



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-16079-TDI/1536

**ANÁLISE DO PERFIL DE VENTO NA CAMADA
LIMITE SUPERFICIAL E SISTEMAS
METEOROLÓGICOS ATUANTES NO CENTRO DE
LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA**

Carlos Alberto Ferreira Gisler

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada
pelo Dr. Gilberto Fisch, aprovada em 25 de maio de 2009.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/04.24.12.33>>

INPE
São José dos Campos
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6911/6923

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Jefferson Andrade Ancelmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Viveca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-16079-TDI/1536

**ANÁLISE DO PERFIL DE VENTO NA CAMADA
LIMITE SUPERFICIAL E SISTEMAS
METEOROLÓGICOS ATUANTES NO CENTRO DE
LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA**

Carlos Alberto Ferreira Gisler

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada
pelo Dr. Gilberto Fisch, aprovada em 25 de maio de 2009.

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/04.24.12.33>>

INPE
São José dos Campos
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G446a Gisler, Carlos Alberto Ferreira .
Análise do perfil de vento na camada limite superficial e sistemas meteorológicos atuantes no Centro de Lançamento de Alcântara / Carlos Alberto Ferreira Gisler. – São José dos Campos : INPE, 2009.
143p. ; (INPE-16079-TDI/1536)

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.
Orientador : Dr. Gilberto Fisch.

1. Torre anemométrica. 2. Distribuição de Weibull. 3. Distribuição Beta. 4. Análise Componente Principal (ACP). I.Título.

CDU 551.501.6

Copyright © 2009 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita da Editora, com exceção de qualquer material fornecido especificamente no propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2009 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming or otherwise, without written permission from the Publisher, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em
Meteorologia**

Dr. Clóvis Angeli Sansigolo



Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dr. Gilberto Fernando Fisch



Orientador(a) / IAE/CTA / SJCampos - SP

Dr. Bernardo Barbosa da Silva



Convidado(a) / UFCG / Campina Grande - PB

Aluno (a): Carlos Alberto Ferreira Gisler

São José dos Campos, 25 de maio de 2009

“ Os povos sem ciência e sem tecnologia não
passam de cortadores de lenha e carregadores
de água para os povos mais esclarecidos”.
Físico Ernest Rutherford (1871-1937).

*À Júlia, Laura, Pedro e
Em memória de meu pai Luiz Alberto.*

AGRADECIMENTOS

Não poderia ser diferente o maior agradecimento é a DEUS, pela oportunidade de escolha, e por prover.

A meus Pais que sempre estiveram ao meu lado, torcendo por minhas conquistas.

As minhas Filhas Júlia e Laura e meu Filho Pedro pelo amor incondicional e pela alegria que trazem em seus corações.

À Rita por seu amor, seu sorriso, sua alegria, seus sonhos compartilhados e ajuda.

Aos colegas da Turma 2007 pelas horas de estudos, apoio e alegrias vividas.

Aos Amigos colhidos durante a caminhada que foram fonte de sabedoria e vida.

Aos Amigos do IAE/ACA por seu apoio e camaradagem.

Ao Amigo Cleber por sua ajuda durante todo o percurso desse trabalho.

Ao Amigo Dr. Fisch por sua orientação.

Ainda agradeço a todos aqueles que de varias formas possibilitaram que esta etapa fosse realizada, pois sem suas intervenções por certo seria muito mais difícil o caminho.

RESUMO

O presente trabalho objetivou a realização de uma análise criteriosa dos perfis de velocidade e direção do vento e as características dos sistemas atmosféricos associados, com base nos dados de vento coletados pela Torre Anemométrica (TA) do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), inclusive verificando-se a qualidade dos dados coletados neste centro. Os dados de vento coletados na TA são do período de 1995 a 1999, obtidos em seis níveis diferentes (6,0; 10,0; 16,3; 28,5; 43,0 and 70,0 m). Para análise dos dados foram ajustadas as distribuições estatísticas Beta, Normal e Weibull, identificando a melhor aproximação do conjunto às distribuições. A distribuição de Weibull, para o período de estudo, apresentou bom ajuste para valores entre $3,0 \text{ ms}^{-1}$ e 9 ms^{-1} e a distribuição Normal apresentou bom ajuste para valores entre $4,0 \text{ ms}^{-1}$ e $9,0 \text{ ms}^{-1}$. A correlação entre os valores de velocidade e direção do vento para os níveis da TA foi realizada e os resultados mostraram de que os perfis estão superiores a 0,70 indicando forte correlação entre os níveis. Foi utilizada a técnica de Análise das Componentes Principais (ACP) nos perfis verticais de vento, a qual permitiu a análise das estruturas existentes nos perfis e a identificação da influência dos sistemas atmosféricos nos perfis verticais do vento. As componentes principais da direção da velocidade para a época chuvosa (representada pelo mês de março) apresentam percentuais de 60% na 1ACP, 20% para a 2ACP e 10% para 3 ACP, estes associados às frequências dos sistemas atuantes no CLA. A análise da ACP da velocidade do vento na 1ACP apresentou percentual superior a 93%, em ambos os períodos (chuvoso ou seco) associado a um processo físico predominante na região do CLA (brisa marítima). Foi também realizado um estudo de caso da estação chuvosa (março) de 2005, visando analisar os perfis de vento e sistemas atmosféricos.

ANALYSIS OF THE WIND PROFILE IN THE SURFACE BOUNDARY LAYER AND METEOROLOGICAL SYSTEMS AT THE ALCANTARA LAUNCHING CENTER

ABSTRACT

This study aimed to conduct a thorough analysis of the profiles of wind speed and direction and the atmospheric systems characteristics associated with the data collected by the Tower of Wind or Anemometric Tower (TA) at the Alcântara Launching Center, including the verification of the data quality collected in this center. The wind data was collected at the TA from the period from 1995 to 1999 and it was obtained in six different levels (6,0; 10,0; 16,3; 28,5; 43,0 and 70,0 m). The statistical distributions Beta, Normal and Weibull distribution were adjusted for analysis, identifying the best approximation of the complex to the distributions. The Weibull distribution for the period of study presented a good adjustment for values between 3.0 and 9 ms⁻¹ as well as the Normal distribution a good adjustment for values between 4.0 and 9.0 ms⁻¹. The correlation between the values of wind speed and direction for the levels of TA was performed and the results showed that the profiles are higher than 0.70 (strong correlation). The study made use of the technique of Principal Components Analysis (PCA) in vertical profiles of wind which allowed the identification of existing structures in the profiles and the identification of the influence of atmospheric systems in wind vertical profiles. The components of the direction of speed for the rainy season (March) present percentage of 60% in 1ACP, 20% for 2ACP and 10% for 3 ACP. This information is associated with the frequencies of the systems operating in the CLA. Regarding the analysis of wind speed of ACP, it was presented in 1ACP percentage above 93%, in both periods (rainy or dry) associated with a predominant physical process in the CLA. It was also carried out a case study on a rainy season in March 2005 in order to analyze the wind profiles and the atmospheric systems. According to this paper, it is possible to identify and the understanding of the dynamics existing in the superficial limit layer in the CLA.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE TABELAS.....	
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	
LISTA DE SÍMBOLOS.....	
1. INTRODUÇÃO.....	27
1.1. Objetivos.....	30
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	31
2.1. Camada limite planetária do centro de lançamento de alcântara.....	31
2.2. Aspectos climáticos do centro de lançamento de alcântara.....	34
2.3. Estudos de meteorologia já realizados para o cla.....	40
2.4. ESTUDOS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA DO VENTO.....	45
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.1. Área de estudo e dados.....	49
3.1.1. Dados.....	50
3.2. Metodologia.....	53
3.2.1. Análise estatística.....	55
3.2.2. <i>Análise de componentes principais</i>	60
4. RESULTADOS.....	63
4.1. Análises estatísticas.....	63
4.1.1. Predominância climatológica.....	63
4.1.2. Análise das distribuições.....	68
4.1.3. Análise dos dados.....	72
4.1.4. Análise de correlação do vento entre os níveis.....	74
4.2. Análise da componente principal.....	77
4.2.1. Análise das frequências da direção do vento associadas a 2ACP E 3ACP.....	87
5. ESTUDO DE CASO: ESTAÇÃO CHUVOSA DE 2005.....	101
6. CONCLUSÕES.....	111
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
APÊNDICE A.....	121
APÊNDICE B.....	135
APÊNDICE C.....	141

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1.1 Vista parcial do Centro Técnico do CLA, com destaque para o setor de meteorologia no canto direito.	28
2.1 Estrutura da Camada Limite Planetária.	32
2.2 Esquema das Brisas Marítima e Terrestre.	33
2.3 Distribuição média mensal da precipitação, velocidade média do vento, do CLA. As barras representam os desvios padrões.	35
2.4 Reanálise da média do vetor vento no Período 1995 - 1999 (ms^{-1}).	36
2.5 Reanálise do vetor médio do vento da época chuvosa (ms^{-1}).	36
2.6 Reanálise do vetor médio do vento da época seca (ms^{-1}) Reanálise do vetor médio do vento para o mês de março (ms^{-1}).	37 37
2.7	
2.8 Reanálise do vetor médio do vento para o mês de setembro (ms^{-1}).	37
3.1 Localização do Município de Alcântara – MA (a) e Vista Panorâmica do CLA (b).	49
3.2 Vista das falésias no litoral do CLA.	50
3.3 Vista Panorâmica da Torre Anemométrica do CLA e com detalhes dos sensores.	51
3.4 Aerovane R.M Young.	52
3.5 Distribuição Normal (Curva normal padronizada).	57
4.1 Frequência da direção do vento para o mês de março.	65
4.2 Frequência da direção do vento para o mês de setembro.	67
4.3 Distribuição Normal Período 1996 - 1999.	68
4.4 Distribuição de Weibull Período de 1996 – 1999.	69
4.5 Distribuição Normal para mês de março.	70
4.6 Distribuição Weibull para o mês de março.	70
4.7 Distribuição Normal para o mês de setembro.	71
4.8 Distribuição Weibull para o mês de setembro.	71
4.9 Correlação Linear de março (a) e setembro (b) (Nível 6m).	74
4.10 Correlação Linear da direção do vento por decêndios do mês de março.	75
4.11 Correlação Linear da velocidade do vento por decêndios do mês de março.	75
4.12 Correlação da direção do vento por decêndios do mês de setembro.	76
4.13 Correlação da velocidade do vento por decêndios do mês de setembro.	76

