 horas de duração. Desse total, três episódios ocorreram sob domínio da Massa Polar Atlântica e um, durante a passagem de uma Frente Polar Atlântica.

A análise desses episódios é feita a seguir

Análise episódica 11 - Período: 1 a 6 de julho de 2003

No domínio do ar polar verificam-se na região tipos de tempo com céu limpo, sem ocorrência de ventos, com queda gradativa na temperatura mínima entre os dias 1 e 3, a mínima atingindo os 5ºC no dia 3. Não houve ocorrências de nevoeiros nesses dias.

No dia 4, com o deslocamento do centro de alta para o oceano, o tipo de tempo se define como de céu limpo, sem ocorrências de ventos, elevação nas temperaturas mímina e máxima e aumento na amplitude térmica. Houve formação de nevoeiro com início às 7 h e duração de 1 hora.

No dia 5, com o centro de alta pressão já no oceano, continuou o mesmo tipo de tempo com céu limpo, sem ventos, e temperaturas mínima e máxima ainda em elevação. Não houve formação de nevoeiro.

No dia 6, com a tropicalização do ar polar, passando ao domínio da Polar Velha, ocorreu tipo de tempo com céu limpo, temperaturas em elevação e queda na umidade relativa. Não houve formação de nevoeiro.

Análise episódica 12 - Período: 9 a 12 de julho de 2003

No dia 9, sob o domínio da Massa Tropical Atlântica ocorre tipo de tempo com céu limpo, umidade relativa do ar apresentando pequeno declínio.

No dia 10, a presença de uma área de baixa pressão na região e o posicionamento da FPA definiu o tipo de tempo como nublado com chuva concentrada no período noturno, com volume de 12,5 mm.

No dia 11, com FPA localizada sobre a região, o tipo de tempo foi definido de céu totalmente encoberto, com precipitação de 0,7 mm concentrada na madrugada. A temperatura oscilou entre 12,8ºC e 19,5ºC e a umidade relativa, entre 74% e 100%. Nesse dia houve formação de nevoeiro com início às 7 h e duração de 2 horas.

No dia 12, sob o domínio do ar polar, o tipo de tempo associado foi de céu encoberto, com temperatura variando de 10ºC a 19ºC e umidade relativa entre 62% e 88%, sem formação de nevoeiro.

5.6.2 - Ano 2008 (excepcional de alta ocorrência)

A Figura 32 apresenta o gráfico de análise rítmica para o ano 2008 (excepcional de alta ocorrência) com a sequência e encadeamento dos sistemas atmosféricos atuantes no período estudado. Neste período, de abril a julho de 2008, ocorreram 37 episódios de nevoeiro, 34% acima da média para a série considerada. Desse total, 35% ocorreram no mês de junho, 32% em maio, 24% em abril e 8% em julho.

A duração total dos episódios foi de 79 horas, sendo maio e junho os meses com o mesmo número de horas de incidência de nevoeiro (34% para cada um).

A análise rítmica realizada no período indicou que a Massa Polar Atlântica atuou por 70 dias, seguida da Massa Polar Velha, com 11 dias. Os sistemas frontais atuaram em 19 dias (Tabelas 10 e 11).

A precipitação total para o período foi de 226,8 mm, sendo que 30% tiveram gênese na Frente Polar Atlântica, 23% em instabilidades ocorridas em Massa Polar Atlântica e 10% na Frente Polar Reflexa.

Quanto à análise dos sistemas atmosféricos que atuaram nos episódios de nevoeiro, verificou-se que a Massa Polar Atlântica esteve presente em 83% dos eventos, a Massa Polar Velha, em 6% e a Frente Polar Reflexa em 11% (Tabela 12).

Figura 32 – Gráfico de análise rítmica para o aeródromo da AFA – Pirassununga/SP do ano 2008 (excepcional de alta ocorrência).

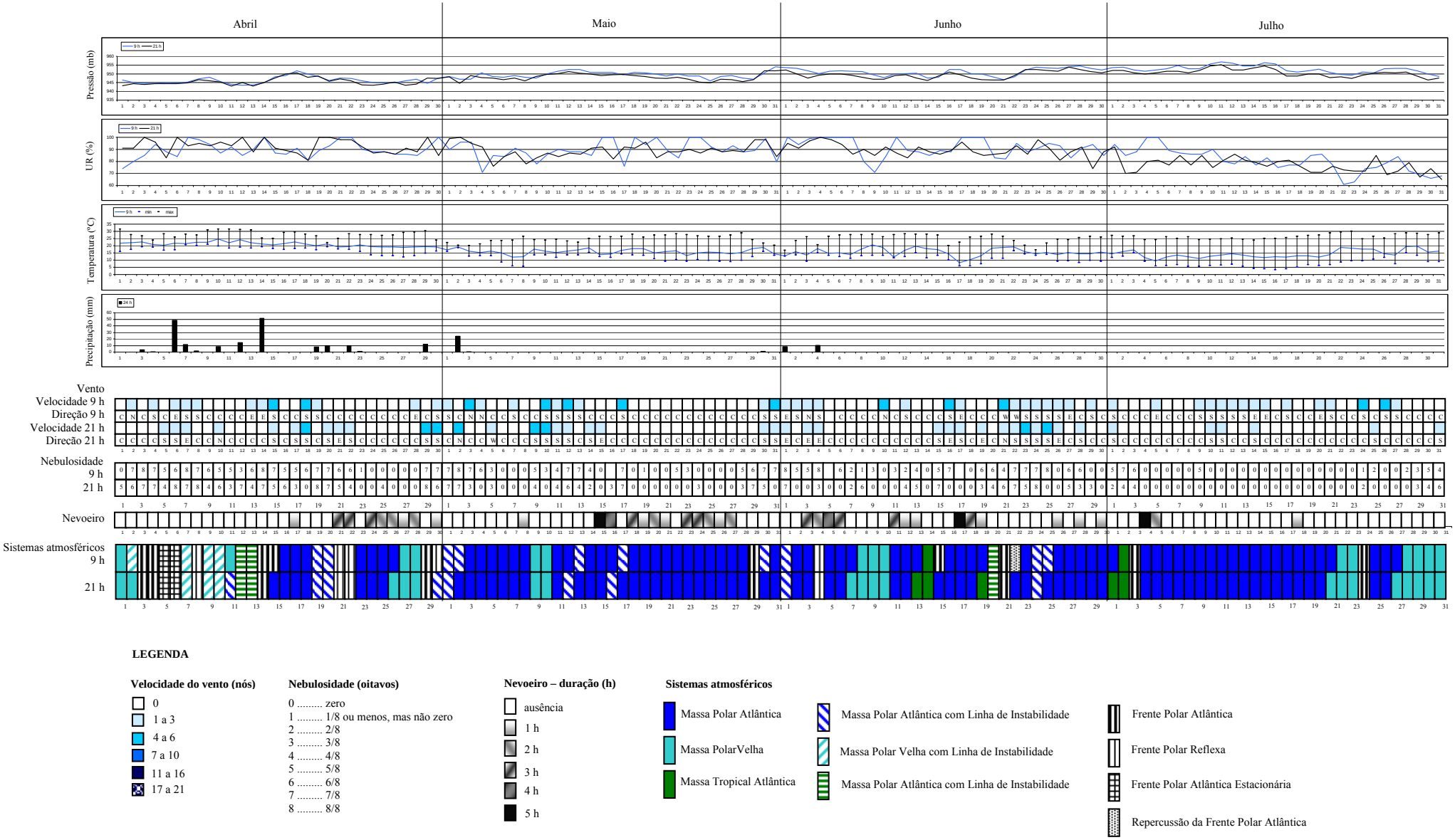


Tabela 10 - Sequência dos sistemas atmosféricos atuantes no período de abril a julho de 2008 no aeródromo da AFA.

DIA	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO
1	MPV	MPA com LI	MPA com LI	MPA
2	MPV com LI	MPA com LI	MPA	MTA
3	FPA	MPA	MPA	FPA
4	FPA	MPA	FPR	MPA
5	FPAE	MPA	MPA	MPA
6	FPAE	MPA	MPA	MPA
7	MPV com LI	MPA	MPA	MPA
8	FPR	MPA	MPV	MPA
9	MPV com LI	MPV	MPV	MPA
10	MPV com LI	MPV	MPV	MPA
11	MPV	MPA	MPA	MPA
12	MTA com LI	MPA com LI	MPA	MPA
13	MTA com LI	MPA com LI	MPA	MPA
14	FPA	MPA	MTA	MPA
15	FPA	MPA	FPA	MPA
16	MPA	MPA	MPA	MPA
17	MPA	MPA com LI	MPA	MPA
18	MPA	MPA	MPA	MPA
19	MPA com LI	MPA	MPA	MPA
20	MPA com LI	MPA	MTA com LI	MPA
21	FPR	MPA	FPA	MPA
22	FPR	MPA	RFPA	MPV
23	MPA	MPA	MPA	MPV
24	MPA	MPA	MPA com LI	FPA
25	MPA	MPA	MPA com LI	MPA
26	MPA	MPA	MPA	MPA
27	MPV	MPA	MPA	MPA
28	MPV	MPA	MPA	MPV
29	FPA	FPA	MPA	MPV
30	FPR	MPA	MPA	MPV
31	-	MPA	-	MPV

MPA – Massa Polar Atlântica
MPV – Massa Polar Velha
MTA – Massa Tropical Atlântica
MPA com LI – Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade
MPV com LI – Massa Polar Velha com Linha de Instabilidade
MTA com Li – Massa Tropical Atlântica com Linha de instabilidade
FPA – Frente Polar Atlântica
FPR – Frente Polar Reflexa
RFPA – Repercussão da Frente Polar Atlântica

Tabela 11- Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos no período de abril a julho de 2008 no aeródromo da AFA.

Sistemas atmosféricos	Abril		Maio		Junho		Julho		Total	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	dias	%
MTA	0	0,0	0	0,0	1	3,3	1	3,2	2	1,6
MTA com LI	2	6,7	0	0,0	1	3,3	0	0,0	3	2,5
MPA	7	23,3	23	74,2	18	60,0	22	71,0	70	57,4
MPA com LI	2	6,7	5	16,1	3	10,0	0	0,0	10	8,2
MPV	4	13,3	2	6,5	3	10,0	5	16,1	14	11,5
MPVcom LI	4	13,3	0	0,0		0,0	0	0,0	4	3,3
FPA	5	16,7	1	3,2	2	3,3	3	9,7	11	9,0
FPAE	2	6,7	0	0,0		0,0	0	0,0	2	1,6
RFPA	0	0,0	0	0,0	1	3,3	0	0,0	1	0,8
FPR	4	13,3	0	0,0	1	6,7	0	0,0	5	4,1
Total	30	100	31	100	30	100	31	100	122	100

Tabela 12 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos nos episódios de nevoeiro ocorridos entre abril e julho de 2008 no aeródromo da AFA.

Sistemas atmosféricos	Abril		Maio		Junho		Julho		Total	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	dias	%
MPA	4	44,4	12	100	12	92,3	3	100	31	83,8
MPV	2	22,2	0	-	0	0,0	0	-	2	5,4
FPR	3	33,3	0	-	1	7,7	0	-	4	10,8
Total (dias)	9	100	12	100	13	100	3	100	37	100

5.6.2.1- Abril de 2008

A análise rítmica desse mês indicou que a região esteve sob ação de sistemas anticiclonais durante 19 dias, sendo que a Massa Polar Atlântica atuou durante 7 dias, a Massa Polar Velha, em 4 dias e, em 6 dias, foram observadas Linhas de Instabilidade em Massa Polar, em Polar Velha e em Massa Tropical Atlântica. A Frente Polar Atlântica manifestou-se durante 5 dias, a Frente Polar Reflexa, em 4 dias e em 2 dias, a Frente Polar Atlântica Estacionária esteve atuando na região.

A Figura 33 mostra o perfil de temperatura no aeródromo da AFA sob atuação dos sistemas atmosféricos identificados. Observa-se que as manifestações da Massa Polar Atlântica foram de fraca intensidade, mantendo a região sob temperaturas amenas. A temperatura mínima oscilou de 12ºC a 20,9ºC e as máximas, de 22ºC e 31,5ºC. As temperaturas mais baixas registradas no mês (12ºC) ocorreram nos dias 26, 27 e 28, sob o domínio da Massa Polar Velha. A maior amplitude térmica (17,1) foi registrada no dia 27, sob o domínio do mesmo sistema atmosférico.

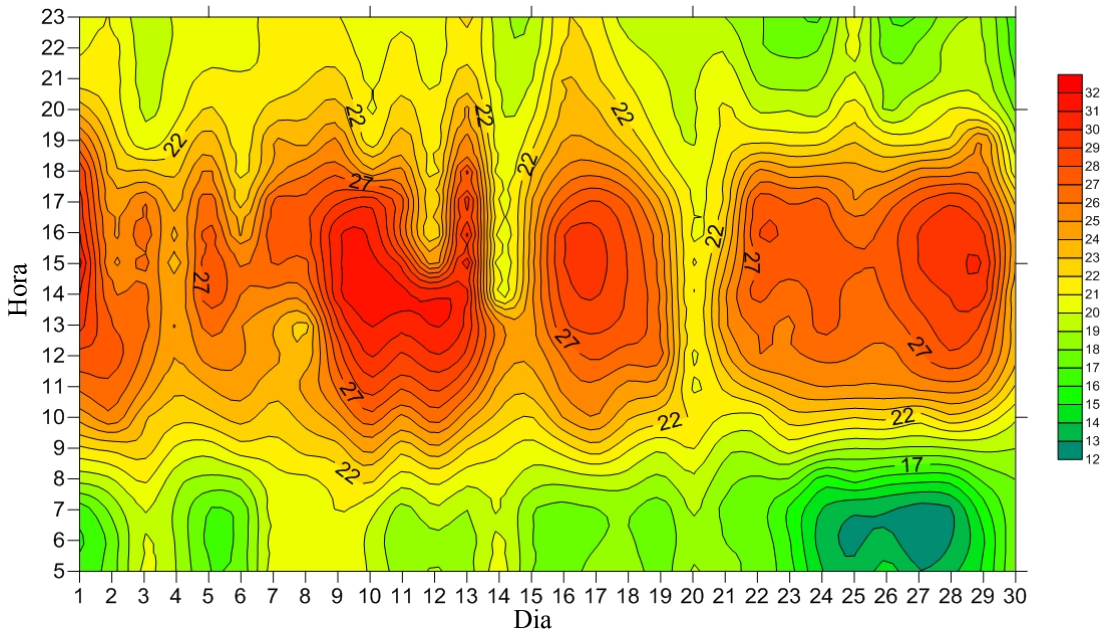


Figura 33 - Termoisopleta do mês de abril de 2008 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

A precipitação acumulada no mês foi de 181,7 mm, sendo que os principais sistemas atmosféricos geradores foram a Frente Polar Atlântica, com 37%, a Frente Polar Atlântica Estacionária, com 27%, e instabilidades ocorridas, tanto em Massa Polar Atlântica como em Polar Velha, com 21%.