4.14	Variância da ACP da direção do vento para o mês de março.	80
4.15	Variância da ACP da direção do vento do 1º decêndio do mês de março 1996.	81
4.16	Variância da ACP da direção do vento do 2º decêndio do mês de março 1996.	82
4.17	Variância da ACP da direção do vento do 3º decêndio do mês de março 1996.	82
4.18	Variância da ACP da direção do vento do 1º decêndio do mês de setembro 1996.	84
4.19	Variância da ACP da direção do vento do 2º decêndio do mês de setembro 1996.	85
4.20	Variância da ACP da direção do vento do 3º decêndio do mês de setembro 1996.	85
4.21	Imagem do satélite GOES 8 dos dias 08 e 09 de março de 1996.	88
4.22	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 1º decêndio do mês de março 1996.	88
4.23	Frequência direção do vento 2ACP e 3 ACP do 2º decêndio do mês de março 1996.	89
4.24	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 3º decêndio do mês de março 1996.	89
4.25	Imagem de satélites GOES 8 dos dias 15/17/26/29 de março 1996.	90
4.26	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do mês de março 1996.	90
4.27	Frequência da direção do vento 2ACP e 3ACP do 1º decêndio do mês de março 1996, na altura de maior variância.	91
4.28	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP 1º decêndio do mês de março 1997.	92
4.29	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 2º decêndio do mês de março 1997.	92
4.30	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 3º decêndio do mês de março 1997.	93
4.31	Frequência da direção do vento 2ACP e 3ACP do 1º decêndio do mês de março 1997, na altura de maior variância. 96.	93
4.32	Imagem satélite GOES 8 dos dias 04/11/15/21/27/30 de março 1997.	94
4.33	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 1º decêndio do mês de março 1998.	95
4.34	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 2º decêndio do mês de março 1998.	96
4.35	Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 3º decêndio do mês de março 1998.	96

4.36	Imagem de satélite GOES 8 dos dias 03/09/17/24/29 de março 1998.	97
4.37	Frequência da direção do vento 2ACP e 3ACP do mês de março 1999.	98
4.38	Precipitação por decêndios março 1997 - 1998 - 1999.	98
4.39	Frequência da direção do vento 2ACP e 3ACP por decêndio do mês de setembro 1996.	99
5.1	Frequência da direção do vento para o mês de março 2005.	101
5.2	Reanálise do vetor médio do vento no mês de março 2005 (ms^{-1}).	102
5.3	Posição média estimada da ZCIT março 2005.	103
5.4	Imagem de satélite GOES 12 do dia 19 março 2005.	103
5.5	Precipitação diária acumulada - março 2005 (mm).	104
5.6	Variância da direção do vento do 1º decêndio do mês de março 2005.	107
5.7	Variância da direção do vento do 2º decêndio do mês de março 2005	107
5.8	Variância da direção do vento do 3º decêndio do mês de março 2005.	107
5.9	Imagens GOES 8 dos dias 11 e 15 de março 2005, LI sobre o CLA.	108
5.10	Imagens GOES 8 dos dias 18 e 24 de março 2005, LI sobre o CLA.	108
5.11	Imagens GOES 8 dos dias 25 e 26 de março 2005, LI sobre o CLA.	108
5.12	Imagens GOES 8 dos dias 27 e 31 de março 2005, LI sobre o CLA.	109
5.13	Frequência da direção do vento para o 1º decêndio do mês de março 2005.	109
5.14	Frequência da direção do vento para o 2º decêndio do mês de março 2005.	109
5.15	Frequência da direção do vento para o 3º decêndio do mês de março 2005.	109

LISTA DE TABELAS

	Pág
2.1 Associação entre sistemas que atuam no CLA entre os anos 2005 e 2006.	39
3.1 Percentual total mensal dos dados analisados.	53
4.1 Frequência da direção do vento nos níveis para o mês de março.	64
4.2 Média, Desvio Padrão e Mediana da velocidade por níveis da TA para o mês de março.	64
4.3 Frequência da Direção do vento por níveis para o mês de setembro.	66
4.4 Média, Desvio Padrão e Mediana da velocidade por níveis da TA para o mês de setembro 1996 – 1999.	66
4.5 Dados médios horários da Direção e da velocidade do vento - Março 1996-1999.	73
4.6 Dados médios horários da Direção e da velocidade do vento - Setembro 1996-1999.	73
4.7 Percentual das ACP da Direção e da velocidade do vento por decêndio do mês de março.	78
4.8 Posicionamento da ZCIT em relação à normal climatológica.	79
4.9 Alturas (m) das variâncias 2ACP e 3ACP.	83
4.10 Percentual das ACP por decêndios para o mês de setembro.	84
4.11 Percentual das ACP da direção e da velocidade do vento 2º decêndio de março de 1999 – horário.	86
4.12 Percentual das ACP da direção e da velocidade do vento 2º decêndio de setembro de 1999 – horário	86
4.13 Precipitação diária 2º decêndio de março de 1999.	87
5.1 Moda da direção do vento, Média e Desvio Padrão da velocidade para o mês de março 2005.	102
5.2 Percentuais das ACP por decêndios para março 2005.	105

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACP – Análise da Componente Principal
BM – Brisa Marítima
CL – Camada Limite
CLA – Centro de Lançamento de Alcântara
CLC – Camada Limite Convectiva
CLE – Camada Limite Estável
CLP – Camada Limite Planetária
CLS – Camada Limite Superficial
CP – Componente Principal
CPTEC – Centro de Previsão e Estudos Climáticos
CR – Camada Residual
DSA – Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais
E – Leste
ECMWF – European Centre for Medium-Range Weather Forecast
ENE – Leste-Nordeste
ESE – Leste-Sudeste
IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço
ICEA – Instituto de Controle do Espaço Aéreo
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
N – Norte
NE – Nordeste
NNE – Norte-Nordeste
NNW – Norte - Noroeste
NW – Noroeste
PVV – Perfil Vertical do Vento
S – Sul
SE – Sudeste
SSE – Sul-Sudeste
SSO – Sul - Sudoeste
SW – Sudoeste

TA – Torre Anemométrica

UTC – Coordenada de Tempo Universal (Z)

W – Oeste

WNW – Oeste-Noroeste

WSW – Oeste-Sudoeste

Z – Horário de Greenwich (UTC)

1ACP – Primeira Componente Principal

1º – Primeiro

2ACP – Segunda Componente Principal

2º – Segundo

3ACP – Terceira Componente Principal

3º – Terceiro

LISTA DE SÍMBOLOS

- γ_α - parâmetro de direção da distribuição de Weibull
- μ - média
- σ - desvio padrão
- σ^2 - variância
- ρ_{xy} - coeficiente de correlação entre as variáveis x e y
- μ_1, μ_2 - momentos de ordem 1 e 2
- n - número de dados de vento.

1. INTRODUÇÃO

O primeiro registro oficial com referência as atividades espaciais no Brasil datam de 1955, quando foi apresentada proposta de criação de um Grupo de Trabalho específico no então Ministério da Aeronáutica (CLA, 2008).

No ano 1956, o Brasil firma um acordo com os Estados Unidos da América (EUA) com a finalidade de instalar, na Ilha de Fernando de Noronha (PE), uma estação de rastreamento de equipamentos aeroespaciais lançados de Cabo Canaveral na Flórida, EUA. Este foi o primeiro contato com novas tecnologias aeroespaciais, a qual se encerrou com o término da missão americana no Brasil no mesmo ano.

No ano de 1964, motivado pela de certeza que o Brasil não poderia ficar a margem das novas tecnologias espaciais, foi criado o Grupo de Trabalho de Estudos e Projetos Espaciais (GTEPE), subordinado ao Estado Maior da Aeronáutica (EMFA). As metas deste grupo eram as de preparar equipes especializadas em lançamentos de foguetes, estabelecerem programas de sondagens atmosféricas, incentivarem a indústria nacional no aprimoramento das tecnologias espaciais e definir local no território nacional para a construção de um Centro de Lançamento de Foguetes (CLBI, 2008).

Oficialmente, o Centro de Lançamento de Barreira do Inferno (CLBI) foi criado em outubro de 1965, na cidade de Natal – RN, sendo que em dezembro deste mesmo ano foi lançado o primeiro foguete, inaugurando as atividades espaciais brasileiras.

Em 1971 foi criada uma nova organização no Ministério da Aeronáutica, o Instituto de Atividades Espaciais (IAE), no então Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), com a missão de gerir, desenvolver e aprimorar as atividades espaciais.

Em decorrência do aumento da densidade urbana nas proximidades do Centro de Lançamento de Barreira do Inferno em Natal, no ano de 1989 foi criada a

segunda base de lançamentos de foguetes do Brasil: o Centro de Lançamento de Alcântara - MA (CLA) (Figura 1.1). Os critérios estabelecidos para a escolha do local do CLA foram os relacionados à densidade demográfica (baixa), índices pluviométricos (baixos), proximidade com apoio logístico, proximidade com mar aberto para a queda dos estágios dos foguetes e faixa de latitude de até 5 graus do equador magnético. O Centro tem por missão o lançamento de satélites brasileiros, através do Veículo Lançador de Satélites (VLS). O lançamento de um satélite brasileiro, por um veículo nacional, a partir de um centro espacial no Brasil compõe a campanha denominada Missão Espacial Completa Brasileira (MECB).



Figura 1.1 – Vista parcial do Centro Técnico do CLA, com vista do setor de Meteorologia.
FONTE: IAE/CTA (1998)

Até o presente foram realizadas três campanhas de lançamentos do VLS (1997, 1999 e 2003) sendo que a primeira foi abortada por falhas na ignição em um dos propulsores do primeiro estágio e a segunda por falha no sistema pirotécnico no segundo estágio. Ambas foram sendo autodestruídas por telecomando. Em 2003, na fase de integração final do veículo, ocorreu a ignição prematura do propulsor A do primeiro estágio, ocasionando um grave acidente (IAE, 2004).

Ao considerar-se que o custo de cada VLS é da ordem de alguns milhões de dólares, torna-se de vital importância o conhecimento de todas as condições meteorológicas da região para o sucesso das operações aeroespaciais.

O conhecimento da variação temporal da velocidade e direção do vento nesta camada é de grande interesse para as atividades operacionais nos lançamentos de foguetes que são realizados no CLA devido às flutuações, vórtices e turbilhões que compõem a turbulência atmosférica do local. O conhecimento do perfil vertical do vento possibilita identificar os processos de troca e também as características do vento em níveis diferentes.

1.1. Objetivos

O objetivo deste trabalho consiste na análise estatística dos perfis do vento coletados em uma torre anemométrica instalada no CLA. Estas informações possibilitaram a identificação e o entendimento dos processos físicos (sistemas meteorológicos) atuantes na região. Considera-se, ainda, que os processos físicos atmosféricos que determinam o perfil vertical do vento ocorrem junto a Camada Limite Superficial (CLS), sendo que nela as observações são mais acessíveis através de mastros e torres anemométricas.

Na primeira parte do trabalho será realizada uma análise estatística dos dados observacionais coletados na TA do CLA, através do cálculo dos valores médios, da variabilidade e dispersão, dos valores extremos da velocidade do vento e da moda da direção do vento. Será realizada uma análise das distribuições de probabilidade Beta, Normal e de Weibull e também serão analisados os coeficientes de correlação existentes entre as direções do vento nos diferentes níveis de coletas da TA.

Na segunda parte do trabalho os dados de direção e velocidade do vento serão submetidos a uma análise através da técnica de componente principal, buscando identificar e associar as variâncias existentes entre os perfis verticais do vento e os sistemas atmosféricos atuantes no CLA.

Será realizado um estudo de caso, sendo os resultados estatísticos obtidos para o período de 1996 a 1999 comparados como os resultados observacionais do período chuvoso do ano de 2005, buscando-se identificar os processos físicos de grande e meso escala atuantes na região que determinam as variações do perfil vertical do vento no CLA.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. camada limite planetária do Centro de Lançamento de Alcântara

A Camada Limite Planetária (CLP) é a camada da atmosfera que é diretamente influenciada pela superfície da terra, sendo que nela ocorrem diretamente trocas de energia e massa com a superfície diretamente.

A porção inferior da CLP é denominada de Camada Limite Superficial (CLS), estende-se por não mais que 100 – 150 m acima da superfície. A CLS se caracteriza pela turbulência induzida através de forçantes que atuam sobre ela e em seu contorno inferior, que determinarão a existência de gradientes verticais de temperatura, umidade e velocidade do vento, entre outras grandezas físicas (STULL, 1988).

O interesse científico em estudar a CLS está relacionado às significativas transferências de momentum, calor sensível, calor latente, gases e aerossóis, entre a superfície da terra e a atmosfera, os quais são vitais à manutenção da vida na Terra e também para o entendimento dos processos meteorológicos e climatológicos.

Dentre as várias aplicações pode-se citar a dispersão de poluentes do ar, os quais dependem das condições das estruturas da turbulência nessa camada. Na aviação, o entendimento e conhecimento dos processos turbulentos na CLS são importantes para a realização das operações de pouso e decolagem, bem como nas atividades de lançamento de foguetes.

A Figura 2.1 mostra uma representação esquemática da estrutura da Camada Limite Planetária.

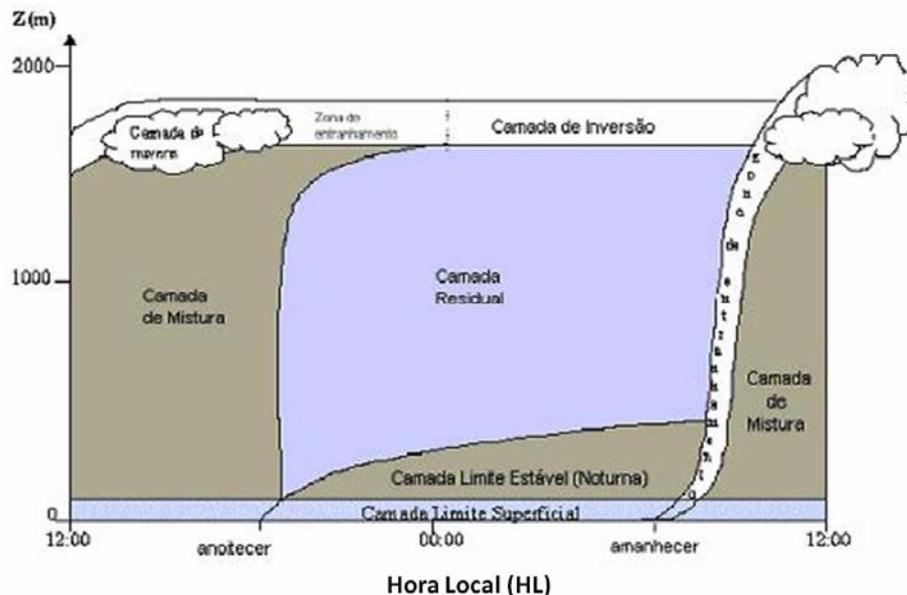


Figura 2.1 – Estrutura da Camada Limite Planetária.
Fonte: Adaptada do Stull (1988).

O vento exerce grande influência sobre o clima e o tempo. Portanto, o estudo de seu comportamento é de suma importância.

Os ventos próximos a superfície são causados por diferenças na pressão atmosférica induzidas pelo aquecimento desigual da atmosfera. O ar próximo a superfície da terra é aquecido e, ao se expandir, tende a flutuar. O ar mais frio, que é mais denso, tende a descer. Assim há a formação de dois sistemas, seja um ascendente com ar aquecido e um fluxo descendente, com ar mais frio. Os ventos locais são causados pelas mudanças de temperatura e similarmente os movimentos do ar podem ocorrer em escala global, como resposta às variações de temperatura da superfície da Terra.

Cerca de 2/3 da superfície da Terra são compostas de água (oceanos, mares e lagos). Através destas superfícies ocorrem trocas de energia, massa e momentum influenciando as circulações atmosféricas e oceânicas em escala temporal e espacial. O contraste entre as camadas limites continental e

oceânica surgem em função das diferenças termodinâmicas e dinâmicas destas regiões (ARYA, 2001).

Nas altitudes mais baixas os ventos são extremamente influenciados pela superfície. Os ventos na CLS são defletidos por obstáculos e retardados pelas rugosidades da topografia. Além disso, a direção predominante será função do resultado da soma dos efeitos globais, de mesoescala e locais.

A diferença de temperatura entre o continente e o oceano vai gradualmente aumentando durante o dia. O calor que a terra recebe difunde-se lentamente na crosta terrestre, sendo grande parte do calor gasto no aquecimento do ar. Entretanto, o calor recebido pela superfície oceânica se distribui verticalmente fazendo com que a sua temperatura não varie muito; além do que parte do calor recebido é utilizada para evaporar a água, assim a temperatura do ar sobre a superfície oceânica é relativamente mais fria do que sobre o continente.

Logo, sobre os continentes a pressão atmosférica será relativamente mais baixa durante o dia, e sobre os oceanos será relativamente mais alta (Figura 2.2). O que produz movimento ascendente sobre o continente e descendente sobre o oceano, durante o dia. A força do gradiente de pressão horizontal irá determinar o escoamento à superfície, do mar para a terra. Haverá convergência sobre os continentes em baixos níveis e divergência em altos níveis. Esta célula de circulação fechada é denominada de Brisa (KOUSKY, 1982).

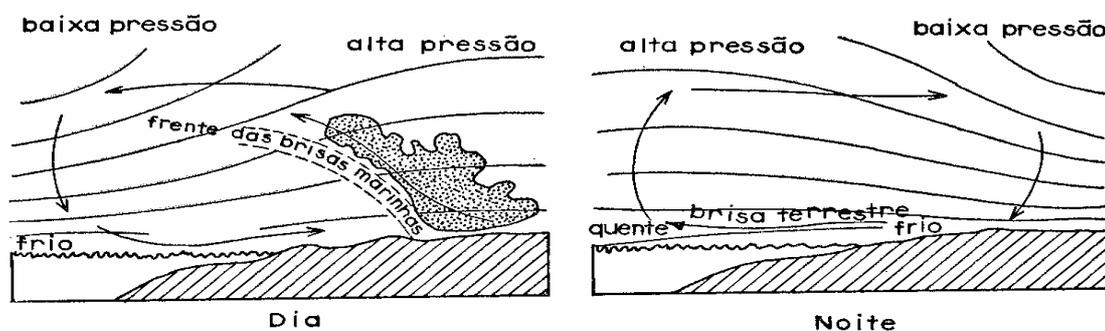


Figura 2.2 – Esquema de Brisas Marítima e Terrestre.
Fonte: Adaptado de Ayoade (2007).

A circulação de brisa é induzida e dirigida localmente pelo gradiente de temperatura (mecanismo térmico) que se estabelece perpendicular à linha da costa. As intensidades das brisas marítimas e terrestres estão diretamente relacionadas às variações diurnas e às variações sazonais. A brisa tende a dominar a circulação local quando os ventos globais são mais fracos, tal como é o caso dos ventos alíseos.

2.2. Aspectos climáticos do Centro de Lançamento de Alcântara

O clima de Alcântara é bem complexo, com influência de vários tipos de sistemas atmosféricos comuns da região tropical, tais como circulação de Brisa Marítima (BM); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (BARBARA, 2003; COELHO, 2002) Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) (COUTINHO e FISCH, 2007; BARROS, 2008; TORRES, 2008), Vórtice Ciclônico em Altos Níveis (VCAN) (CALBETE et al., 1996), Linhas de Instabilidade (LIs) (COHEN et al., 1989), Sistemas Frontais (SF) (LEMONS e CALBETE, 1996). Assim sendo torna-se importante a identificação destes sistemas, visando o aumento do conhecimento da climatologia local e melhoria da meteorologia operacional do CLA (FISCH, 1997).

As características climáticas da região já foram descritas por Fisch (1999), Guedes e Oyama (2004) e Marques e Fisch (2005), como tendo dois regimes pluviométricos, a considerar: época seca e chuvosa (Figura 2.3). A época seca é compreendida de agosto a dezembro, caracterizando-se por aumento da velocidade do vento devido a intensificação do contraste térmico entre o continente e o oceano. Conseqüentemente, as brisas marítima e terrestre se intensificam e o vento atinge a velocidade a $7,0 \text{ ms}^{-1}$ (COUTINHO, 1999). A época chuvosa compreende os meses de janeiro a julho, sendo março e abril os meses de maiores totais pluviométricos, com valores superiores a 300 mm mês^{-1} (FISCH, 1999; GUEDES e OYAMA, 2004). O contraste térmico entre oceano e continente é menor, os ventos são menos intensos, velocidade aproximada de $3,0 \text{ ms}^{-1}$ (GUEDES e OYAMA, 2004). Com ciclo diário os ventos

se caracterizam por serem mais intensos no período diurno e menos intensos no período noturno.

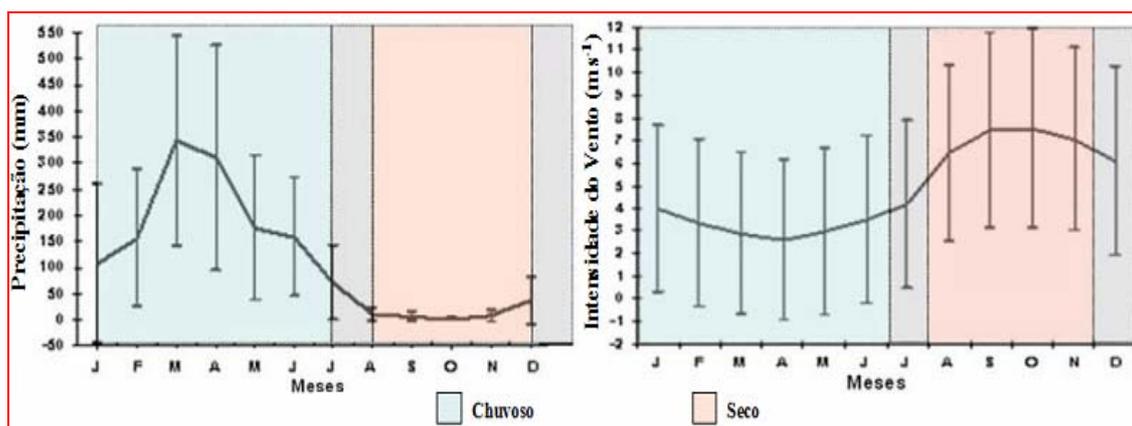


Figura 2.3 – Distribuição média mensal da precipitação, velocidade média do vento, no CLA. As barras representam os desvios padrões em relação a média.

Fonte: Adaptado de Guedes e Oyama (2004).