A umidade relativa do ar nos horários de 9 h e 21 h manteve-se acima de 74%, como mostra a Figura 33. A Figura 34 evidencia o comportamento horário da umidade relativa do ar

no mês de abril para o aeródromo da AFA, com representação das passagens dos sistemas perturbados, provocando modificações no perfil da umidade relativa.

Foram registradas nove ocorrências de nevoeiro em abril. Segue-se a análise das ocorrências.

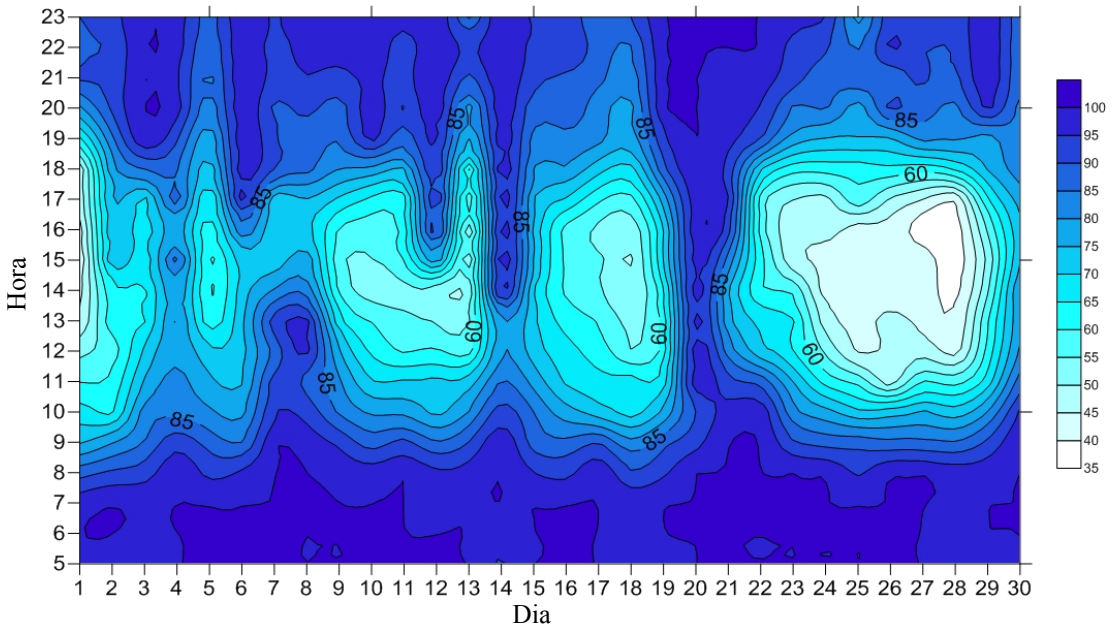


Figura 34 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de abril de 2008 no aeródromo da AFA.

Análise episódica 13 – período: de 14 a 30 de abril de 2008

No domínio da Frente Polar Atlântica ocorrem tipos de tempo nublado e chuvoso, com precipitação de 51,5 mm, temperatura oscilando entre 18ºC e 25ºC, umidade relativa acima de 70%.

No dia 16, sob o domínio do ar polar, o tipo de tempo se define como parcialmente nublado, com temperatura variando de 17ºC a 29ºC e umidade relativa acima de 60%.

No dia 17, ainda sob a ação da massa polar, observa-se novamente o tipo de tempo parcialmente nublado, umidade relativa entre 60% e 100%, temperatura oscilando entre 18ºC e 29ºC. Nesse dia houve nevoeiro com início às 6 h e duração de 1 hora.

No dia 18, o ar polar persistiu sobre a região, com tipo de tempo mantendo-se parcialmente nublado, a umidade relativa entre 50% e 99%, a temperatura, entre 18ºC e 27ºC e sem formação de nevoeiro.

Nos dias 19 e 20 aconteceram instabilidades na massa polar, gerando um tipo de tempo nublado, chuvoso e úmido. A precipitação acumulada nos dois dias foi de 18,1 mm e a umidade relativa permaneceu acima de 90%. A temperatura oscilou entre 17ºC e 28ºC.

Nos dias 21 e 22 com a manifestação de uma Frente Fria de Repercussão, o tipo de tempo ficou parcialmente nublado, com precipitação somente na noite do dia 22 (9,5 mm). A umidade relativa permaneceu acima de 70% e a temperatura variou de 17ºC a 28ºC. Nesses dois dias ocorreu nevoeiro, com início às 6 h e duração de 3 horas em cada evento.

Após a penetração do ar polar, no dia 23, verificou-se na região, até o dia 26, a ocorrência de tipos de tempo com céu limpo, fraca nebulosidade no período da tarde. A umidade relativa oscilou entre 40% e 100%, mantendo-se em 100% nas primeiras horas da manhã, como mostra a Figura 34. A temperatura ficou entre 13ºC e 27ºC.

Nos dias 24, 25 e 26, sob o domínio desse tipo de tempo, ocorreram episódios de nevoeiros, todos iniciando-se às 6 h. No dia 24, a duração da ocorrência foi de 3 h e, nos dias 26 e 26, de 2 horas cada uma.

Nos dias 27 e 28, sob o domínio da Polar Velha ocorreram tipos de tempo de céu totalmente limpo, verificando-se aumento na temperatura máxima e diminuição da mínima, ocasionando, consequentemente, grande amplitude térmica. A umidade relativa oscilou entre 35% e 100%. Nesses dois houve ocorrências de nevoeiro com início às 6 h e duração de 1 h no dia 27 e de 2 horas no dia 28.

No dia 29, sob a ação da Frente Polar, ocorreu tempo com céu totalmente encoberto e precipitação de 12 mm, concentrada no período noturno. A umidade permaneceu acima dos 50% e a temperatura oscilou entre 15ºC e 30ºC.

No dia 30, ainda sob efeito da passagem da Frente, ocorreu o mesmo tipo de tempo encoberto, com a umidade acima de 75%, temperatura variando entre 16ºC e 24ºC. Nessas condições, ocorreu nevoeiro com início às 7 h e 1 hora de duração.

5.6.2.2- Maio de 2008

A análise rítmica de maio revelou que a Massa Polar Atlântica atuou por 28 dias no mês, a Massa Polar Velha, por 2 dias e a Frente Polar Atlântica, uma única vez (Figura 32). A maior participação da Massa Polar fez com que as temperaturas atingissem valores menores que os registrados em abril, conforme mostrado na Figura 33. As temperaturas mais baixas, de 6ºC e 5,6ºC, foram registradas nos dias 7 e 8, respectivamente, ambas às 7 h, conforme mostra a Figura 35.

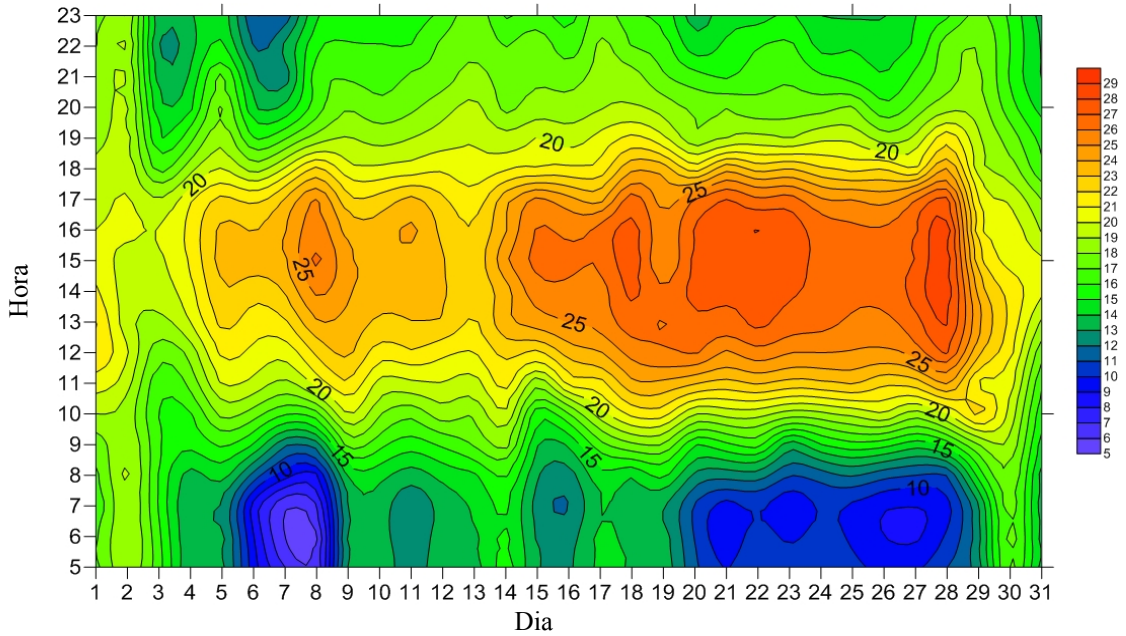


Figura 35 - Termoisopleta do mês de maio de 2008 para os dados de temperatura diária do ar do aeródromo da AFA.

Quanto à pluviosidade, registrou-se um total de 26,6 mm, sendo 96% do total geradas por linhas de instabilidade em Massa Polar,e somente 4%, pela Frente Polar Atlântica.

A umidade relativa do ar manteve-se nos horários das 9 e 21 horas, elevada durante todo o mês, tendo o valor mais baixo sido registrado no dia 4, sob o domínio da massa polar. A Figura 36 apresenta o comportamento da umidade relativa do ar no mês de maio no aeródromo da AFA.

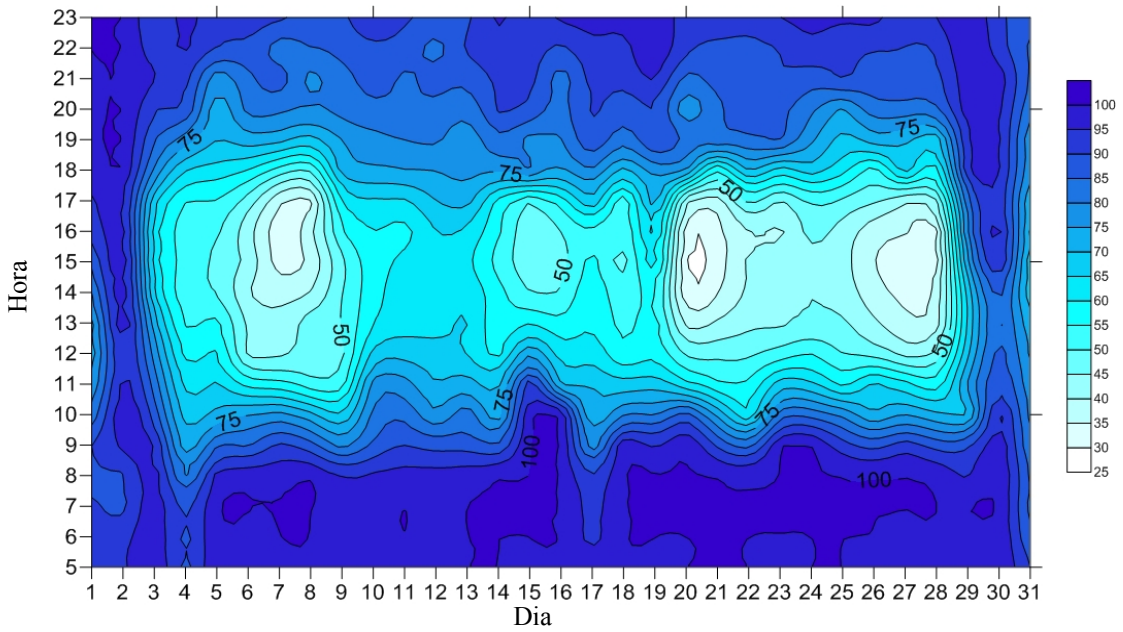


Figura 36 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de maio de 2008 no aeródromo da AFA.

Foram registrados 12 episódios de nevoeiro, todos sob o domínio da Massa Polar Atlântica. A maior concentração ocorreu entre os dias 15 e 27, tendo dois episódios ocorrido nos dias 15 e 16, e que merecem destaque pela duração, 5 e 3 horas, respectivamente. Entre os dias 18 e 21 os episódios tiveram uma duração total de 7 horas e, entre os dias 23 e 27, a duração total dos nevoeiros foi de 11 horas. A análise dessas ocorrências vem a seguir.

Análise episódica 14 – período: 7 a 9 de maio de 2008

Sob domínio da Massa Polar, ocorreu tipo de tempo com céu totalmente limpo, com a umidade relativa oscilando entre 30% e 100%. Em virtude da falta de nebulosidade as variações de temperatura foram acentuadas, oscilando entre 8ºC e 23ºC no dia 7.

No dia 8, permaneceu o mesmo tipo de tempo, com céu limpo. Verificou-se aumento na temperatura máxima, que atinge 26,5ºC. A umidade relativa permanece com os mesmos índices do dia anterior, com ocorrência de nevoeiro iniciado às 6 h e durado 1 hora.

Com a modificação do ar polar, passando ao domínio da Polar Velha, o tipo de tempo passou a ser parcialmente nublado, com temperatura variando de 13ºC a 24ºC, diminuição da umidade relativa no período da manhã.

Análise episódica 15 – período: 12 a 16 de maio de 2008

Nos dias 12 e 13, sob a ação da Massa Polar com Linha de Instabilidade, ocorreu tipo de tempo nublado, com pequena precipitação (0,1 mm), umidade relativa oscilando entre 60% e 100% e temperatura entre 12ºC e 26ºC.