Estudos realizados por Fisch (1999), com dados de radiossondagem local, mostram que o regime de ventos apresenta características distintas entre as épocas chuvosas e secas. Na época chuvosa o vento é predominante de leste até 5.000 m de altitude, com velocidade de 7,0 – 8,0 ms⁻¹ entre os níveis de 1.000 e 3.000 m. Na época chuvosa (mês característico março) o vento é mais fraco, tendo a predominância dos ventos alísios na região do CLA. Na estação seca a predominância do vento é de leste até 8.000 m de altitude, tendo velocidade de 7,0 – 9,0 ms⁻¹, sendo mais intenso (mês característico setembro) devido à superposição dos ventos alísios e a brisa marítima (FISCH, 1999). Observa-se que na camada mais baixa, até aproximadamente 2.000 m, o vento é mais intenso, com velocidade entre 10,0 e 10,5 ms⁻¹, apresentando uma pequena rotação para sudeste, devido a brisa marítima ser mais intensa durante a estação seca.

Os ventos alísios são formados pela confluência dos ventos de sudeste (Hemisfério Sul) e de nordeste (Hemisfério Norte). A Figura 2.4 mostra a composição média do vetor vento. Pode-se observar na região de estudo, que a direção do vento é de leste, com velocidade entre 4,0 e 5,0 ms⁻¹.

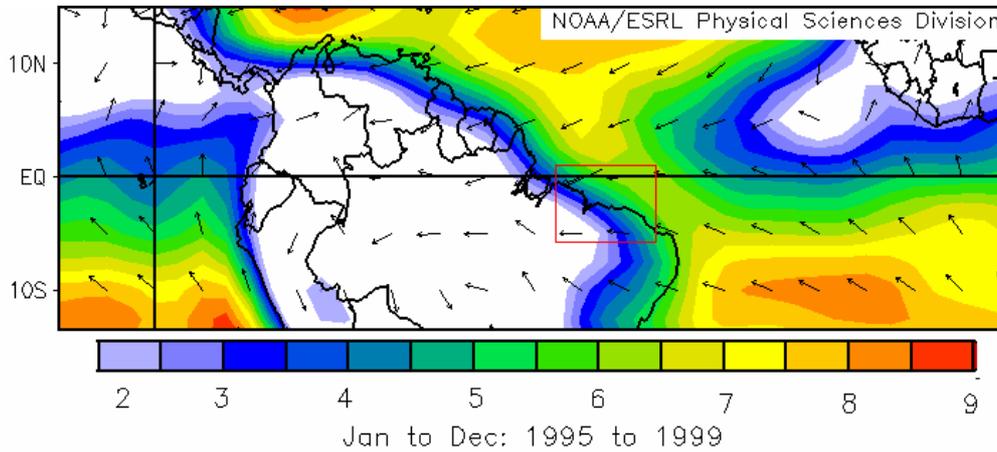


Figura 2.4 – Reanálise da média do vetor vento período 1995-1999 (ms^{-1}).

As Figuras 2.5 e 2.6 mostram o vetor médio do vento para as épocas chuvosa e seca, respectivamente. Observa-se que a direção é de leste / nordeste com velocidade entre $4,0$ e $5,0 \text{ ms}^{-1}$ na época chuvosa e na época seca a velocidade aumenta para $5,0$ e $6,5 \text{ ms}^{-1}$. Os valores observados para o mês de março e de setembro (Figura 2.7 e 2.8) são semelhantes aos observados nas épocas chuvosa e seca que evidencia serem os meses característicos das respectivas épocas.

Observa-se, ainda, na Figura 2.7 que os ventos de maior velocidade estão confinados a região litorânea, e na Figura 2.8 que a atuação do vento de maior velocidade é percebida em uma faixa mais extensa, aproximadamente 500 km no interior do continente.

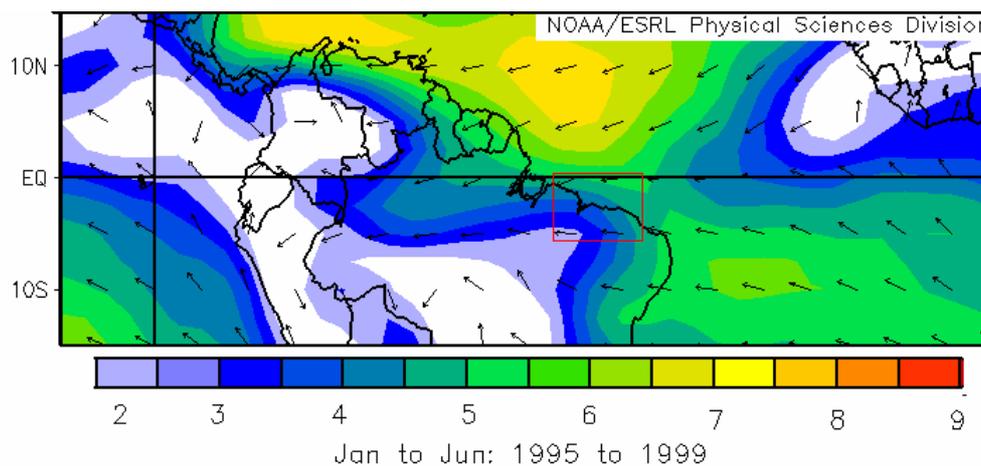


Figura 2.5 – Reanálise do vetor médio do vento época chuvosa (ms^{-1}).

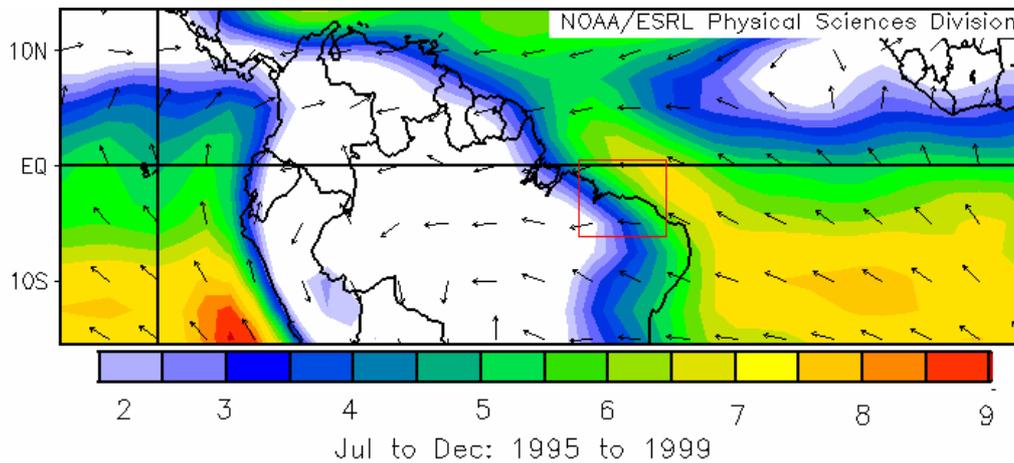


Figura 2.6 – Reanálise do vetor médio do vento época seca (ms^{-1}).

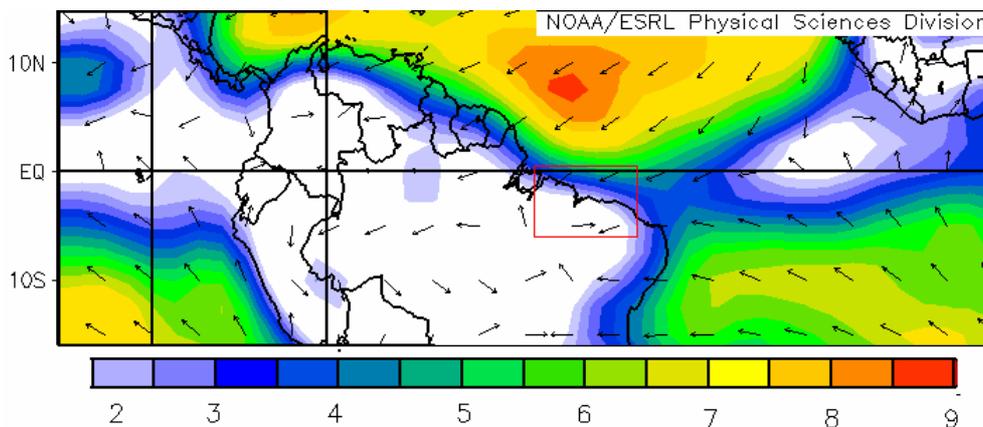


Figura 2.7 – Reanálise do vetor médio do vento mês de março (ms^{-1}).

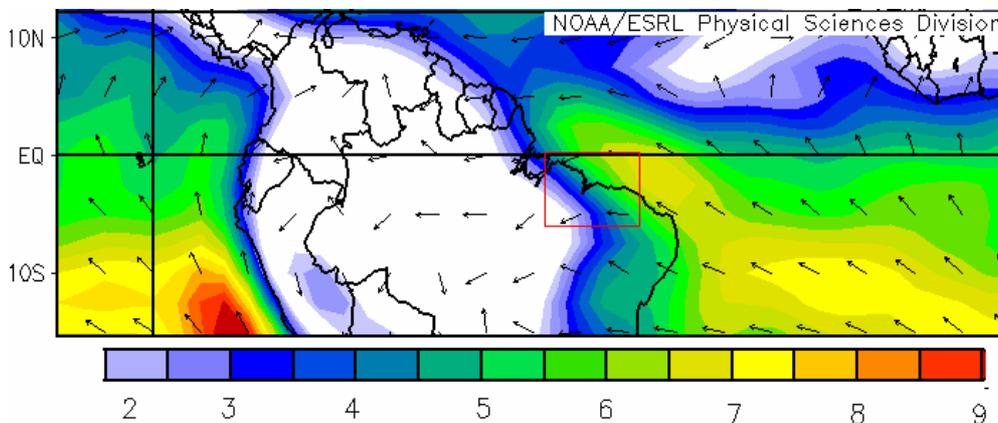


Figura 2.8 – Reanálise do vetor médio do vento mês de setembro (ms^{-1}).

Fisch (1999), ainda considerando a sazonalidade do regime dos ventos na CLS, afirma que a predominância do vento é de NE, variando a sua magnitude com a altura do perfil, ou seja, segue a lei logarítmica de aumento da velocidade com a altura.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) se caracteriza por ser um dos sistemas meteorológicos com atuação mais importante nos trópicos. Sua estrutura física determina as diferentes condições de tempo e de clima em diversas áreas da Região Tropical (HASTENRATH E HELLER, 1977; LAMB, 1978; MOURA E SHUKLA, 1981; CHUNG, 1982, SIKI E GADGIL, 1985; NOBRE e BÁRBARA, 2001). Os estados do Nordeste que mais recebem a influência da ZCIT são: Maranhão, as regiões norte e central do Piauí, o Ceará, Rio Grande do Norte e sertões da Paraíba e Pernambuco. Nesta área, a estação chuvosa compreende os meses de janeiro a junho, sendo observado máximos de precipitação durante março e abril, meses nos quais a ZCIT é mais atuante na região (MELO, 1997). A ZCIT é o sistema atmosférico responsável pela maior distribuição de precipitação na região do CLA (BARROS, 2008).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um dos principais fenômenos responsáveis pela variabilidade intra-sazonal durante o verão na América do Sul, sendo responsável por períodos prolongados de precipitação sobre a região Sudeste do Brasil. Esse um sistema meteorológico que apresenta complexidade em sua estrutura, bem como no mecanismo de formação, manutenção e desintensificação (KODAMA, 1993). Forma-se devido à presença de sistemas frontais semi-estacionários sobre a região sudeste do Brasil, os quais perduram no mínimo por quatro dias. Vários estudos mostram a importância da ZCAS na transferência de calor, momento e umidade das latitudes tropicais para as latitudes subtropicais (GRIMM e SILVA DIAS, 1995; GANDU e SILVA DIAS, 1998).

O Vórtice Ciclônico dos Altos Níveis (VCAN) são fenômenos atmosféricos de escala sinótica com a característica de possuir um centro fechado de baixa pressão situado na alta troposfera. Tem origem sobre o Oceano Atlântico entre a faixa de 0 - 28° S e 20°- 45° W, sendo que os que atuam sobre o Brasil provocam precipitação no setor norte do Nordeste (GAN e KOUSKY, 1986). Os VCAN que atuam no NE são observados na primavera, verão e outono, sendo sua frequência máxima de ocorrência observada em janeiro. O ciclo de vida destes sistemas tem por característica variar de algumas horas até duas semanas. A sua formação coincide com época do ano onde o escoamento em

altos níveis (200 hPa) é mais meridional(de sul / norte) sobre o Brasil a leste do meridiano de 50° W (GAN e KOUSKY, 1986; RAO e BONATTI, 1987).

Os eventos denominados de Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) são perturbações nos campos de pressão atmosférica e do vento que ocorrem na região dos ventos alísios e se propagam do Atlântico tropical até a costa do NEB. São sistemas que apresentam grande complexidade em sua identificação. Quando chegam até a costa do NEB os distúrbios se intensificam em função do aquecimento do continente podendo produzir chuvas com índices superiores a 50 mm dia⁻¹ e rajadas de vento maiores que 50 kmh⁻¹ (MOLION e BERNARDO, 2002).

Linhas de Instabilidade (LI) são sistemas meteorológicos de mesoescala os quais produzem instabilidade convectiva no NEB (LOUREIRO et al., 2006). As LI's originadas próximos a costa do NEB resultam da convecção induzida pela brisa e também pelos ventos alísios de sudeste, somado ao gradiente de pressão gerado pelo contraste térmico entre continente e oceano (GUEDES e OYAMA, 2004) e atuam com frequência sobre a região do CLA.

De acordo com a Tabela 2.1, elaborada por Barros (2008) para o período de 2005 - 2006 a maioria dos eventos associados a LI e Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM) está associada à ZCIT. Observa-se, ainda, que a LI está associada à VCAN e em alguns casos associada à ZCAS e DOL.

Tabela 2.1 – Associação entre sistemas que atuam no CLA ano 2005 e 2006.

		ZCIT	ZCAS	VCAN	DOL	ISOLADO
2005	LI	31	9	11	7	12
	SCM	33	3	9	5	19
2006	LI	92	13	25	7	10
	SCM	66	10	11	4	2

Adaptado: BARROS (2008).

2.3. Estudos de meteorologia já realizados para o CLA

Cabe aqui ressaltar alguns dos estudos realizados para a área do Centro de Lançamento de Alcântara que caracterizam as condições meteorológicas e, portanto, a estrutura e os processos físicos que modulam os ventos.

Fisch (1997) constatou que o fluxo em superfície é predominantemente de nordeste, independentemente da estação do ano. Na estação chuvosa o vento é predominantemente de E com velocidade entre 7,0 - 8,0 ms^{-1} . Para a estação seca o vento mantém-se de E com velocidade de 7,0 - 9,0 ms^{-1} . Posteriormente, Fisch (1999) realizou uma análise dos perfis de velocidade do vento, ventos máximos, intensidade de rajadas, as amplitudes máximas e instantâneas, considerando o período diurno e noturno dos meses de setembro 1995 e 1996 (época seca) e os meses de março de 1996 e 1997 (época chuvosa). Obteve para a época chuvosa as velocidades do vento (diurna e noturna) no nível 1 (6 m de altura) de 2,8 a 2,9 ms^{-1} , e 5,2 a 5,8 ms^{-1} no nível 6 (70 m de altura). Na época seca os ventos foram mais intensos com velocidade de 4,6 a 4,9 ms^{-1} no nível 1 e de 8,6 a 9,0 ms^{-1} no nível 6. Os resultados mostraram que os ventos noturnos são mais intensos na época chuvosa. As velocidades máximas do vento são registradas na época seca com valores de 7,4 a 8,0 ms^{-1} no nível 1 e de 10,2 a 10,7 ms^{-1} no nível 6. Para a época chuvosa as médias da velocidade máxima variam entre 4,7 e 4,8 ms^{-1} no nível 1 e 6,4 e 7,1 ms^{-1} no nível 6. Notou-se que não há diferença entre o período diurno e noturno e que o perfil do vento segue a lei logarítmica de aumento da velocidade com a altura. Para a análise do fator rajadas (velocidade máxima/velocidade média) registrou-se uma dependência com a altura, ou seja, esse fator foi maior nos níveis mais baixos, em função da interação do escoamento atmosférico com a superfície.

O estudo de Coutinho (1999) teve a finalidade parcial de validar os dados de reanálise do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF) (ERA-30), utilizando dados de radiossondagens do período de 1988/1993. Os resultados mostram que, em vários níveis da atmosfera, conseguiram captar pontos importantes do perfil vertical utilizando dados das

componentes zonais e meridionais do vento caracterizando as mudanças de direção do vento. O comportamento do vento apresentou regime distinto entre a época chuvosa e seca. Na estação chuvosa a direção é predominantemente de leste até aproximadamente 5.000 m de altitude com velocidade de 6,0 a 8,0 ms^{-1} . Para a época da seca a predominância da direção do vento apresenta comportamento semelhante à época chuvosa de leste, até aproximadamente 8.000 - 10.000 m, e com velocidade entre 2,0 – 11,0 ms^{-1} . Observou se, ainda, que em torno de 1.000 m existem ventos médios entre 10,0 e 10,5 ms^{-1} . Os ventos na Troposfera tendem a ser mais intensos na época da seca, com ventos médios (representada pelo mês de setembro), com valores típicos entre 8,0 – 10,0 ms^{-1} . Utilizando-se da análise da mudança do sinal da velocidade foi detectada a presença de DOL's durante todo o ano (entre 1988 e 1997) com intervalo de tempo variando de 3 a 9 dias. A maior frequência de DOL's entre as camadas 850-700 hPa ocorrem na estação chuvosa sendo aproximadamente o dobro da quantidade que ocorre na estação seca. Já entre 850-500 hPa ocorre a maior quantidade na estação seca com pequena variação em relação a época chuvosa, tendo as maiores concentrações de DOL's nessa camada nos trimestres de jan-fev-mar e out-nov-dez. Os resultados encontrados mostram que os distúrbios são melhor detectados nas camadas de 700-500 e 850-500 hPa na estação seca.

Reuter (2002), em um estudo realizado utilizando uma série temporal dos elementos climáticos de superfície no período de 10 a 18 de junho de 1999, na região oceânica e continental do CLA, comparou as Camadas Limites (CL) marítima e continental, através de observações e de simulações com um modelo tridimensional de meso escala (modelo regional RAMS). Também estudou a circulação de brisa marítima na região do CLA e constatou que as estruturas verticais das CLP's marinha e continental se assemelham, sendo que na CLP continental os processos de crescimento e decaimento da Camada Limite Convectiva (CLC) são mais rápidos. Ressaltou, ainda, a interação entre as CLP's e a formação e manutenção das circulações locais existente na região. A brisa marítima é induzida pelo gradiente térmico, o qual se estabelece na linha da costa entre o gradiente horizontal entre as temperaturas oceânica e continental. Também se verificando que o vento na CLP sobre o CLA é

predominante de NE e sobre o oceano o vento é predominante dos quadrantes NE-SE, com intensidade maior durante a noite e madrugada sobre o oceano e sobre o continente no período vespertino associado à brisa marítima. Identificou, ainda, características de predominância do vento, as quais foram de NE na região do CLA.

Barbosa et al. (2006), em estudo das Perturbações Convectivas (PC) iniciadas na Costa Norte do Brasil (CNB), identificaram as seqüências de PC no período de 1984 a 1998. Foram utilizadas imagens de satélites para identificar as PC através de dados de fração de nuvens associadas a convecção em uma resolução horizontal de $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ e temporal de 3 h. Dividiram as seqüências em função do tamanho das perturbações em pontuais (inferiores a 4 setores) e sua ocorrência possui pouca variação sazonal e não pontuais, que são perturbações com duração superior a 3 horas. Observaram que a inicialização é máxima às 18 UTC e mínima às 12 UTC, sugerindo que o ciclo de aquecimento diurno e a circulação de brisa devem ser os mecanismos de formação da seqüência pontual, com duração inferior a 3 h. Os PC de seqüências curtas, confinadas à CNB, apresentam deslocamento pequeno (<150 km) e duração inferior a 6 h, com início preferencialmente as 21 UTC, e apresentando velocidade média abaixo de 4 ms^{-1} . Os PC de seqüência longa propagam-se continente a dentro (grande deslocamento), têm duração média de 6 a 12 h e sua inicialização ocorre às 18 UTC. Tanto a seqüência curta como a longa tem direção de propagação preferencial para oeste. A característica climatológica das seqüências longas sugere que a propagação continente a dentro está associada ao aumento da extensão horizontal da PC, ou seja, à intensificação da convecção, podendo ser devido a sistemas de escala sinótica (ZCIT, DOL, etc).

Pires et al. (2006) utilizaram medições de radiossondagens simultâneas realizadas em julho e agosto de 2005 para verificar a diferença entre o perfil vertical de vento no setor de preparação e lançamento de foguetes e no setor de meteorologia do CLA. O setor de preparação e lançamento situa-se junto à costa litorânea e o setor de meteorologia do CLA dista aproximadamente 7 km do setor de preparação e lançamento de foguetes. Constatou-se ser pequena a

diferença entre as radiossondagens, com um erro inferior a $1,5 \text{ ms}^{-1}$ na velocidade e de 13° na direção. A componente meridional do vento não apresentou variação espacial, sendo os valores medidos nos dois sítios praticamente iguais. A componente zonal registrou uma pequena desintensificação do vento do ponto de medida junto a costa (setor de preparação de foguetes) e o setor de meteorologia, em torno de $0,4 \text{ ms}^{-1}$ até 1.000 m. Acima desta altura até 5.000 m não há variação nas componentes do vento, o que indica que o escoamento atmosférico é o mesmo.