No dia 14, o ar polar dominou a região, definindo um tipo de tempo parcialmente nublado, com a umidade relativa acima dos acima dos 50% e temperatura oscilando entre 15ºC e 25ºC.

Nos dias 15 e 16, ainda sob o domínio da Massa Polar, permaneceu o mesmo tipo de tempo parcialmente nublado, com a umidade relativa alta, acima dos 50%. Houve queda na temperatura mínima e aumento na máxima, com os valores ficando 12ºC e 26ºC. Nesses dois dias ocorreram nevoeiros com início às 6 h, sendo que no dia 15 a duração foi de 5 horas e, no dia 16, de 4 horas.

No dia 17, linhas de instabilidade em massa polar deixaram o tempo quase totalmente encoberto, mas sem chuva. Pela manhã ocorreram ventos com velocidades em torno de 4 nós (2,1 $m.s^{-1}$).; à noite voltou a calmaria. Em decorrência disso, a umidade relativa do ar diminuiu pela manhã e voltou a aumentar à noite. Nesse dia, não houve formação de nevoeiro.

Entre os dias 18 e 21, a Massa Polar continuou a dominar, tendo o céu permanecido sem nuvens e não houve incidência de ventos. A temperatura mínima desses quatro dias, foi de 9,2ºC, no dia 21 e a máxima, de 27,8ºC, no dia 28. Nesses quatro dias houve ocorrência de nevoeiro, tendo, no dia 18, iniciado às 6 h, com duração de 3 horas e, no dia 19, às 7 h com duração de apenas 1 hora; no dia 20, iniciou-se às 6 h e durou 2 horas, Finalmente, no dia 21, o nevoeiro começou às 6 h e durou 1 hora.

O dia 22, ainda sob ação da Massa Polar, amanheceu com céu parcialmente nublado e à noite totalmente sem nuvens. Não houve incidência de ventos. A temperatura permaneceu entre 9ºC e 27,6ºC. A umidade relativa diminuiu no período da manhã em relação ao dia anterior, mas, à noite, manteve o mesmo valor do dia 21. Nesse dia não houve formação de nevoeiro.

Do dia 23 até o dia 27 aconteceu uma sequência de 5 dias de nevoeiros, sob a influência do ar polar. As temperaturas mínimas do período oscilaram entre 8,8ºC a 10,2ºC, e as máximas entre 26,5ºC e 27,6ºC. A umidade relativa manteve-se alta durante esses dias. O céu permaneceu limpo e houve calmaria. Os episódios de nevoeiros dos dias 23 e 24 começaram às 6 h e duraram 3 horas; no dia 25 começou às 6 h e durou 2 horas; no dia 26 teve início também às 7 h e durou apenas 1 h; e, finalmente, no dia 27 começou às 7 h e durou 2 horas.

5.6.2.3- Junho de 2008

Os sistemas atmosféricos que atuaram nesse mês foram a Massa Polar Atlântica, 70%, a Massa Tropical Atlântica, 7%, Massa Polar Velha, 10%, e sistemas frontais, 13%.

A temperatura mínima de 5,8ºC foi registrada nos dias 17 e 18 e a máxima, de 28,1ºC, no dia 12. A Figura 37 apresenta a dinâmica da temperatura no mês de junho

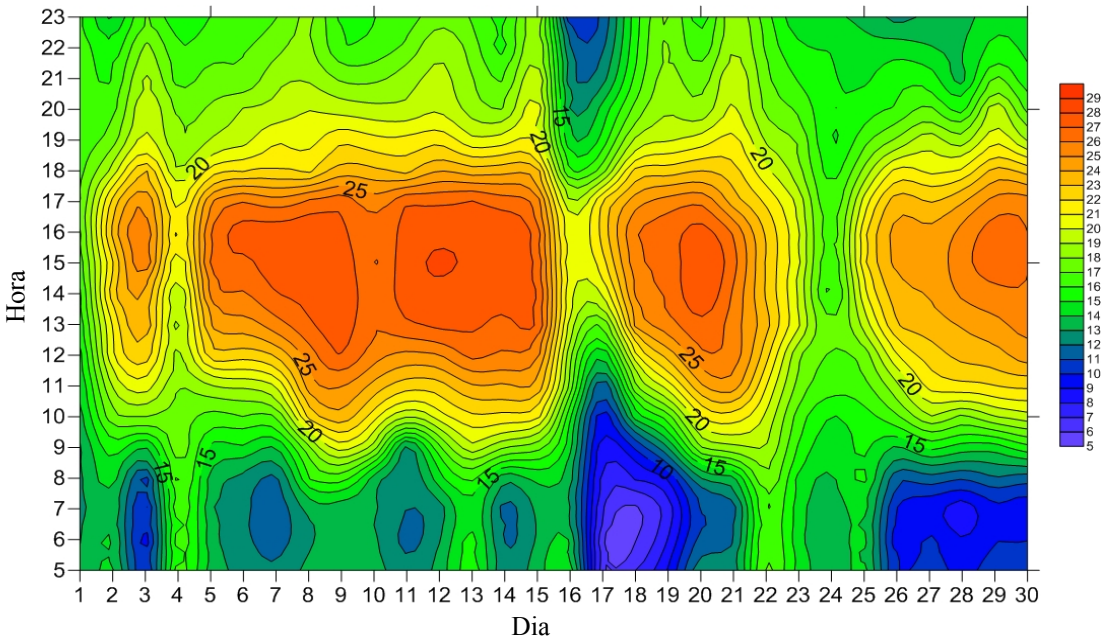


Figura 37 - Termoisopleta do mês de junho de 2008 para os dados de temperatura do ar no aeródromo da AFA.

O volume de chuva nesse mês foi de 18,6 mm, sendo 8,3 mm gerados por linhas de instabilidades em Massa Polar, 10,2 mm pela atuação da Frente Polar Reflexa e, somente 0,1 mm, pela Frente Polar Atlântica.

A umidade relativa do ar manteve-se acima de 75% nos horários de 9h e 21h. A Figura 38 mostra o comportamento da umidade relativa do ar no mês de junho no aeródromo da AFA. Observa-se que nos dias 4, 24 e 25 a umidade relativa permaneceu acima de 70% durante o dia inteiro, fato explicado pela passagem de uma FPA (dia 4) e de instabilidades ocorridas em Massa Polar (nos dias 24 e 25).

O mês de junho apresentou 13 episódios de nevoeiro, totalizando 27 horas de duração. Desse total, somente um ocorreu logo após a ação da Frente Polar Reflexa, todos os outros estavam sob o domínio da Massa Polar Atlântica. Segue-se a análise dessas ocorrências.

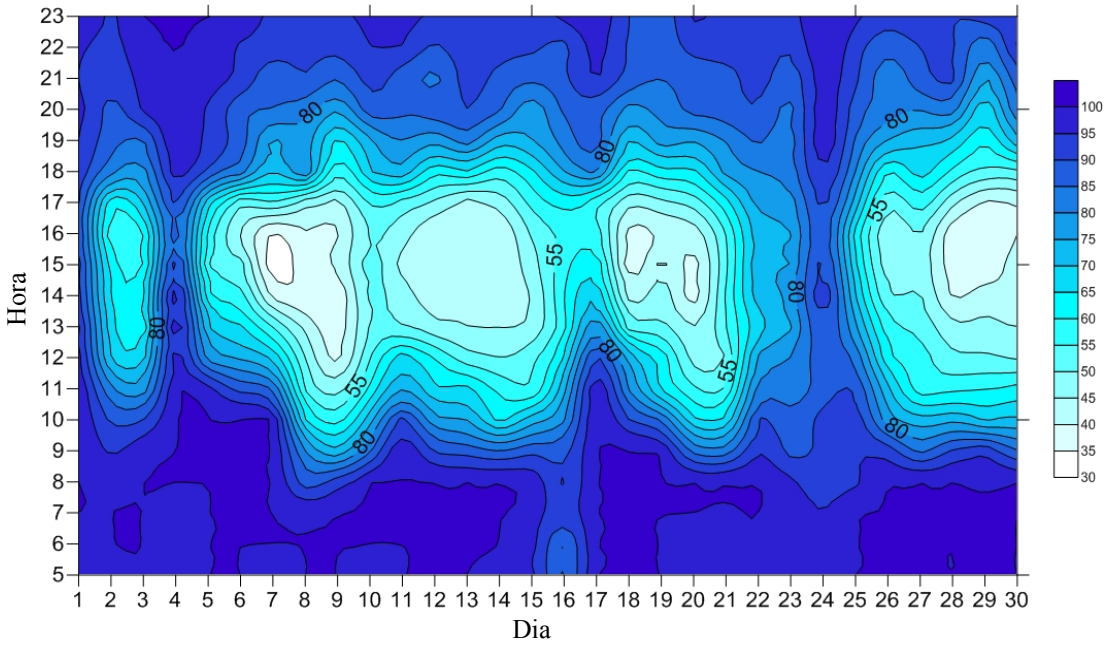


Figura 38 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de junho de 2008 no aeródromo da AFA.

Análise episódica 16 – período: 1 a 6 de junho de 2008

No dia 1º, a área de estudo se encontrava sob a influência de linhas de instabilidade em Massa Polar Atlântica, o que ocasionou um volume de precipitação de 8,3 mm, temperaturas entre 12,6ºC e 16,9ºC. Em virtude da situação sinótica, o céu permaneceu totalmente encoberto e a velocidades dos ventos de 1 a 3 nós (0,5 a 1,5 $m.s^{-1}$). Nesse dia, não houve formação de nevoeiro.

No dia 2, a área se encontrava sob a influência da Massa Polar Atlântica, as temperaturas ficaram entre 13,6ºC e 23,4ºC, a umidade relativa, entre 56% e 100%. Ainda pela manhã, verificou-se a presença de nuvens e ventos com velocidade entre 1 a 2 nós (0,5 a 1 $m.s^{-1}$). À tarde, o tempo se estabilizou, sem formação de nuvens com predomínio de calmaria. Não houve formação de nevoeiro.

No dia 3, permanecendo a área, sob o domínio da Massa Polar Atlântica, a temperatura oscilou entre de 9ºC e 26,1ºC, com a mínima, ocorrendo às 6 h. No início da

manhã predominava tempo estável, sem vento e sem nuvens. Nesse dia houve formação de nevoeiro, com início às 6 h e duração de 3 horas.

No dia 4, a presença de uma Frente Polar Reflexa, manteve as temperaturas entre 15ºC e 20,5ºC, com temperatura mínima ocorrendo às 23 h. Pela manhã, a velocidade do vento ficou entre 1 e 4 nós (0,5 a 2,1 $m.s^{-1}$), com céu totalmente encoberto e precipitação de 10,2 mm. À noite não houve precipitação, mas o céu permaneceu parcialmente encoberto e a velocidade do vento, em torno de 1 nó. Nesse dia, houve formação de nevoeiro com início às 22 h e duração de 2 horas.

No dia 5 a área voltou ao domínio da Massa Polar Atlântica, com temperaturas oscilando entre 13,1ºC e 26,5ºC, tendo temperatura mínima ocorrido às 7 h, com calmaria durante o dia todo. Verificou-se a formação de nevoeiro com início às 6 h e duração de 4 horas.

No dia 6, ainda sob o domínio da Massa Polar Atlântica, as temperaturas oscilaram entre 12,3ºC e 27,3ºC, com a mínima às 6 h, predomínio de calmaria e céu limpo durante o dia inteiro. O nevoeiro teve início às 6 h e duração de 3 horas.

Análise episódica 17 – período: 15 a 19 de junho de 2008

No dia 15, após o domínio da Massa Tropical Atlântica, a passagem de uma Frente Polar Atlântica fez a temperatura oscilar entre 13,1ºC e 27,3ºC. O céu ficou nublado, mas não houve precipitação nem nevoeiro.

No dia 16, o ar polar voltou a atuar na região, fazendo a temperatura ficar entre 10ºC e 20,1 ºC. O céu ficou parcialmente encoberto no período da manhã, permanecendo limpo durante a noite. Não houve formação de neblina.

No dia 17 o domínio da Massa Polar Atlântica levou a temperatura a oscilar entre 5,8ºC e 22,4ºC, com a mínima ocorrendo às 6 h. Pela manhã o céu ficou parcialmente

encoberto e sopraram ventos fracos, tendo havido formação de nevoeiro com início às 6 h e duração de 5 horas.

No dia 18, a massa polar continuou agindo na região levando a temperatura a oscilar entre 5,8ºC e 26ºC, com a mínima ocorrendo às 7 h. Predominou céu limpo, ventos com velocidade entre 4 a 7 nós (2,1 a 3,6 $m.s^{-1}$) somente à tarde. Houve formação de nevoeiro com início às 6 h e duração de 3 horas.

No dia 19 com domínio da Massa Polar, a temperatura permaneceu entre 7,4ºC e 26,4ºC, com a mínima ocorrendo às 7 h. O tempo permaneceu estável, sem nebulosidade, mas com formação de nevoeiro iniciado às 6 h e duração de 1 hora.

5.6.2.4 - Julho de 2008

Os sistemas atmosféricos atuantes no mês de julho foram, em ordem decrescente, a Massa Polar Atlântica (22 dias), a Polar Velha (5 dias), a Frente Polar Atlântica (3 dias) e a Tropical Atlântica (1dia).

A Figura 39 apresenta a variação da temperatura do mês. No dia 3, a Massa Tropical Atlântica agia na região fazendo a temperatura variar de 12,6ºC a 27,6ºC. No dia 4, ocorreu a menor amplitude térmica do mês, 11,6ºC, devido à entrada da Frente Polar Atlântica.

A partir do dia 4, a Massa Polar Atlântica dominou a região e manteve as temperaturas do início da manhã abaixo dos 10ºC. A menor temperatura registrada, 3,2ºC, ocorreu no dia 16, às 7 h. Nos dias 22 e 23 houve uma pequena elevação das temperaturas mínimas e máximas, acompanhadas de um queda acentuada na umidade relativa do ar, indicando o envelhecimento do ar polar. Esse fato pode ser verificado na Figura 32.

Após a passagem de uma nova frente fria no dia 24, o ar polar voltou a dominar a região, fazendo as temperaturas caírem, novamente, nos dias 26 e 27. A partir do dia 28, a massa polar perdeu novamente o vigor.

Quanto à umidade relativa do ar, observou-se uma tendência de queda a partir do dia 6. Os valores oscilaram entre 61% e 90%, às 9 h, e 65% e 86%, às 21 h (Figura 40).