Pires et al. (2007) estudaram ainda a Camada Limite Interna (CLI) que se desenvolve junto a costa (onde existe uma falésia de 50 m) no setor de preparação e lançamento de foguetes considerando diferentes perfis de vento provenientes da Camada Limite Oceânica (CLO). No estudo, consideraram apenas a CLI neutra, pois quando a velocidade média diária do vento na Camada Limite Superficial é superior a 10 ms^{-1} , os efeitos térmicos são suprimidos e, este comportamento ocorre na CLA (FISCH, 1999). Em campanha de coleta de dados observacionais (ECLICA) realizada no período de 06 a 16 de outubro 1998 determinou-se a altura do topo da CLI, a jusante da falésia entre 4,5 e 9,0 m a 50 m com velocidade do vento em torno de $5,0 \text{ ms}^{-1}$ e acima de 15 m a 100 m de distância da falésia, onde se concentram os maiores valores da velocidade do vento, de aproximadamente $8,0 \text{ ms}^{-1}$ (PIRES et al., 2006). Constataram que a CLI atinge a altura de 17 m.

Roballo (2007) realizou ensaios em túnel de vento (com um modelo topográfico de escala 1:1000), com configurações de piso representando a falésia existente no CLA e obteve para velocidade de atrito (u^*) durante o período chuvoso com valor de $0,32 \pm 0,13 \text{ ms}^{-1}$, e para z_0 um valor de $0,19 \pm 0,32 \text{ m}$. Para o período seco a velocidade (u^*) foi de $0,46 \pm 0,32 \text{ ms}^{-1}$ e o valor de z_0 de $0,06 \pm 0,05 \text{ m}$. Constatou com o estudo que o perfil do vento logarítmico é sazonal.

Tavares (2007) realizou um estudo climático dos Sistemas Frontais (SF) no período de 1986 a 2006 que atingem a costa leste do NEB acima da latitude ao norte de 17° S (Caravelas/BA). Buscou identificar os SF que proporcionavam um aumento de nebulosidade na região do CLA. Analisou sete eventos

considerando a estação do ano, sendo três eventos do outono austral, um no inverno, um da primavera e dois do verão. No Observou que 420 SF's período de 21 anos estudados atingiram o NEB. O mês de novembro apresentou maior frequência de SF's atuando na região do NEB. Sugeriu que a variabilidade interanual das incursões frontais no NEB é possivelmente regida pelos fenômenos El Niño e La Nina. As maiores frequências de incursão dos SF estão associadas a La Nina, sendo que nos anos de 1999 e 2000 foram registrados 43 e 47 eventos, respectivamente. Ressaltou que eventos de SF's que influem na atmosfera da região do CLA atingem, no máximo, a latitude de 14° S. De acordo com estas informações infere-se que os SF's que ultrapassarem a latitude 17° S, independentemente da estação do ano, ocasionaram mudanças nos parâmetros meteorológicos da região de Alcântara.

Barros (2008), em estudo realizado com vistas a identificar os aspectos da precipitação no CLA, utilizou dados horários do período de 1993 até início do ano de 2007. Analisou os máximos de precipitação dos quais verificou que os meses de março e abril caracterizam a estação chuvosa e os meses de setembro, outubro e novembro caracterizam a estação seca. A característica marcante foi observada para o total acumulado nos eventos de chuva sobre o CLA, onde grande parte dos eventos de chuva apresenta pouco total acumulado, ou seja, são de curta duração, pequena intensidade, sendo freqüentes durante a estação chuvosa. Identificam os sistemas meteorológicos de grande, meso e de escala local (LI, ZCIT, SCM, DOL) associados com precipitação, que atuaram sobre a região do CLA entre os anos de 2005 e 2006. Utilizou-se dados de reanálise do NCEP, dados de Radiação de Onda Longa Emergente (ROLE) e dados de Temperatura de Brilho no canal do infravermelho (TB) do satélite meteorológico GOES. Avaliou a contribuição dos sistemas sobre a precipitação no CLA, de acordo com a morfologia, dimensão e situação sinótica envolvida na atuação de cada sistema. Os fatores de grande escala somaram 40% dos eventos, sendo o sistema que apresentou maior frequência individual e esteve mais associado com a precipitação sobre o CLA foi a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Os eventos de Linhas de Instabilidade (LI) e de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), que

ocasionaram precipitação sobre o CLA, também estiveram associados com a ZCIT. Processos estratiformes geraram cerca de 60% da precipitação ocorrida no CLA nos anos de 2005 e 2006, enquanto que a nebulosidade convectiva gerou aproximadamente 40%. Ambos apresentam um papel preponderante para a geração da chuva no CLA, sendo que a nebulosidade estratiforme se destacou. Também simulou, utilizando o modelo numérico de previsão de tempo MM5, eventos relacionados com precipitação sobre o CLA entre os anos de 2005 e 2006, com o propósito de contribuir para melhoria da previsão de precipitação sobre esta região. Obteve resultados que mostraram que o modelo superestimou a precipitação durante todo o ano.

2.4. Estudos de análise estatística do vento

Souza e Granja (1997) em estudo da descrição quantitativa do potencial eólico das microrregiões de Campo Grande e Dourados / MS, utilizaram o modelo de distribuição de Weibull para a série temporal de observações na região. Concluíram que para as estações estudadas houve uma periodicidade onde os mínimos são observados no começo do outono e os máximos no final do inverno e começo da primavera; as direções predominantes dos ventos foram bem definidas para ambas as estações, havendo pouca variação da direção entre as estações do ano. O ajuste da distribuição de frequência dos ventos (método dos mínimos quadrados) apresentou-se adequado, como observado por Justus et al. (1978). Constataram que o método dos mínimos quadrados é o melhor ajuste para os parâmetros da distribuição estatística de Weibull, por apresentar os menores erros. Os erros observados estão relacionados a amostra da série histórica, pois, alguns sítios apresentam características eólicas não previstas pela distribuição. Problemas relacionadas a baixa velocidade são relatados por Justus e Mikail (1976), e Hennessey (1977). Consideram que a utilização da distribuição estatística Weibull é adequada em função da facilidade da obtenção dos parâmetros e por sua flexibilidade de sua forma matemática. Afirmam, ainda, que a deficiência do modelo esta em ajustar valores muito baixos da velocidade.

Yim et al. (1999), em estudos realizados no Porto de Taichung (Taiwan), avaliaram um conjunto incompleto de 26 anos de dados de velocidade média dos ventos coletados de 10 em 10 minutos, ocasião que determinaram a média e os valores extremos da velocidade. Os dados foram analisados utilizando os modelos possíveis para estudar a velocidade máxima, além dos modelos clássicos para valores extremos (distribuição de Gumbel e de Weibull). Os melhores resultados apresentados foram aqueles obtidos pela distribuição de Weibull. Concluíram que as distribuições estudadas podem ser usadas para modelar o vento no porto de Taichung, Taiwan.

Silva et al. (2002) utilizaram dados horários de velocidade e da direção do vento coletados a 10 m em 77 estações climatológicas do INMET no período de jan de 1977 a dez de 1981, com o objetivo de determinar o potencial eólico média horária da direção predominante do vento nas estações selecionadas. No estudo foram identificadas a direção predominante do vento e estimados os parâmetros da distribuição de probabilidade de Weibull, os quais foram utilizados para o cálculo do potencial eólico média diária. Obteve, também, a predominância do vento no NEB é de E, com flutuações de SE-NE.

Yaojun e Xiang (2002) aplicaram um modelo teórico de distribuição de probabilidade conjunta com coeficientes independentes, os dados de velocidade do vento extremam com o objetivo de descrever a melhor distribuição dos dados de velocidade e direção do vento em Xangai (China). A série de dados estudada é de 35 anos para três estações meteorológicas. Observaram que para uma série longa de dados a distribuição apresenta um padrão fixo o qual é, geralmente, definido como o modelo de distribuição de probabilidade da velocidade do vento médio. A análise dos dados extremos tem por objetivo a extrapolação estatística, em que se utilizam as distribuições de Gumbel, Frechet e Weibull. A análise do modelo de distribuição conjunta proposta tem por base a existência de diferentes circulações atmosféricas e assim variações significativas nos ventos ao longo de cada direção. Consideraram a hipótese da velocidade média do vento em diferentes direções e em um mesmo local seguir uma mesma distribuição e os parâmetros da

distribuição que melhor se ajustam sejam independentes entre si e ainda, podem ser estimados a partir da amostra de dados. A seleção estatística reflete a aleatoriedade espacial e temporal, sendo que foi escolhido o método da média ponderada dos registros originais das três estações para descrever a característica aleatória dos registros no tempo por representar o vento típico na região de estudo. O modelo natural do perfil de velocidade do vento é descrito pelo modelo exponencial e logarítmico, os quais permitem o ajuste dos dados com a altura. Os métodos mais utilizados para a análise da aderência dos dados da distribuição são o Qui-Quadrado e o de Kolmogorov-Smirnov, e para a da distribuição da velocidade tem sido utilizado do coeficiente de correlação definido por Simiu e Filliben (1975). O método é baseado em um determinado número de amostras máximo que é colhido de um conjunto de dados e reflete as características deste. Para a determinação dos parâmetros utilizaram os métodos da máxima verossimilhança e dos mínimos quadrados, o qual demonstrou ser o mais eficiente. Por serem os dados de vento afetados por vários fatores, e a velocidade do vento variar aleatoriamente no tempo e espaço as análises estatísticas da velocidade média devem refletir esta aleatoriedade. Constatou ser aplicável para a análise estatística do vento na área de Xangai um modelo conjunto das distribuições estatísticas dos valores extremos da velocidade do vento.

Sansigolo (2005), em avaliações realizadas para determinar o potencial eólico em Panorama – SP utilizou as distribuições de Weibull, Log Normal e Beta. Constatou que a distribuição Beta foi a que melhor se ajustou a maioria dos conjuntos de dados da velocidade do vento, e que as distribuições Weibull e Log-Normal melhor se ajustaram aos conjuntos de v^3 . Na avaliação utilizou dados coletados no período de julho de 2000 a junho 2002, sendo que foram analisados dois períodos de dados: um para a média horária do vento a 10 m e outro para a velocidade cúbica em escala de tempo, mensal e anual. Tendo obtido os parâmetros das três distribuições pelo método da máxima verossimilhança avaliou os ajustes das distribuições aos conjuntos de dados com os testes do Qui-Quadrado e o de Kolmogorov-Smirnov e o gráfico de probabilidade empírica acumulada com a teórica acumulada.

Leite e Filho (2006), em estudo realizado para avaliar a velocidade média e direção predominante em Ponta Grossa – PR. Descrevem o comportamento da distribuição de frequência da velocidade do vento utilizou as distribuições de probabilidade de Weibull, Rayleigh e Beta. Para a determinação dos valores de k e c foi empregado Justus et al. (1978), que afirmam ser possível determinar os valores de k e c a partir da equação transformada, representada por uma equação da reta, ficando condicionada ao cálculo dos coeficientes “a” e “b” da reta de regressão. Quando aplicado aos dados de velocidade média do vento o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov com nível de significância 5%, mostrou ser a distribuição Beta adequadamente ajustada a série histórica analisada. Os modelos de Weibull e Rayleigh pelo teste Kolmogorov-Smirnov, a hipótese de nulidade foi rejeitada. Concluímos que a distribuição Beta apresenta os melhores ajustes para todos os meses do ano sendo a mais adequada para o estudo na localidade de Ponta Grossa - PR.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo e dados

A área de estudo é o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), localizada no município de Alcântara (2°24'S; 44°25'W; 40 m) (Figura 3.1), situada a aproximadamente 20 km a sudeste de São Luis, capital do Maranhão, na região Nordeste do Brasil (NEB) (CLA, 2008).