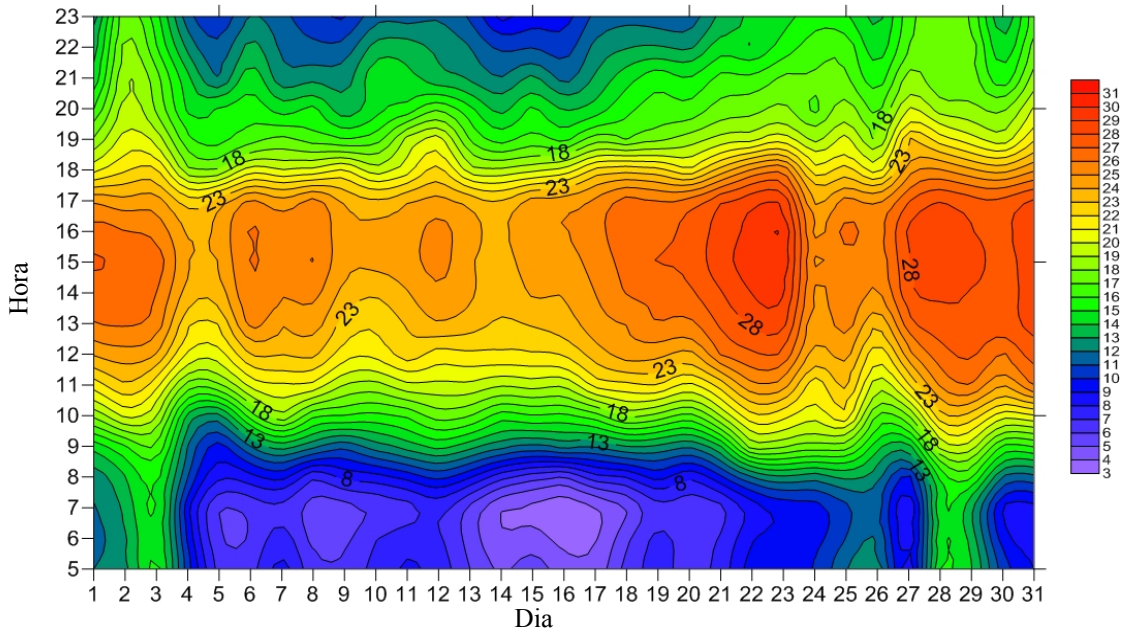


Figura 39 - Termoisopleta do mês de julho de 2008 para os dados de temperatura do ar para o aeródromo da AFA.

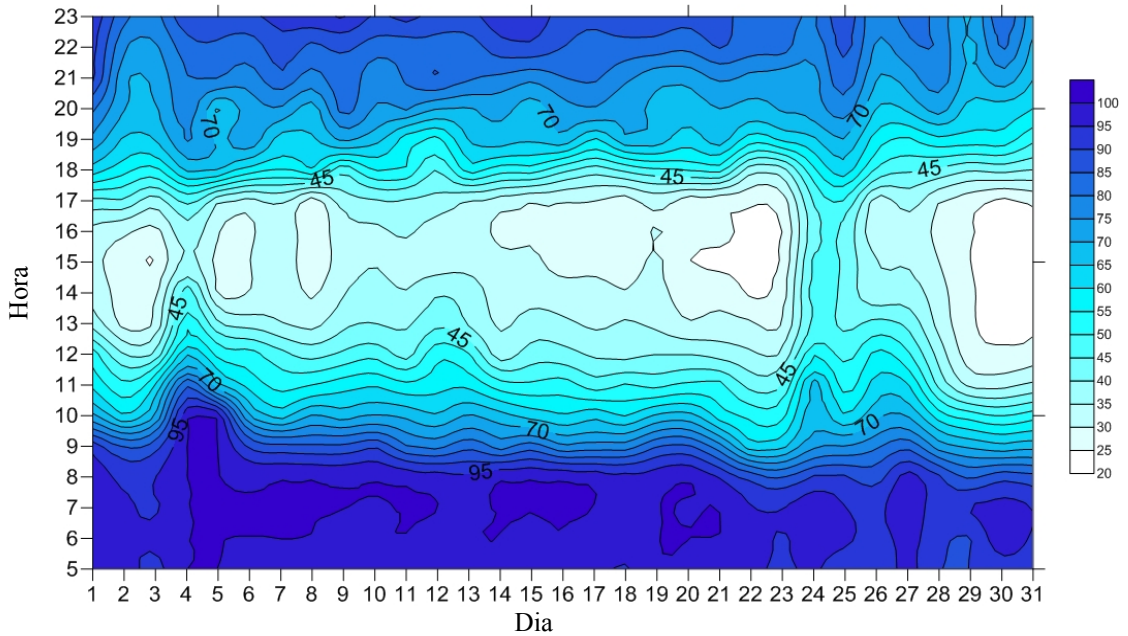


Figura 40 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de julho de 2008 no aeródromo da AFA.

Nesse mês, ocorreram somente três episódios de nevoeiros, todos sob o domínio da Massa Polar Atlântica. Segue a análise desses episódios.

Análise episódica 18 – Período: 3 a 6 de julho de 2008

No dia 3, após um dia de domínio da Massa Tropical Atlântica, uma Frente Polar passou rapidamente pela região e, embora não tenha provocado chuva, fez a umidade aumentar. O ar polar vindo na retaguarda dominou a região após sua passagem.

No dia 4, sob o domínio da Massa Polar Atlântica, a temperatura mínima atingiu 9,1ºC, e a máxima 24ºC, com umidade relativa permanecendo alta e ocorrência de nevoeiro, iniciado às 6 h e durado 5 horas.

No dia 5, o ar polar dominava a região, mantendo a temperatura entre 5,9ºC e 24ºC e a umidade relativa alta no período da manhã. Também nesse dia houve formação de nevoeiro com início às 7 h e duração de 2 horas.

No dia 6, ainda sob o domínio da Massa Polar, a temperatura oscilou entre 6ºC e 26ºC, a umidade relativa sofreu um pequeno declínio em relação ao dia anterior, não houve formação de nevoeiro.

Análise episódica 19 – Período: 17 a 19 de julho de 2008

No dia 17 a região estava no 13º dia de domínio do ar polar, com o mesmo tipo de tempo, o céu limpo dos dias anteriores. A temperatura mínima nesse dia foi de 3,9ºC e a máxima de 25,6ºC, a umidade relativa oscilou entre 27% e 100%. Não houve formação de nevoeiro.

No dia 18, ainda sob o domínio da Massa Polar, manteve-se o mesmo tipo de tempo com céu limpo, temperatura mínima de 4,9ºC e máxima de 26,6ºC. A umidade relativa variou de 26% a 100%, com ocorrência de nevoeiro iniciado às 6 h com duração de 1 hora.

No dia 19, permaneceu o mesmo tipo de tempo com céu aberto, temperaturas apresentando pequena elevação, mínima de 6,7ºC e máxima de 27ºC. A umidade relativa ficou entre 31.

5.6.3 - Ano 2005 (excepcional de baixa ocorrência)

A Figura 41 apresenta o gráfico de análise rítmica para o ano 2008 (excepcional de alta ocorrência) com a sequência e encadeamento dos sistemas atmosféricos atuantes no período estudado. Neste período, de abril a julho de 2005, verificaram-se 20 episódios de nevoeiro, 27% abaixo da média para a série considerada. Desse total, 25% dos episódios ocorreram em abril, 30% em maio e de junho e somente 15%, em julho.

A duração total dos episódios foi de 45 horas, tendo-se registrado, desse total, uma ocorrência de nevoeiro com 2 horas de duração no período noturno. As maiores incidências do período aconteceram em maio e julho, com 26% em cada mês. No mês de julho registraram-se 14% de ocorrências.

A análise rítmica realizada no período indicou que a Massa Polar Atlântica atuou em 64 dias, seguida da Massa Polar Velha, com 19 dias. A Massa Tropical Atlântica permaneceu durante 15 dias. Os sistemas frontais atuaram em 12 dias (Tabelas 13 e 14).

A precipitação total para o período foi de 115,1 mm, tendo 62% origem na Frente Polar Atlântica, 32%, em Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade, 4%, em Massa Tropical Atlântica com Linha de Instabilidade e 4%, na Frente Polar Reflexa.

Quanto à análise dos sistemas atmosféricos atuantes nos episódios de nevoeiro, verificou-se que 90% das ocorrências aconteceram em Massa Polar Atlântica, 5% em Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade e 5% em Frente Polar Atlântica (Tabela 15).

Figura 41 – Gráfico de análise rítmica para o aeródromo da AFA – Pirassununga/SP do ano 2005 (excepcional de baixa ocorrência).

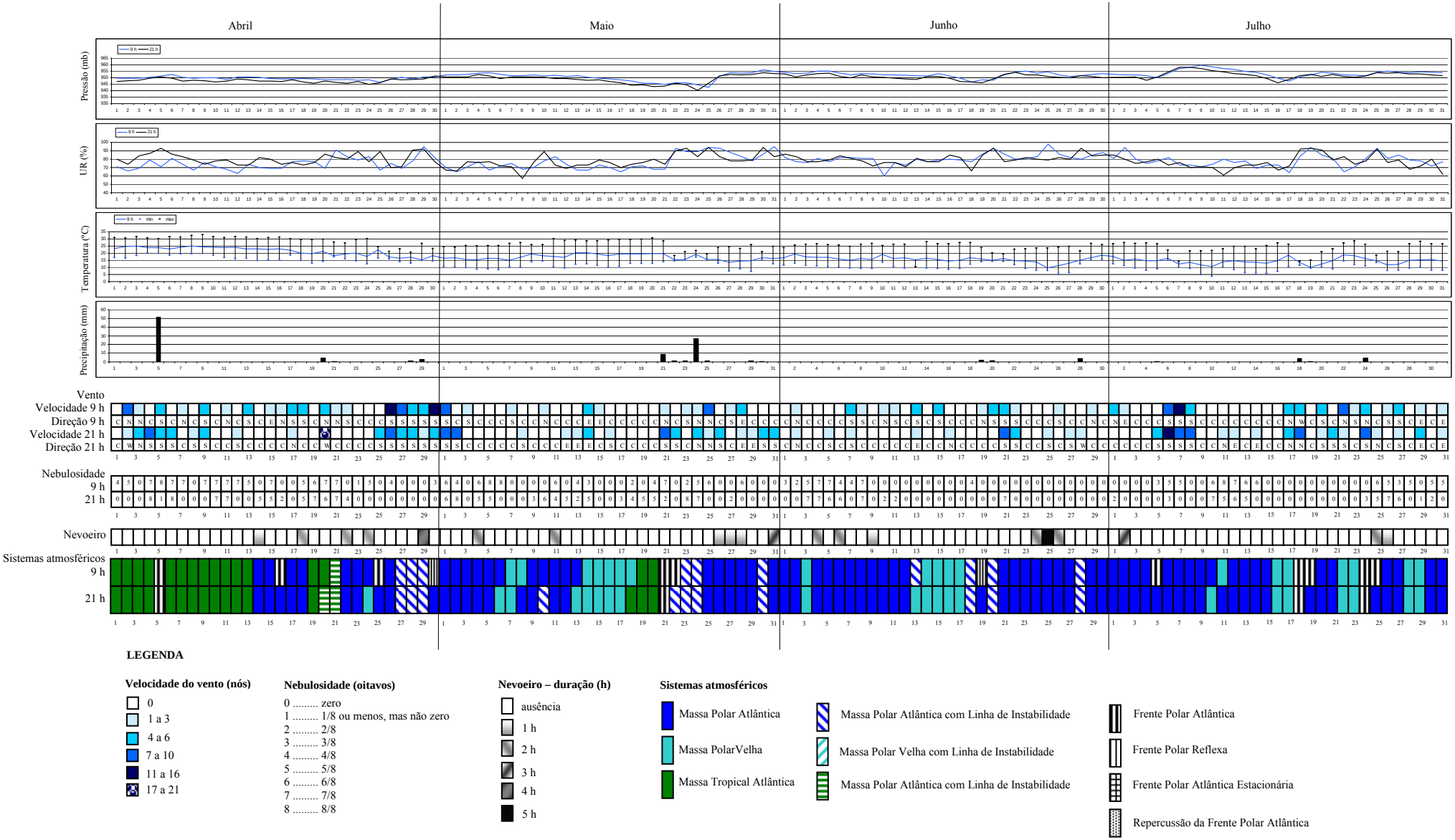


Tabela 13 - Sequência dos sistemas atmosféricos atuantes no período de abril a julho de 2005 no aeródromo da AFA.

DIA	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO
1	MTA	MPA	MPA	MPA
2	MTA	MPA	MPA	MPA
3	MTA	MPA	MPV	MPA
4	MTA	MPA	MPA	MPA
5	FPA	MPA	MPA	FPA
6	MTA	MPA	MPA	MPA
7	MTA	MPV	MPA	MPA
8	MTA	MPV	MPA	MPA
9	MTA	MPA	MPA	MPA
10	MTA	MPA	MPA	MPA
11	MTA	MPA	MPA	MPV
12	MTA	MPA	MPA	MPA
13	MTA	MPA	MPA com LI	MPA
14	MPA	MPV	MPV	MPA
15	MPA	MPV	MPV	MPA
16	FPA	MPV	MPV	MPV
17	MPA	MPV	MPV	MPV
18	MPA	MPV	MPA com LI	FPA
19	MTA	MTA	FPR	FPA
20	MTA com LI	MTA	MPA com LI	MPA
21	MTA com LI	FPA	MPA	MPA
22	MPA	FPA	MPA	MPV
23	MPA	MPA com LI	MPA	MPV
24	MPA	MPA com LI	MPA	FPA
25	FPA	MPA	MPA	FPA
26	MPA	MPA	MPA	MPA
27	MPA com LI	MPA	MPA	MPA
28	MPA com LI	MPA	MPA com LI	MPV
29	MPA com LI	MPA	MPA	MPV
30	FPR	MPA com LI	MPA	MPA
31		MPA		MPA

MPA – Massa Polar Atlântica
MPV – Massa Polar Velha
MTA – Massa Tropical Atlântica
MPA com LI – Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade
MTA com Li – Massa Tropical Atlântica com Linha de Instabilidade
FPA – Frente Polar Atlântica
FPR – Frente Polar Reflexa

Tabela 14 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos no período de abril a julho de 2005 no aeródromo da AFA.

Sistemas atmosféricos	Abril		Maio		Junho		Julho		Total	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	dias	%
MTA	13	43,3	2	6,5	0	0,0	0	0,0	15	12,3
MTA com LI	2	6,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	1,6
MPA	8	26,7	17	54,8	20	66,7	19	61,3	64	52,5
MPA com LI	3	10,0	3	9,7	4	13,3	0	0,0	10	8,2
MPV	0	0,0	7	22,6	5	16,7	7	22,6	19	15,6
FPA	3	10,0	2	6,5	0	0,0	5	16,1	10	8,2
FPR	1	3,3	0	0,0	1	3,3	0	0,0	2	1,6
Total (dias)	30	100	31	100	30	100	31	100	122	100

Tabela 15 - Frequência de atuação dos sistemas atmosféricos nos episódios de nevoeiro ocorridos entre abril e julho de 2005 no aeródromo da AFA.

Sistemas atmosféricos	Abril		Maio		Junho		Julho		Total	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	dias	%
MPA	4	80,0	6	100,0	6	100,0	2	66,7	18	90,0
MPA com LI	1	20,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	5,0
FPA	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	33,3	1	5,0
Total (dias)	5	100	6	100	6	100	3	100	20	100

5.6.3.1 - Abril de 2005

A análise rítmica de abril de 2005 apontou que durante 13 dias a região esteve sob ação da Massa Tropical Atlântica e, 8 dias, sob o domínio da Polar Atlântica. A Frente Polar Atlântica manifestou-se em 4 dias e a Polar Reflexa em 1 dia apenas.

Nos dias de atuação da Massa Tropical Atlântica as temperaturas variaram de 16ºC a 33ºC. As incursões do ar Polar foram de fraca intensidade, provocando variações na temperatura entre 12ºC e 29ºC. A Figura 42 ilustra o comportamento da temperatura nesse mês.

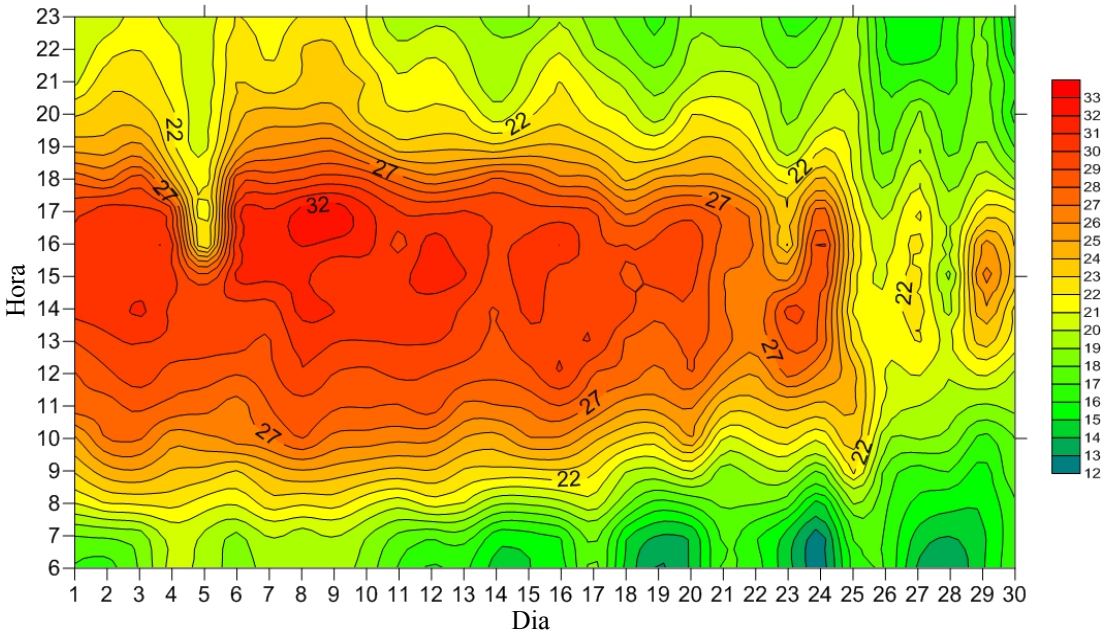


Figura 42 - Termoisopleta do mês de abril de 2005 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

A precipitação acumulada foi de 59,7 mm, sendo 86% gerados pela Frente Polar Atlântica e, o restante, em Massa Tropical Atlântica com Linha de Instabilidade e em Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade.

A umidade relativa do ar manteve-se entre 30% e 98%. A Figura 43 mostra a distribuição diária da umidade relativa no mês de abril. As passagens dos sistemas frontais, nos dias 5 e 25, não contribuíram muito para alteração do perfil de distribuição.

Nesse mês registraram-se 5 ocorrências de nevoeiro, com duração total de 11 horas, sendo quatro episódios em Massa Polar Atlântica e um, em Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade.

Segue-se a análise episódica das sequências de ocorrências de nevoeiro.

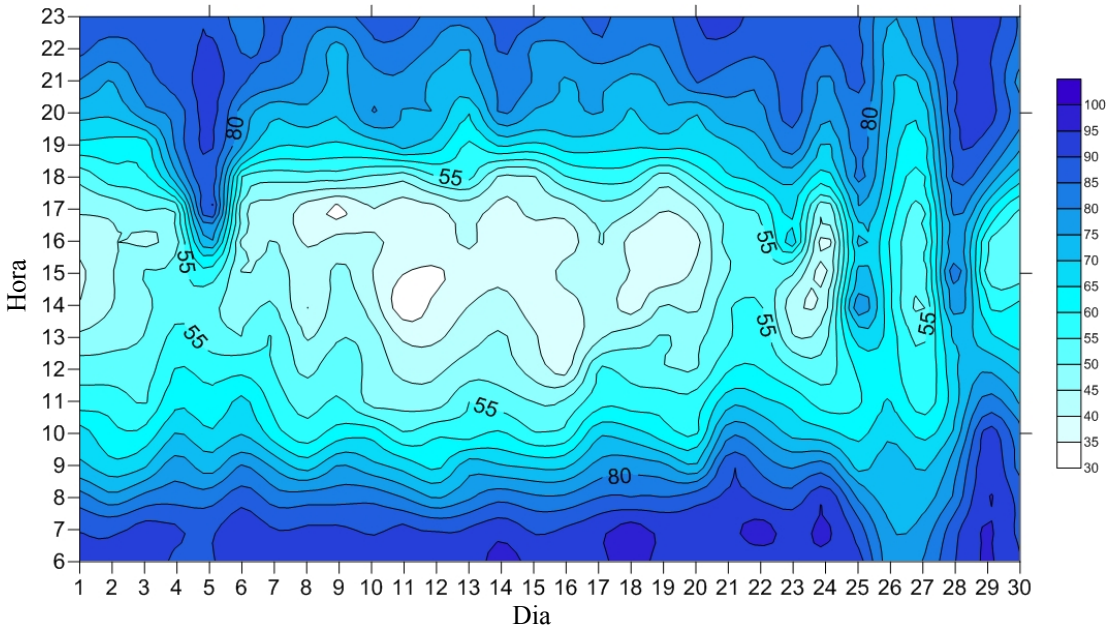


Figura 43 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de abril de 2005 no aeródromo da AFA.

Análise episódica 20 – período: de 13 a 24 de abril

No dia 13, oitavo dia de atuação da Massa Tropical Atlântica, o tipo de tempo permanecia estável com céu limpo e poucas nuvens no período da tarde, temperatura entre 16,3ºC e 31,2ºC e umidade relativa entre 36% e 91%.

No dia 14, ocorreu a primeira incursão da Polar Atlântica do mês. A massa de fraca intensidade definiu o tipo de tempo estável com ligeiro declínio da temperatura para valores entre 15ºC e 30ºC, e pequena elevação da umidade relativa para 98%. Nesse dia houve formação de nevoeiro às 6 h, com duração de 1 hora.

No dia 15 permaneceu o mesmo tipo de tempo, definido pela Polar Atlântica, com céu limpo sem nebulosidade, temperatura variando de 15ºC a 31ºC e a umidade relativa, entre 35% e 93%, sem ocorrência de nevoeiro.

No dia 16 ocorreu a passagem rápida de uma Frente Polar Atlântica no período da manhã, que não provocou precipitação, mas definiu um tipo de tempo parcialmente nublado com incidência de ventos.

No dia 17, sob o domínio da massa Polar de fraca intensidade, o tipo de tempo definiu-se como parcialmente nublado, temperaturas oscilando entre 18ºC e 30ºC, a umidade relativa variando de 44% a 94%.

No dia 18, com permanência da Massa Polar, o tipo de tempo permaneceu parcialmente nublado, temperaturas oscilando entre 14ºC e 29ºC e a umidade relativa entre 36% a 98%. Nesse dia houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 2 horas.

No dia 19 a Massa Tropical voltou a atuar na região com as mesmas características de tempo do sistema polar, ou seja, parcialmente nublado, mas sem ocorrência de nevoeiro.

Nos dias 20 e 21 a região estava sob domínio da Massa Tropical Atlântica com Linha de Estabilidade, que definiu tipo de tempo nublado, com pequena precipitação acumulada de 4,7 mm, temperaturas entre 14ºC e 30ºC e umidade relativa mais alta.

No dia 22 uma nova Massa Polar Atlântica chegou à região, provocando tipo de tempo nublado com pequena queda na temperatura e umidade relativa acima dos 50%, devido às pequenas chuvas ocorridas nos dias anteriores. Nesse dia houve ocorrência de nevoeiro com inicio às 6 h e duração de 2 horas.

No dia 23, sob ação do ar polar, o tipo de tempo foi parcialmente nublado, com pequeno declínio na umidade relativa e na temperatura, sem nevoeiro.

No dia 24 o tempo permaneceu sob o domínio do ar polar com aumento da nebulosidade, provocando um tipo de tempo nublado, com queda na temperatura mínima e umidade relativa em torno de 96% nas primeiras horas da manhã. Nesse dia ocorreu nevoeiro com início às 6 h e duração de 2 horas.

No dia 25 uma Frente Polar Atlântica passou rapidamente pela região, provocando pequeno volume de chuva (0,2 mm) e mantendo o tempo nublado com umidade relativa acima dos 60%.

Nos três dias seguintes a região ficou dominada pela Massa Polar Atlântica com Linhas de Instabilidade, mantendo o tempo nublado e a umidade relativa acima de 50% e a temperatura em declínio. No dia 29, sob esse tipo de tempo, houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 4 horas.

5.6.3.2 – Maio de 2005

O sistema atmosférico mais atuante nesse mês foi a Massa Polar Atlântica, que atuou durante 17 dias, seguida da Polar Velha, que agiu durante 7 dias.

As temperaturas mínimas do mês de maio oscilaram entre 7,1ºC e 17,2ºC e as máximas, entre 18,3ºC e 30,6ºC, como mostram as Figuras 41 e 44.

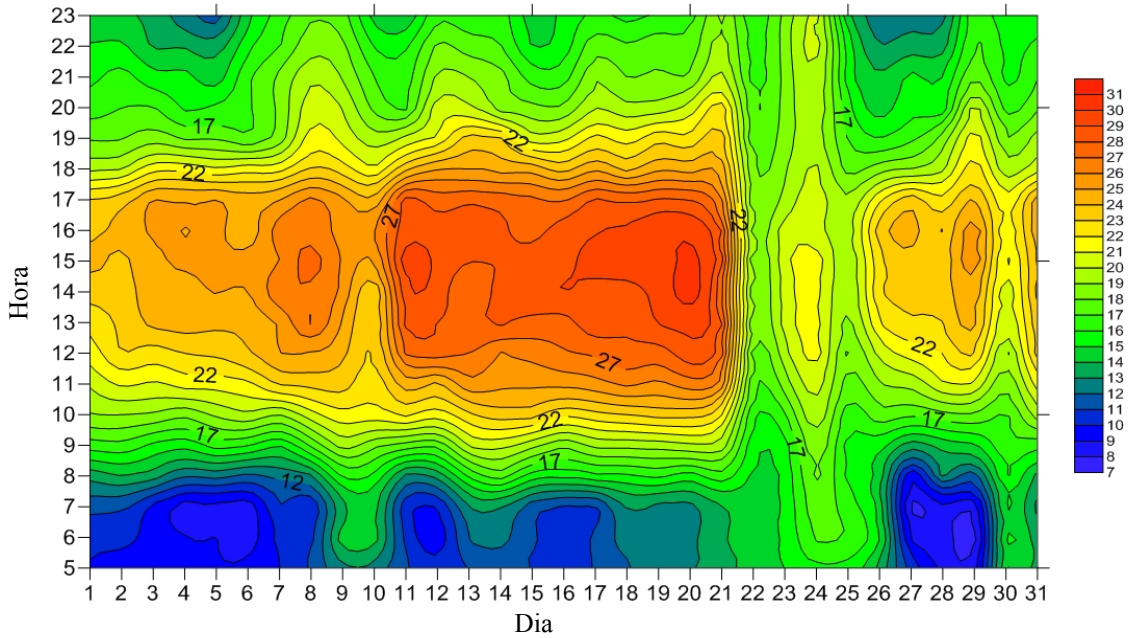


Figura 44 - Termoisopleta do mês de maio de 2005 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

A precipitação acumulada foi de 39,3 mm, sendo 70% foram gerados durante a vigência da Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade, 25% pela Frente Polar Atlântica e 5%, em Massa Polar Atlântica.

A umidade relativa do ar mínima registrada durante todo mês foi de 25% e a máxima, 98%. A Figura 45 mostra a variação diária da umidade relativa do ar para o mês de maio, quando se registraram 6 ocorrências de nevoeiro, com duração total de 12 horas. Cinco episódios aconteceram sob domínio da Massa Polar.

Segue-se a análise episódica dessas ocorrências.