Figura 3.1 – Localização do Município de Alcântara – MA e Vista Panorâmica do CLA
Fonte: IAE (1988)

O clima da região do CLA apresenta características tropicais. O relevo tem por característica a presença de falésias em sua costa com altura de 50 m, em média (Figura 3.2). A nebulosidade tem por característica apresentar variação sazonal muito acentuada, média da cobertura de nebulosidade na época chuvosa superior a 5 (cinco) oitavos e na época seca inferior a 3 (três) oitavos.

A temperatura média mensal apresenta amplitude anual $1,4^{\circ}\text{C}$; o mês mais quente é novembro com média de $28,1^{\circ}\text{C}$ e o mais frio é março com média de $26,7^{\circ}\text{C}$. Apresentam ciclo diário bem representado com temperatura mínima ocorrendo entre 05:00 e 06:00 HL, e a temperatura máxima entre 12:00 e 14:00 HL (PEREIRA, 2002).



Figura 3.2 – Vista das falésias no litoral do CLA.

A rampa de lançamento de foguetes está localizada a uma distância de 50 m da costa, podendo sofrer turbulência provocada pelo vento. Considerando que o vento encontra-se inicialmente em equilíbrio com uma superfície oceânica (lisa) e posteriormente junto a costa encontra uma superfície arbustiva (rugosa) presente na região (FISCH, 1999).

3.1.1. Dados

As séries de dados foram obtidas pelos sensores instalados na TA do CLA, uma estrutura metálica de 70 m de altura. A Figura 3.3 mostra uma vista panorâmica da TA e na Figura 3.4 é apresentado o sensor de direção e velocidade do vento instalado na TA.

A TA (Figura 3.3) está situada a 200 m a jusante da falésia nas proximidades da rampa de lançamento. Esta torre possui sensores de velocidade (tipo *propeller*) e direção do vento (do tipo aerovane) da R.M Young (Traverse City, USA) (Figura 3.4). Tais sensores estão instalados em seis níveis, nas alturas

de 6,0 m (nível - 1), 10,0 m (nível - 2); 16,3 m (nível - 3); 28,5 m (nível- 4); 43,0 m (nível - 5) e 70,0 m (nível - 6).



Figura 3.3 – Vista Panorâmica da Torre Anemométrica do CLA e com detalhes dos sensores.

O anemômetro Modelo 05106 – “Wind Monitor-MA Model 05106” – da “R. M. Young Company” (Figura 3.4), mede a velocidade horizontal e a direção do vento. Esse sensor originalmente desenvolvido para utilização em bóias marítimas, sendo robusto e resistente à corrosão, porém leve e preciso. O corpo do sensor, a hélice e outras partes, são resistentes à radiação ultravioleta, sendo os anemômetros continuamente ensaiados e calibrados em túnel de vento no CTA/ITA.



Figura 3.4 – Aerovane R.M Young.

A coleta dos dados foi feita automaticamente através de um sistema de aquisição de dados CR-7 da Campbell Scientific Instrument (Longan, USA) e transmitida, via fibra ótica através de uma programação apropriada, a Seção de Meteorologia do CLA. A taxa de amostragem dos sensores é de 1 Hz, sendo que os valores médios e estatísticos são armazenados em intervalos de 10 minutos para cada nível da Torre. A constante de distância do aerovane é de 3,3 m (para uma recuperação de 63%), o que produz uma constante de tempo de 0,5 segundos para um vento típico de 6 m/s (Fisch, 1999).

A partir dos dados coletados na TA do CLA, foram gerados arquivos mensais com as alturas, direção e intensidade do vento, obtendo-se matrizes com três colunas de dados a cada 10 minutos as quais são denominadas de Perfis Verticais do Vento (PVV). Cada PVV contém seis níveis correspondentes as alturas de coletas de dados da TA.

O período considerado para a análise foi de 1995 a 1999, com um total de 859.468 perfis. No ano de 1995 foram analisados os meses de setembro a dezembro (9% do total dos dados), para 1996 os meses de janeiro a maio e de setembro a dezembro (20%), para de 1997 os meses de fevereiro a novembro (19%), para 1998 meses de março a novembro (23%) e em 1999 de janeiro a dezembro (30%).

Na Tabela 3.1 observa-se o percentual mensalmente dos dados analisados. Considerando-se a representatividade observada na tabela tomou-se para efeito das análises, o período de 1996 – 1999, por conter mais de 90% do total mensal. Observa-se, ainda, que os meses de março (época chuvosa) e setembro (época seca) apresentam totais de dados superiores a 50% e 70%, respectivamente, sendo considerados representativos. As falhas observadas no ano de 1995 são em função da instalação da TA, a qual ocorreu no mês de setembro. As demais falhas estão associadas a problemas técnicos nos sensores da TA.

Tabela 3.1 – Percentual total mensal dos dados analisados.

	1995	1996	1997	1998	1999
Jan	0%	77%	0%	0%	14%
Fev	0%	51%	32%	0%	75%
Mar	0%	65%	59%	69%	94%
Abr	0%	43%	23%	46%	59%
Mai	0%	47%	83%	97%	68%
Jun	0%	0%	66%	98%	100%
Jul	0%	0%	98%	97%	95%
Ago	0%	0%	64%	100%	98%
Set	65%	71%	92%	97%	98%
Out	86%	98%	96%	52%	91%
Nov	65%	96%	16%	84%	88%
Dez	67%	91%	0%	0%	96%

3.2. Metodologia

Para a análise de frequência da direção do vento foram construídos gráficos da frequência do vento (rosa dos ventos) com os dados em escala de tempo de 10 dias (decêndios), 30 dias (mensal) e de 365 dias (anual). Foram montadas

planilhas em EXCEL® mensais e por decêndios, período de 10 dias, ou seja, o 1º (primeiro) decêndio de 1 a 10, 2º (segundo) decêndio de 11 a 20 e o 3º (terceiro) decêndio de 21 a 30 (ou 28 ou 31 dias). A análise por decêndio tem por objetivo possibilitar uma melhor identificação das variações dos perfis verticais do vento e sua associação aos sistemas meteorológicos que atuam sobre a região do CLA.

No estudo foram considerados todos os meses do período de 1995 a 1999, sendo que neste trabalho serão apresentados os meses de março e de setembro como representativos das épocas chuvosa e seca da região de Alcântara, respectivamente (FISCH, 1997; GUEDES e OYAMA, 2004).

Para a análise das distribuições estatísticas foi utilizado o software MATLAB® 6.5, sendo que foram montados arquivos mensais da velocidade do vento no formato.txt e submetidos a análise, sendo gerados gráficos das distribuições Normal e Weibull. A aderência dos dados foi analisada pelo método Qui-quadrado. Na análise das distribuições Normal e de Weibull, foram desconsiderados os valores com velocidade zero e os superiores a $18,0 \text{ ms}^{-1}$ por apresentarem pouca representatividade na série (menos de 0,01% dos dados) e também não serem representativos do que ocorre no CLA.

Para o estudo das correlações da direção do vento e velocidade, assim como as análises estatísticas e das componentes principais foram considerados os níveis de 10,0 m; 16,3 m; 28,5 m; 43,0 m e 70,0 m. As correlações do nível de 6 m com os demais serão considerados separadamente por apresentar as maiores influências da rugosidade do solo, produzindo variações na estrutura do perfil que não são o foco do presente trabalho. Para a análise foi considerada uma amostra da ordem de 26.000 observações.

Para a identificação das variâncias dos perfis verticais do vento utilizou-se a técnica de Análise de Componente Principal (ACP), sendo realizada utilizando-se o software GENSTAT® 7.0, com o qual se obteve os perfis verticais da direção e da velocidade do vento das três primeiras componentes. Na análise

da ACP foi considerado apenas o parâmetro direção do vento, por apresentar as maiores variâncias no PVV no CLA.

Para a análise e identificação dos sistemas atuantes no CLA foram utilizadas imagens da banda IR do satélite meteorológico GOES 8, fornecidas pela DAS–CPTEC, e também informações dos totais de precipitação no CLA com dados fornecidos pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e Instituto do Controle do Espaço Aéreo (ICEA) para os meses de março e setembro.

Os resultados obtidos no período 1996-1999 foram comparados com os resultados obtidos para o ano de 2005, em que se busca identificar alguns dos processos físicos de grande e meso escalas atuantes na região que determinam as variações do PVV no CLA.

3.2.1. Análise estatística

A análise das características estatísticas das variáveis aleatórias da direção e da velocidade do vento foi obtida de forma convencional. Os dados foram agrupados em diferentes escalas de tempo (decêndios, meses e anos), sendo determinadas a média, do desvio padrão, de variância, da mediana, da moda, dos valores máximos e mínimos e da análise da distribuição de frequência na qual os dados melhor se ajustam. Para cada período de estudo (decêndio, mês e ano) foram gerados gráficos de frequência buscando identificar os padrões do perfil que caracterizam o regime de vento no CLA.

Inicialmente, foram analisados os dados observacionais coletados na TA. Para as análises apresentadas neste trabalho foram selecionados os meses característicos da época chuvosa (março) e seca (setembro).

Distribuições Estatísticas

A velocidade do vento é considerada uma variável que possui uma variabilidade em escalas horária, diária, mensal e sazonal em seus valores médios estimados dentro de uma série temporal e foi necessária uma análise

mais criteriosa para se estimar os valores que representam tal variável. Para caracterizar a distribuição de probabilidade mais adequada para os dados coletados pela TA do CLA, estes foram submetidos à análise das distribuições Normal e de Weibull. A distribuição Beta também foi empregada e está apresentada no Apêndice B.

Primeiramente, considerou-se, *a priori*, que o conjunto de dados ajusta-se a uma distribuição Normal, fato considerado na maioria dos estudos realizados com o elemento climático vento no CLA, por ser a distribuição de fácil estimativa dos seus parâmetros.

A escolha do modelo estatístico de Weibull de dois parâmetros recai por apresentar um bom ajuste à distribuição de frequência dos dados de velocidade do vento (nas escalas de tempo horário, diário, semanal, mensal e anual). Na literatura descrevem-se alguns métodos de ajuste para obter os parâmetros da distribuição: mínimos quadrados, máxima verossimilhança, momentos e percentil, os quais são descrito por vários autores (YIM, 1999; SEGURO e LAMBERT, 2000; YAOJUN, 2002).

A equação da curva Normal é especificada usando 2 parâmetros: a média populacional μ , e o desvio padrão populacional σ , ou equivalentemente a variância populacional σ^2 . Denota-se $N(\mu, \sigma^2)$ à curva Normal com média μ e variância σ^2 . A média refere-se ao centro da distribuição e o desvio padrão ao espalhamento de curva. A distribuição normal é simétrica em torno da média o que implica que a média, a mediana e a moda são todas coincidentes. Para referência, a equação da curva é dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left\{ -\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\}. \quad (3.1.1)$$

A área total sob a curva normal (na verdade abaixo de qualquer função de densidade de probabilidade) é 1. Então, para quaisquer dois valores específicos pode-se determinar a proporção de área sob a curva entre esses dois valores, que representa a probabilidade de ocorrência de algum valor entre os dois valores do intervalo.