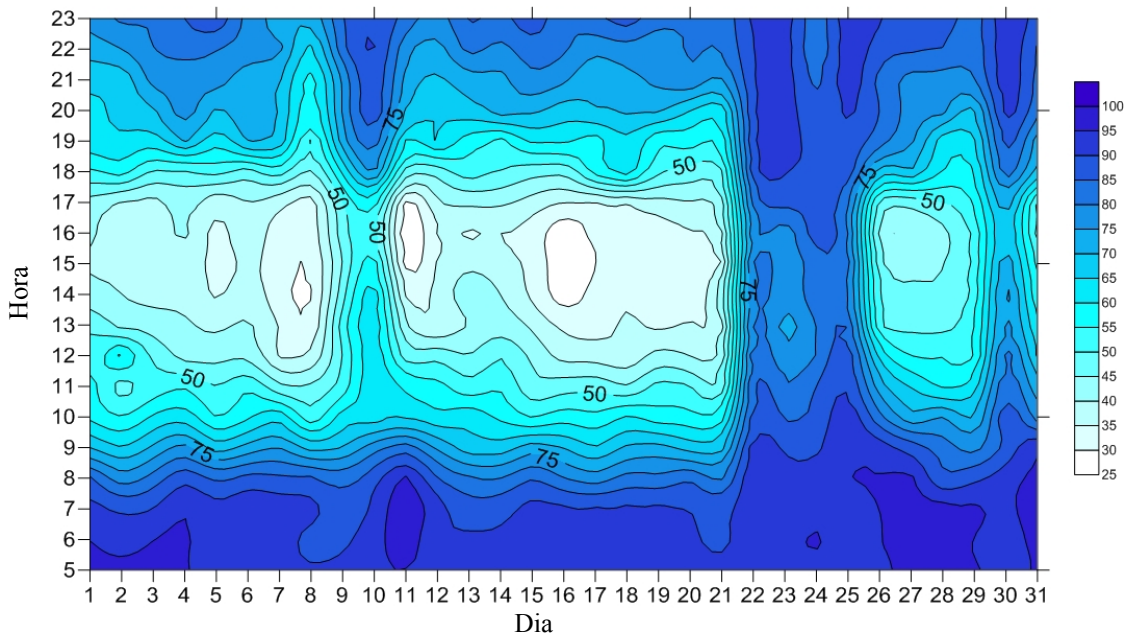


Figura 45 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de maio de 2005 no aeródromo da AFA.

Análise episódica 21 – período: de 3 a 11 de maio de 2005

No dia 3, após uma sequência de dias sob domínio da Massa Polar Atlântica, sucedeu o mesmo tipo de tempo com céu totalmente limpo, temperatura entre 9,6ºC e 25ºC e a amplitude térmica em elevação.

No dia 4 permaneceu a mesma situação de tempo. Registrou-se um declínio da temperatura mínima, que atingiu 8,4ºC. Nesse o nevoeiro iniciou-se às 6 h com duração de 2 horas.

Com o domínio da Massa Polar Velha nos dias 7 e 8, ocorreu tipo de tempo parcialmente nublado, com temperatura oscilando entre 10ºC e 27ºC e umidade relativa entre 30% e 92%, como mostra a Figura 41.

Com o retorno ao domínio da MPA, no dias 9, o tipo de tempo teve céu parcialmente nublado, temperatura variando entre 13ºC a 26ºC e umidade relativa acima de 45%.

No dia 10, sob domínio da Massa Polar Atlântica com Linha de Instabilidade definiu-se um tipo de tempo nublado com umidade relativa acima de 50%.

No dia 11, no retorno do ar polar, o tipo de tempo foi de céu aberto, temperatura entre 10ºC e 30ºC e umidade relativa acima de 55%. Nesse dia ocorreu nevoeiro com início às 6 h e duração de 2 horas.

Análise episódica 22 – período: de 24 a 31 de maio de 2005

No dia 24, uma Massa Polar com Linha de Instabilidade estava no segundo dia de atuação, provocando tipo de tempo chuvoso, com céu totalmente encoberto, gerando 27,1 mm de precipitação e deixando a temperatura oscilar entre 17ºC e 21ºC.

No dia 25, o ar polar dominou a região, mas ainda manteve o tipo de tempo nublado com umidade relativa acima de 80% e temperatura entre 15ºC e 19ºC.

Nos dias 26, 27 e 28, sob domínio da Massa Polar Atlântica, definiu-se tipo de tempo com poucas nuvens, amplitude térmica alta e umidade relativa acima de 45%. Nesses três dias houve ocorrências de nevoeiro. No dia 26 iniciou-se às 8 h, no dia 27, às 6 h, e no dia 28, às 7 h. Todas as ocorrências tiveram 1 hora de duração.

Nos dias 28 e 29 sob domínio do ar polar o tipo de tempo se alterou, passando a nublado com incidência de pequena precipitação (1,1 mm), o que provocou aumento na umidade relativa e diminuição na amplitude térmica no dia 29.

No dia 30, ainda sob a ação do ar polar, o tipo de tempo permaneceu parcialmente nublado, com umidade relativa alta. Nesse dia houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 3 horas.

5.6.3.3 - Junho de 2005

A análise rítmica do mês de junho indicou que a região esteve sob ação da Massa Polar Atlântica durante 20 dias, a Massa Polar Velha, 5 dias e a Massa Polar com Linha de Instabilidade, 4 dias. Houve somente uma participação da Frente Polar Reflexa (Tabela 14).

O perfil de temperatura sob atuação dos sistemas atmosféricos identificados é mostrado na Figura 46. Observa-se que a temperatura mínima variou de 5ºC a 15ºC e a máxima, de 10ºC a 28ºC. As temperaturas mais baixas registradas no mês ocorreram nos dias 26 e 27 sob domínio da Massa Polar Atlântica. A maior amplitude térmica foi registrada no dia 2, sob o domínio desse mesmo sistema atmosférico.

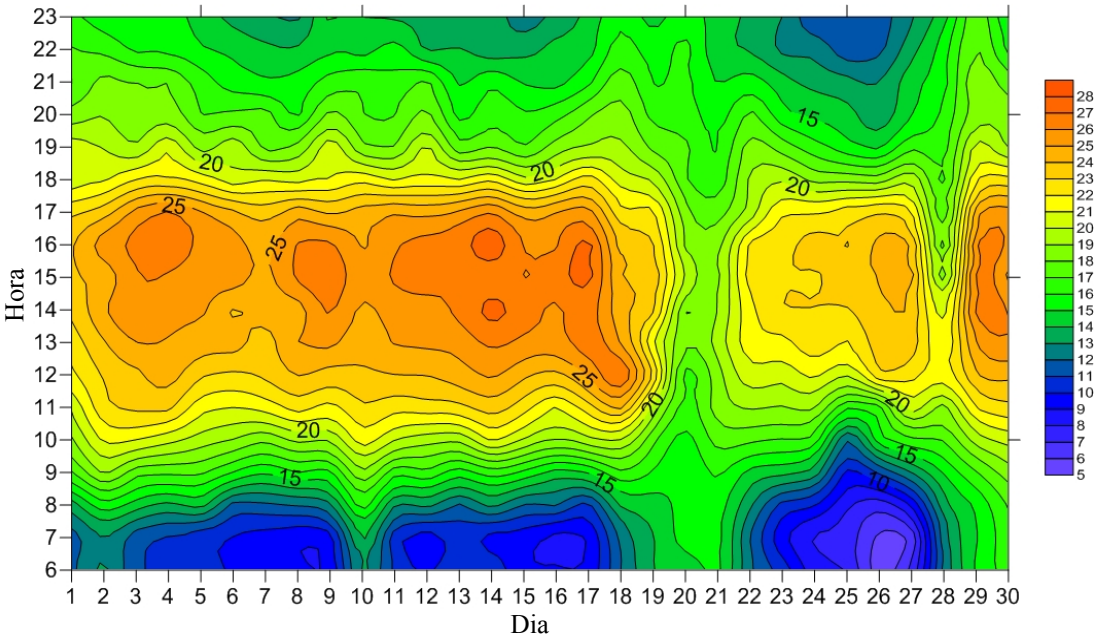


Figura 46 – Termoisopleta do mês de junho de 2005 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

A precipitação acumulada foi de 6,9 mm, sendo 71% gerados em Massa Polar com Linha de Instabilidade.

A umidade relativa do ar nos horários de 9 e 21 h manteve-se acima dos 60%, como pode se verificar na Figura 41. O comportamento horário da umidade relativa do ar no mês de junho é mostrado na Figura 47. Essa representação mostra a modificação do perfil da umidade no dia 20 devido à presença de precipitação.

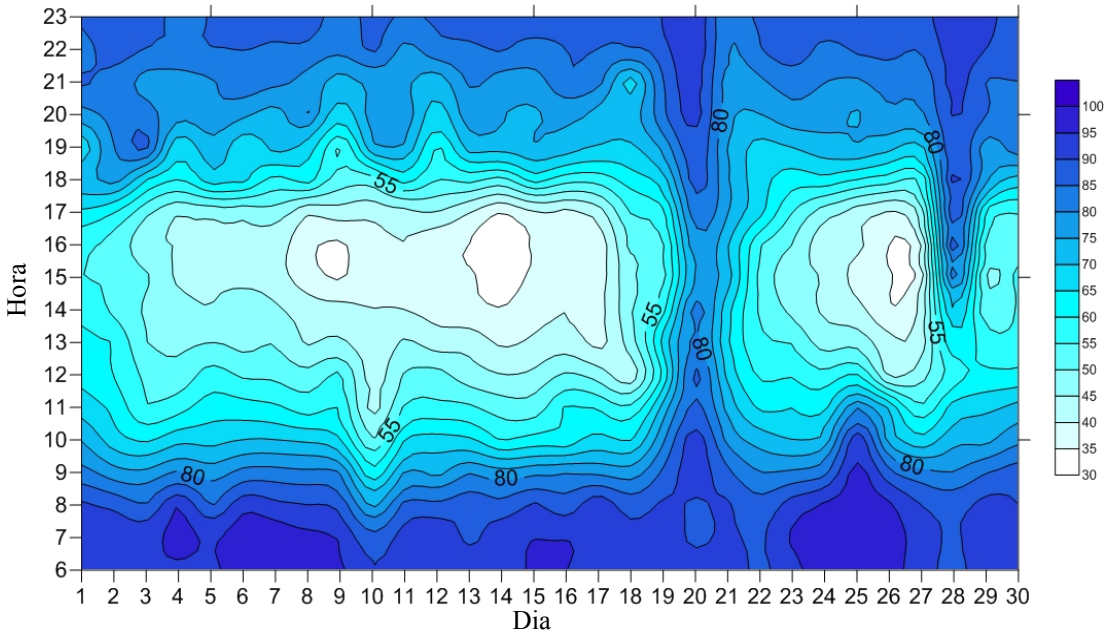


Figura 47 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de junho de 2005 no aeródromo da AFA.

Nesse mês ocorreram 6 episódios de nevoeiro, todos sob domínio da Massa Polar Atlântica. Segue-se a análise dos tipos de tempo correspondentes às ocorrências.

Análise episódica 23 – período: de 5 a 9 e 23 a 27 de junho de 2005

No domínio da Massa Polar Atlântica, o tipo de tempo apresentou-se com céu limpo sem nebulosidade. A temperatura no período de 5 a 9 de junho oscilou entre 9ºC e 17ºC e a umidade relativa do ar acima de 50%.

No período de 23 a 27 de junho, sob o mesmo tipo de tempo, com céu limpo, a temperatura variou de 5,4ºC a 24,5ºC e a umidade relativa manteve-se acima de 40%.

Sob esses tipos de tempo registraram-se as seguintes ocorrências de nevoeiro:

- dias 4, 6, 24 e 26: início às 6 h e duração de 2 horas;

- dia 9: início às 6 h e duração de 1 hora; e

- dia 25: início às 6 h e duração de 5 horas.

5.6.3.4 – Julho de 2005

No mês de julho os sistemas atmosféricos atuantes foram a Massa Polar Atlântica, em 19 dias, e a Massa Polar Velha, em 7 dias. A Frente Polar Atlântica atuou em 5 dias.

A Figura 48 apresenta o comportamento térmico do mês. A máxima temperatura registrada, 28,4ºC, ocorreu no dia 23, sob domínio da MPV; e a mínima, 3,4ºC, no dia 10, sob domínio da MPA.

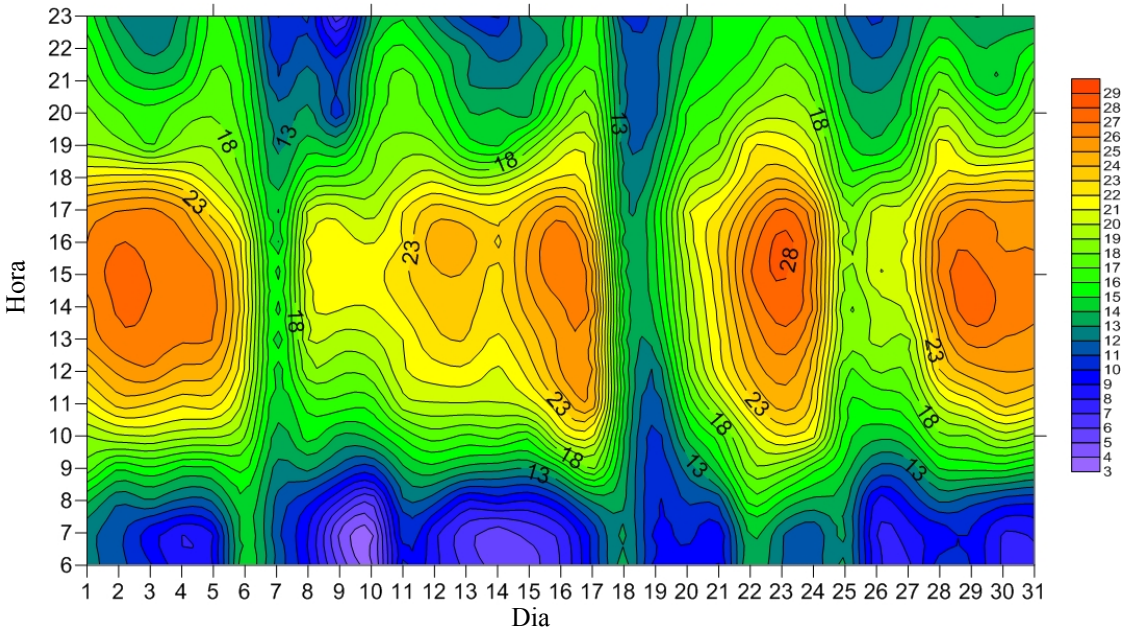


Figura 48 – Termoisopleta do mês de julho de 2005 para os dados de temperatura do ar do aeródromo da AFA.

A precipitação acumulada no mês foi de 9,4 mm, com gênese na Frente Polar Atlântica.

A umidade relativa do ar no mês oscilou entre 24% e 99%. A Figura 49 apresenta a variação diária da umidade no mês de julho. Observa-se nos dias 7, 18, 19 e 25 modificação no perfil da umidade relativa em função de passagens da FPA.

Em julho registraram-se 3 ocorrências de nevoeiro, sendo duas em Massa Polar Atlântica e uma na passagem da FPA.

A seguir discutem-se esses episódios.

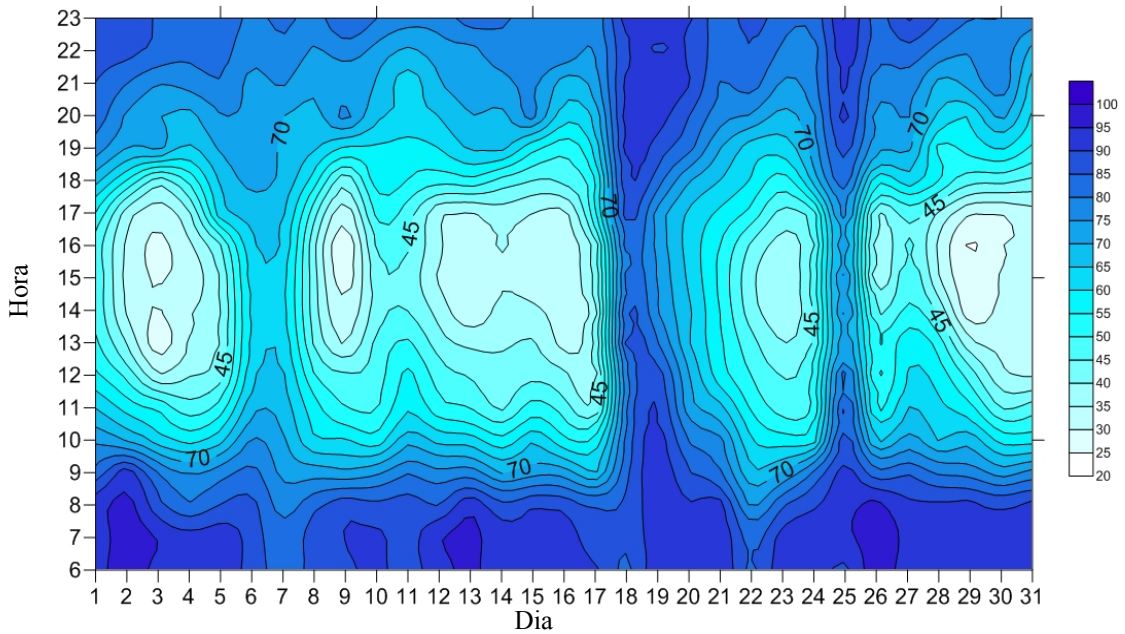


Figura 49 – Distribuição diária da umidade relativa do ar para o mês de julho de 2005 no aeródromo da AFA.

Análise episódica 24 – período: de 1 a 3 de julho

Nesses três dias a região esteve sob domínio da Massa Polar Atlântica, definindo tipo de tempo com céu limpo, temperatura oscilando entre 9ºC e 27ºC, definindo grande amplitude térmica e umidade relativa acima de 25%. Nesse tipo de tempo, no dia 2, houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 3 horas.

Análise episódica 25 – período: 24 a 26 de julho

No dia 24, a região esteve sob influência da Frente Polar Atlântica, que definiu um tipo de tempo nublado e chuvoso, mantendo a umidade relativa acima de 75%.

O dia 25 iniciou-se sob a influência da FPA com tipo de tempo nublado e úmido. Após a passagem da FPA, a Massa Polar Atlântica entrou na região, promovendo um tipo de tempo parcialmente nublado, com diminuição da temperatura mínima e da umidade relativa do ar. À noite, houve registro de ocorrência de nevoeiro com início às 22 h e término às 23 h, horário de encerramento das atividades dos observadores da estação meteorológica da AFA.

No dia 26 permaneceu o domínio da MPA e o mesmo tipo de tempo, com céu parcialmente nublado. Nesse dia houve ocorrência de nevoeiro com início às 6 h e duração de 1 hora.

5.7 – Síntese dos sistemas atmosféricos

Ao final destas análises são apresentadas nas Tabelas 16 e 17 as sínteses mensais das participações dos sistemas atmosféricos nos anos-padrão e para os episódios de nevoeiro.

Observou-se que no período de maior ocorrência de nevoeiro – abril, maio, junho e julho – os sistemas atmosféricos mais atuantes foram a Massa Polar Atlântica, a Polar Velha e Tropical Atlântica, que com ritmos diferenciados em cada ano considerado estabeleceram condições para a formação de nevoeiro no aeródromo da AFA.

Tabela 16 – Síntese mensal das participações dos sistemas atmosféricos no período de maior ocorrência de nevoeiro para os anos de 2003 (habitual), 2008 (excepcional de alta ocorrência) e 2005 (excepcional de baixa ocorrência).

Sistemas atmosféricos	**ABRIL**			**MAIO**			**JUNHO**			**JULHO**				
	2003	**2008**	**2005**	**2003**	**2008**	**2005**	**2003**	**2008**	**2005**	**2003**	**2008**	**2005**	**Total**	**%**
MTA	7	0	14	3	0	2	0	1	0	6	1	0	34	9,3
MTA com LI	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	1,1
MPA	14	7	8	24	23	17	12	18	20	18	22	19	202	55,2
MPA com LI	2	2	3	0	5	3	0	3	4	0	0	0	22	6,0
MPV	2	4	0	0	2	7	15	3	5	4	6	7	55	15,0
MPV com LI	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	1,6
FPA	4	5	3	3	1	2	2	2	0	3	2	5	32	8,7
FPAE	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,5
RFPA	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0,5
FPR	0	4	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	7	1,9
Total	30	30	30	31	31	31	30	30	30	31	31	31	366	100

Tabela 17 – Síntese mensal das participações dos sistemas atmosféricos nos episódios de nevoeiro no período de maior ocorrência para os anos de 2003 (habitual), 2008 (excepcional de alta ocorrência) e 2005 (excepcional de baixa ocorrência).

Sistemas atmosféricos	**ABRIL**			**MAIO**			**JUNHO**			**JULHO**				
	2003	**2008**	**2005**	**2003**	**2008**	**2005**	**2003**	**2008**	**2005**	**2003**	**2008**	**2005**	**Total**	**%**
MTA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,2
MPA	4	4	4	6	12	6	6	12	6	3	3	2	68	81,9
MPA com LI	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2,4
MPV	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	6,0
MPVcom LI	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1,2
FPA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2,4
FPR	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	4,8
Total (dias)	6	9	5	6	12	6	10	13	6	4	3	3	83	100

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

No término das análises para se estabelecer o ritmo climático e os tipos de tempo responsáveis pela gênese do nevoeiro no aeródromo da AFA, é possível tecer considerações e chegar a algumas conclusões.

A aplicação da análise rítmica realizada no período de maior ocorrência de nevoeiro - abril, maio, junho e julho - para os três anos-padrão, 2003, 2005 e 2008, a partir do paradigma de Monteiro (1971), permitiu verificar o ritmo da circulação atmosférica e evidenciar as características peculiares de cada ano-padrão, apresentadas a seguir.

Ano habitual

Observou-se nesse ano a alternância entre os sistemas polares do Sul e sistemas tropicais do Atlântico. A Massa Tropical Atlântica se fez presente em todos os meses do período, exceto junho, interrompendo o domínio do anticiclone polar.

As chuvas, embora sem grande intensidade, foram distribuídas ao longo do período.

Os episódios de nevoeiro tiveram gênese em Massa Polar Atlântica e em Massa Polar Velha. Verificou-se maior concentração de ocorrências quando o fluxo da Massa Tropical Atlântica era substituído pelo ar polar.

Nesse ritmo de circulação atmosférica os episódios de nevoeiro foram de pequena duração, com exceção de quatro ocorrências.

Ano excepcional de alta ocorrência

O ritmo atmosférico nesse ano foi bastante diferente do habitual, com forte ação dos sistemas polares, sem interrupções pela Massa Tropical Atlântica, com exceção de dois momentos ocorridos em junho e em julho.

A análise integrada dos elementos ressalta o comportamento da pressão atmosférica, que se manteve alta e sem oscilações acentuadas, indicando o domínio da Massa Polar Atlântica.

As chuvas concentraram-se em abril, quando ocorreu maior atuação de sistemas frontais.

Com esse tipo de ritmo, os episódios de nevoeiro tiveram gênese em Massa Polar Atlântica, observando-se grande frequência de ocorrências e episódios com mais de 3 horas de duração.

Ano excepcional de baixa ocorrência

O período iniciou-se em abril, sob acentuado domínio da Massa Tropical Atlântica, fato que se refletiu nas temperaturas mais altas encontradas no mês.

As incursões de ar polar nesse mês foram de fraca intensidade, sem temperaturas muito baixas.

A Massa Tropical manteve sua participação, embora diminuída, até maio, alternando-se com a Massa Polar Atlântica. Esse fluxo se interrompeu nos meses de junho e julho quando ocorreu predomínio da Polar Atlântica e da Polar Velha.

A chuva mais expressiva ocorreu em abril, concentrada num único dia. As outras precipitações foram inexpressivas e ocorreram em todos os meses do período.

Com esse ritmo atmosférico ocorreram episódios de nevoeiro de pequena duração

Dessa maneira, a aplicação do paradigma da análise rítmica evidenciou, pela amostragem dinâmica de padrões excepcionais e habituais, o caráter genético do nevoeiro na AFA, sendo preferencialmente associado à Massa Polar Atlântica.

É possível, também, fazer uma síntese dos sistemas atmosféricos que participaram da definição dos tipos de tempo na região de Pirassununga no período de maior incidência – abril, maio, junho e julho – e que se articularam de maneiras diferentes em cada ano-padrão. São eles:

- os sistemas anticiclônicos, com maior participação da Massa Polar Atlântica, seguida pela Massa Polar Velha e Tropical Atlântica;

- os sistemas perturbados, geradores de tipos de tempo chuvoso e de umidade relativa alta, têm como principal participante a Frente Polar Atlântica, seguida da Frente Polar Reflexa.

Os dados analisados e as reflexões apresentadas neste trabalho permitem considerar que a definição das articulações dos sistemas atmosféricos durante o período selecionado para observação aponta para padrões que podem repetir-se e dar origem aos mesmos tipos de tempo com surgimento do fenômeno do nevoeiro.

Então, no final desta etapa de investigação ficam aqui algumas sugestões para futuros estudos como: a análise do significado da presença de nevoeiro para o balanço hídrico da região, a realização de estudos comparativos para indicar se esses mesmos ritmos climáticos permitem inferir os mesmos resultados em outras áreas da região de Pirassununga-SP e a elaboração de um modelo preditor, que inclua a dinâmica do fenômeno do nevoeiro, para auxiliar no planejamento de atividades não só na AFA, mas também em outros setores, cujas características requeiram conhecimento do tema aqui abordado.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, n. 41, 1964.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR**. 2006. (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

BARBIERI, E. B. **O fator climático nos sistemas territoriais de recreação: uma análise subsidiária ao planejamento na faixa litorânea do estado do Rio de Janeiro**. 1979. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1979.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BORSATO, V. A.; BORSATO, F. H. A dinâmica atmosférica e a influência da massa Polar atlântica nas termoisopletas do outono de 2008 em Apucarana PR. **In:** Encontro de Produção Científica. 2010. Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão, 2010.

BRINO, V. C. **Contribuição à definição climática da bacia do Corumbataí e adjacências (S.P.), dando ênfase à caracterização dos tipos de tempo**. 1973. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro, 1973.

BYERS, H. R. **General Meteorology**. McGraw Hill, 3th Ed. 1959.

CABRAL, E. Aspectos climatológicos da ocorrência de nevoeiro na área do aeroporto internacional de São Paulo/Guarulhos. In: Encontro Nacional de Geógrafos, 8., e Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6., 1990. **Anais**... Salvador, BA: SBMet, 1990.

CERECEDA, P.; SCHEMENAUER, R. S. The Occurrence of Fog in Chile. **Journal of Applied Meteorology**, v. 30, p. 1097-1105, 1991.

CBH-MOGI – COMITE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU. **Proposta:** Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, período 2008-2011. CBH-MOGI, 2008.

COMANDO DA AERONÁUTICA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. MCA 105-10. Manual de Códigos Meteorológicos. 2001.

COMANDO DA AERONÁUTICA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. MCA 105-2. Manual de Estações Meteorológicas de Superfície. 2010.

COMANDO DA AERONÁUTICA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. ICA 105-7, 2005. Preenchimento do IEPV 105-78. Impresso para registro de observação meteorológica à superfície. Comando da Aeronáutica. 36p., 2005.

COMANDO DA AERONÁUTICA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. ICA 105-2, 2010. Classificação dos Órgãos Operacionais de Meteorologia Aeronáutica. Comando da Aeronáutica. 44 p., 2010.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p. 17-23, 1978.

DINIZ, J. A. F. Classificação de uma variável e sua aplicação na geografia. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n. 1, 1971.

DUYNKERKE, P. G. Radiation fog: A comparison of model simulation with detailed observations. **Monthly Weather Rev.** n. 119, p. 324-34, 1991.

FERRI, M. G. Ecologia dos Cerrados. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Belo Horizonte: Itatiaia, 1977. p. 15-36.

FRANÇA, V. D. J. **Avaliação da metodologia de previsão de nevoeiro e visibilidade horizontal do modelo Eta**. Dissertação (mestrado em Meteorologia). INPE, São José dos Campos, 2008.

GALVANI, E.; KLOSOWSKI, E.S.; CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Caracterização da direção predominante do vento em Maringá, PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 81-90, 1999.

GERARDI, L. H. de O.; SILVA, B. N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo, SP: Ed. DIFEL, 1981. 163 p.

GULTEPE, I. et al. Fog Research: A Review of Past Achievements and Future Perspectives. **Pure and Applied Geophysics**, v. 164, p. 1121-1159, 2007.

HELFERICH, G. **O cosmos de Humboldt**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005. 392 p.

JARDIM, C. H. **Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

LEWIS, J. M., KORAČIN, D.; REDMOND, K. T. Sea fog research in the United Kingdon and United States: A historical essay including outlook. **Bull. Am. Meteor. Soc.** n. 85, p. 395-408, 2004.

MCQUITTY, L. L. Similarity analysis by reciprocal pairs for discrete and continuous data. **Educational and Psichological Measurement**, v. 26, p. 825-831, 1996.

MEYER, M. B.; LALA, G. G. Climatological aspects of radiation fog occurrence at Albany, New York. **Journal of Climate**, v. 3, p. 577-586, May 1990.

MONTEIRO, C. A. F. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geográfica**. Rio de Janeiro, v. 34, n. 61, p. 59-69, 1964a.

_____. **A frente polar atlântica e as chuvas na fachada Sul-oriental do Brasil**. Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: IGEO/USP, Série teses e monografias, n. 1, 1969, 68 p.

_____. **Análise rítmica em climatologia**. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Climatologia, São Paulo, n. 1, p. 1-21, 1971.

_____. A climatologia do Brasil ante a renovação atual da Geografia: um depoimento. **Métodos em Questão**. São Paulo, n. 6, 1973.

_____. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo** – estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1973.

_____. **Clima e excepcionalismo**. Florianópolis: Ed. Da UFSC. 1991, 241 p.

_____. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n. 1, 1999.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. Estatística Básica, São Paulo: Editora Atlas, (2004).

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421 p.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. 2005. Surface weather observations and reports. **Federal Meteorological Handbook 1**, 104 p. Disponível em: <http://www.ofcm.gov>. Acesso em: 18 dez. 2010.

OLIVEIRA, V. M. **Condições para formação de nevoeiro em Pelotas**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Sinótica). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1998.

PÉDELABORDE, P. **Lê climat du bassin parisien: essai d'une méthode rationelle de climatologie physique**. Paris: Medicis, 1957.

PIVA, E. D.; FEDORA, N. Um estudo sobre a formação de nevoeiro de radiação em Porto Alegre. **Revista Brasileira de Meteorologia**. São José dos Campos, v. 14, n. 2, p. 47-62, 1999.

RAMOS, C. da S.; SANCHEZ, M. C. Estudo metodológico de classificação de dados para cartografia temática. **Geografia.** v. 25, n. 2, p.23-52, 2000.

RIBEIRO, A. G. A climatologia dinâmica na perspectiva da Análise Rítmica. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 12 (24), p. 47-62, 2000.

ROSS, J. L. S. Os fundamentos da geografia da natureza. In:____. (org.) **Geografia do Brasil**. 2ª. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. Cap. 1, p. 13-65.

SANCHEZ, M. C. A. A problemática dos intervalos de classe na elaboração de cartogramas. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, n. 4, 1972.

SANT'ANNA NETO. J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1990.

SONNEMAKER, J. B. **Meteorologia**. São Paulo: ASA, 2000.

SORRE, M. **Lês fondements de la Géographie humaine**. Paris: Armand Colin, 1951.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: Makron Books, 1993.

STORANI, D. L. **Geossistemas e fragilidade de terras na bacia do rio Mogi Guaçu/SP**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia, Análise Ambiental e Dinâmica Territorial) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010.

TARDIF, R.; RASMUSSEN, R. M. Event-Based Climatology And Typology of Fog in the New York City Region. **Journal of Applied Meteorology and Climatoly**, v. 46, p. 1141-1168, 2007.

TARMEŇO, E. C.; ALTAMIRANO, R. A. Estudio climático de las nieblas en el aeropuerto internacional "Jorge Chavez", Callao, Lima-Peru, **Anales Científicos**, n. 56, p. 51-63, 2004. <www.lamolina.edu.pe/Investigacion/web>. Acesso em: 22 jan. 2011.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2005.

TROPPMAIR, H. **Sistemas, Geossistemas, Geossistemas Paulistas, Ecologia da Paisagem**. Rio Claro: IGCE, UNESP, 2004.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. C. L. do. **Meteorologia descritiva. Fundamentos e aplicações brasileiras**. 2ª. ed. São Paulo: Nobel. 1992. 374 p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife, 2006. (VERSÃO DIGITAL 2)

VECCHIA, F. **Clima e Ambiente Construído. A abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano**. 1997. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

VIEIRA, C. A. **Análise da situação financeira da cooperativa agroindustrial LAR em relação a 31 cooperativas agropecuárias do estado do Paraná: uma análise aplicando um modelo de previsão de insolvência**. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campo Mourão, 2007.

WILLET, H. C. Fog and haze, their causes, distribution, and forecasting. **Monthly Weather Rev.** n. 56, p. 435-468, 1928.

ZANCOPÉ, M. H. de C.; PEREZ FILHO, A. Considerações a Respeito da Distribuição das Planícies Fluviais do Rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Uberlândia, Uberlândia, ano 7, vol. 1, 2006.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis.** 4 ed. New Jersey: Ed. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1998.

ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

ZAVATTINI, J. A. **A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul.** 1990. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

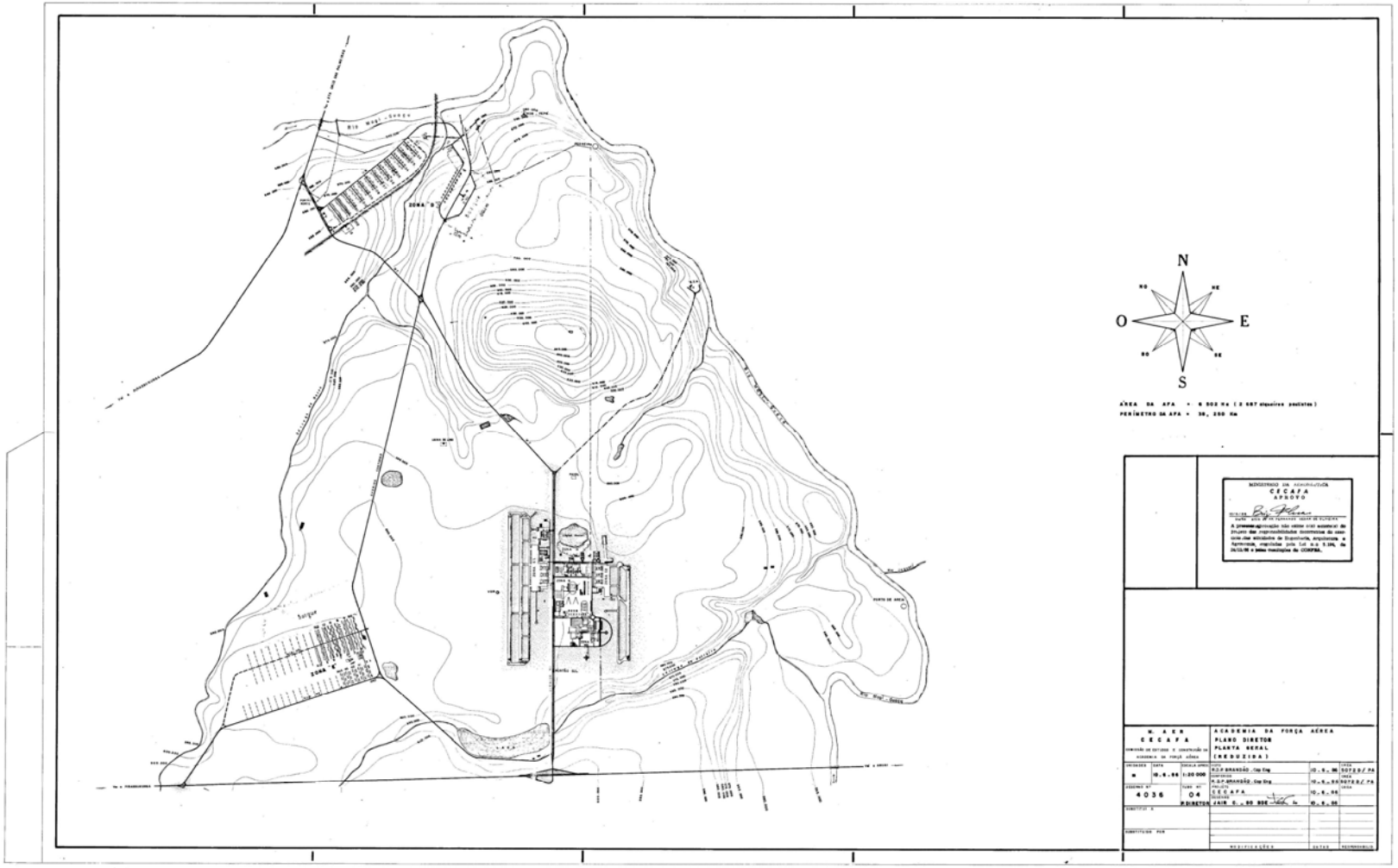
ZAVATTINI, J. A. **Estudos do clima no Brasil**. Campinas: Alínea, 2004. 398p.

HIERA, M. D. Análises climáticas através da interpretação de termoisopletas. In: IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2010. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2010. 1 CD-ROM.

ANEXO 1

PLANTA GERAL DA ÁREA DA AFA

Fonte: Subdivisão de Infraestrutura da AFA



ANEXO 2

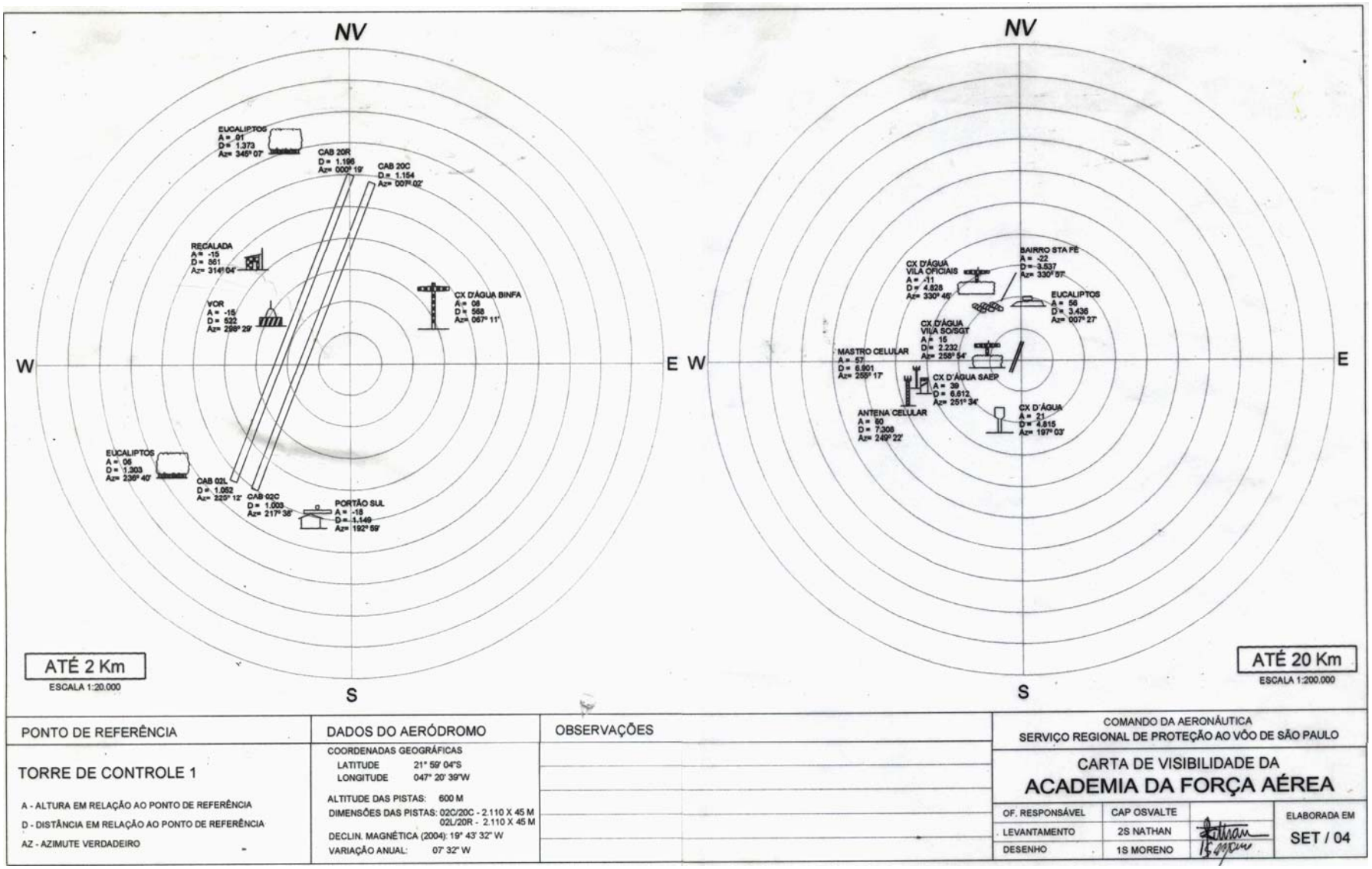
CODIFICAÇÃO DE NEVOEIRO

Adaptada de: MCA 105-10, 2001.

Código	Nevoeiro	Variação
40	Nevoeiro ou nevoeiro glacial à distância na hora da observação, mas não na estação durante a hora precedente; o nevoeiro ou nevoeiro glacial se estende a um nível superior ao do observador	
41	Nevoeiro ou nevoeiro glacial em bancos	
42	Nevoeiro ou nevoeiro glacial, céu visível	Tornou-se mais fraco durante a hora precedente
43	Nevoeiro ou nevoeiro glacial, céu invisível	Tornou-se mais fraco durante a hora precedente
44	Nevoeiro ou nevoeiro glacial, céu visível	Sem mudança apreciável durante a hora precedente
45	Nevoeiro ou nevoeiro glacial, céu invisível	Sem mudança apreciável durante a hora precedente
46	Nevoeiro ou nevoeiro glacial, céu visível	Começou ou tornou-se mais forte durante a hora precedente
47	Nevoeiro ou nevoeiro glacial, céu invisível	Começou ou tornou-se mais forte durante a hora precedente
48	Nevoeiro, depositando escarcha, seu visível	
49	Nevoeiro, depositando escarcha, seu invisível	

ANEXO 3

CARTAS DE PONTOS DE REFERÊNCIA DO AERÓDROMO DA AFA



Fonte: DTCEA, AFA, 2011