A distribuição Normal descreve matematicamente os valores possíveis de uma população que podem ser observados para a variável aleatória.

Foi considerado, inicialmente, que se os dados possuem distribuição normal, aproximadamente 68% dos seus valores estarão dentro do intervalo $(\mu \pm \sigma)$. A probabilidade de qualquer valor ser encontrado dentro do intervalo $(\mu \pm 2\sigma)$, será de 95% e para o intervalo de $(\mu \pm 3\sigma)$, essa probabilidade será de 99% (Figura 3.5).

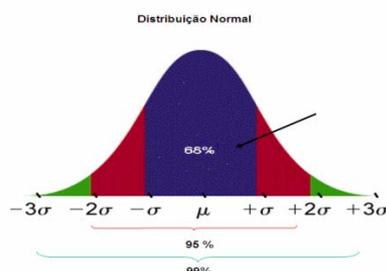


Figura 3.5 – Distribuição normal (Curva normal padronizada).
Fonte: Adaptado de Spiegel (1978)

A distribuição de Weibull, nomeada pelo seu criador Waloddi Weibull é uma distribuição de probabilidade contínua. Sua função de densidade é:

$$f(x; k, \lambda) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} e^{-(x/\lambda)^k} \quad (3.1.2)$$

Para todo $x \geq 0$ e $f(x;k,\lambda) = 0$ para $x < 0$, sendo $k > 0$ o parâmetro de forma e $\lambda > 0$ é o parâmetro de escala da distribuição. Os parâmetros foram determinados pelo método da máxima verossimilhança, o qual é na maioria dos casos a melhor estimativas (Jones, 1997).

No passo seguinte foram analisadas as frequências do vento, compondo a Rosa dos Ventos mensal total dos níveis, nas alturas 10,0 m (nível - 2); 16,3 m (nível - 3); 28,5 m (nível- 4); 43,0 m (nível - 5) e 70,0 m (nível - 6), do período de 1996 a 1999. Para a classificação e consistência dos dados da TA foi utilizada uma planilha eletrônica do software EXCEL[®], gerando, posteriormente, arquivos no formato texto Lotus (*.txt) e (*.prn) os quais foram submetidos a análise utilizando os software MATLAB[®] e GENSTAT[®].

Coeficiente de Correlação

Utilizando-se uma sub-rotina da planilha EXCEL[®] para se calcular a Correlação Linear entre os níveis das séries de dados da TA. O coeficiente de correlação, indica a intensidade e o sinal do relacionamento linear entre duas variáveis aleatórias. Em estatística *correlação* se refere a medida da relação entre duas variáveis, embora correlação não implique causalidade. No sentido geral, existem vários coeficientes medindo o grau de correlação, adaptados à natureza dos dados.

Vários coeficientes são utilizados para situações diferentes. O mais conhecido é o coeficiente de correlação de Pearson, o qual é obtido dividindo a covariância de duas variáveis pelo produto de seus desvios padrão. Este coeficiente de correlação, também chamado de "coeficiente de correlação produto-momento" ou simplesmente de "r de Pearson", mede o grau da correlação (e a direção dessa correlação - se positiva ou negativa) entre duas variáveis aleatórias.

O coeficiente é representado pela letra "*r*" e assume valores entre -1 e 1. Sendo:

- $r = 1$ correlação perfeita positiva entre as duas variáveis.
- $r = -1$ correlação negativa perfeita entre as duas variáveis, Isto é, se uma aumenta, a outra sempre diminui.
- $r = 0$ Significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra. No entanto, pode existir uma dependência não linear. Assim, o resultado $r = 0$ deve ser investigado por outros meios. (MURTEIRA, 1993; SANTOS, 2007).

O coeficiente de correlação de Pearson calcula-se segundo a seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (3.1.3)$$

onde x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos de ambas as variáveis. Além disso

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1.4)$$

e

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i \quad (3.1.5)$$

são as médias aritméticas de ambas as variáveis.

A análise correlacional indica a relação entre 2 variáveis lineares e os valores sempre serão entre +1 e -1. O sinal indica a direção se a correlação é positiva ou negativa, o tamanho da variável indica a intensidade da correlação.

Os resultados obtidos nas análises da distribuição serão apresentados para os meses de março e de setembro no Capítulo 4 (Resultados).

3.2.2. Análise de componentes principais

Para a análise dos dados da TA utilizou-se a técnica multivariada da Análise de Componente Principal (ACP) descrita por Pearson (1902) e por Hottelling (1933), com o propósito particular de analisar estruturas de correlações (JACKSON, 1991; SMITH, 2002). Esta técnica foi utilizada pela primeira vez na meteorologia por Lorenz (1956).

Está técnica multivariada é uma ferramenta estatística que pode possibilitar uma visão mais abrangente e não univariada de uma grande massa de dados, transformando dados observacionais em conhecimento científico. O objetivo desta análise é obter, através de um pequeno número de combinações lineares (denominado de componentes principais), vetores ortogonais que contenham o máximo de informações possíveis das variáveis originais dos dados analisados.

A análise das componentes principais é uma técnica de transformação de variáveis. A análise transforma os dados de modo a conservar a mesma variabilidade total existente, com um mesmo número de eixos ortogonais, porém não mais correlacionados entre si. Graficamente seria a mudança de um espaço multidimensional, transformando e originando eixos ou componentes principais os quais podem representar a variabilidade nos dados, como também, a identificação de padrões a serem interpretados e interligando. Como consequência, pode se relacionado aos processos físicos associados às variáveis observadas (CORRÊA, 2005).

Em resumo, a análise das componentes principais, faz o seguinte:

- Transforma as variáveis originais em novos eixos (componentes principais), que são ortogonais, de tal maneira que os dados expressos como os "scores" naqueles eixos, não apresentando correlação entre si.
- Expressa tanto quanto possível a variação total dos dados em poucos componentes principais, permitindo o agrupamento de dados similares, mediante exames visuais em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional.

O conjunto de dados do perfil vertical do vento (direção e velocidade) em diferentes alturas, representadas pelas variáveis x_1, x_2, \dots, x_p . Supondo ser uma variável aleatória com distribuição multivariada, um vetor ρ e uma matriz variância-covariância \mathbf{S} . O objetivo da ACP é possibilitar um entendimento mais simplificado da estrutura das variáveis x . Para tal simplificação o objetivo da análise será o de transformar a estrutura mais complexa em outra estrutura representada por novas variáveis “y” não relacionadas e com variância ordenada, no qual será possível a comparação entre os indivíduos usando as variáveis “y” que representam a maior variância. A nova variável “y” conterà uma grande fração das informações das variáveis “x”. A ACP procura o número de variáveis, $y_1; y_2; \dots; y_k$ (sendo k menor que p) com:

$$Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p \quad (3.2.1)$$

$$Y_i = a_i X \quad (3.2.2)$$

Sendo que $i = 1, \dots, k$

A matriz variância-covariância \mathbf{S} é simétrica e de dimensão “p x p”.

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} Var_{x_1} & Cov_{x_1x_2} & \dots & Cov_{x_1x_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Cov_{x_px_1} & Cov_{x_px_2} & \dots & Var_{x_p} \end{pmatrix}$$

Na equação (3.2.2) os valores “ a_i ” das novas variáveis “ y_i ” são os autovetores da matriz \mathbf{S} ;

$$\mathbf{S}a_i = \lambda_i a_i \quad (3.2.3)$$

$$| \mathbf{S}a_i - \lambda_i a_i | = 0, \quad (3.2.4)$$

No qual λ_i são os autovalores da matriz \mathbf{S} , ou seja, são raízes da equação (3.2.4) que são independentes e ortogonais.

A contribuição de cada componente será expressa em porcentagem, a qual representa a proporção da variância total explicada por cada uma das componentes da análise.

Sendo que mais de 90% da variância da amostra podem ser explicadas pelas primeiras componentes Sendo que o primeiro autovetor corresponde a maior percentagem da variabilidade total existente e assim sucessivamente.

Para a análise no presente trabalho foi utilizado o software GENSTAT[®] para extrair as componentes da matriz de variância e covariância e também os seus autovalores e autovetores dos dados da Torre Anemométrica do CLA.

Dos dados foram gerados arquivos com formato Lótus (*.prn) os quais são submetidos a uma sub-rotina do software, sendo tratados através de uma interpolação linear para se obtenha novos valores de altura, direção e da velocidade do vento, formando uma matriz de três colunas por 33 linhas, correspondendo a níveis de 2 m cada linha.

Após a construção da matriz dos dados da TA determinou-se seus autovalores e autovetores. Posteriormente é aplicado um ajuste através da rotação dos vetores em relação aos dados utilizando-se a função *FACROTATE* (VARIMAX), que é um processo rotacional ortogonal que tem por objetivo otimizar e minimizar os resíduos da matriz pelo método dos mínimos quadrados (CORRÊA et al., 2007).

Os autovetores da matriz **S** representam, geometricamente, as projeções das amostras na direção da componente principal. Assim a análise destes coeficientes o maior autovalor correspondem a maior percentagem da variabilidade total presente nos dados, ou seja, identifica a maior contribuição.

Adotaram-se para análise dos autovetores das componentes os autovalores iguais ou superiores a 0,05. Tal consideração torna-se necessária para separar os vetores (componentes), geometricamente em diferentes eixos, os quais estão muito próximos da origem nos eixos ortogonais. Sendo assim obtidos os autovetores mais representativos, com as variâncias predominantes no perfil vertical do vento.

4. RESULTADOS

4.1. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

4.1.1. PREDOMINÂNCIA CLIMATOLÓGICA

Na análise do conjunto de dados das direções do vento observa-se a predominância da direção de NE nos meses de setembro a março com uma rotação da direção do vento para E (ENE). De abril a agosto observa-se uma rotação de ENE para NE. (Figura A.1 a A.12 – Apêndice A).

Inicialmente a Figura 4.1 mostra a frequência da direção do vento observado para todos os dados do mês de março (característico da época chuvosa) entre os anos de 1996 a 1999.

Observa-se que a primeira predominância da direção do vento é de NE com 30%, e a segunda predominância de NNE com 20%. Totaliza 65% de predominância entre as direções NNE e ENE. Na Tabela 4.1 têm-se os valores dos percentuais da predominância da direção do vento para o mês de março. A primeira predominância com 33% é de NE, sendo a segunda com aproximadamente 19% de NNE e a terceira predominância com 14% de ENE. Observam-se, também, direções do vento de E e W com percentual de 5% das ocorrências.

A Tabela 4.1 apresenta valores dos percentuais da predominância da direção do vento no período de março e a Figura 4.1 mostra as predominâncias da direção do vento para o mês de março em todos os níveis. Observa-se que a direção predominante é de NE. Mostram-se também na Tabela 4.2 os valores da média, desvio padrão, moda e mediana da velocidade, se considerado os níveis 2 (10 m); 3 (16 m); 4 (28 m); 5 (43 m) e 6 (70 m) para o período de 1996 a 1999 dos dados coletados na TA. Para esta análise foram utilizados 76.882 perfis de dados.

Tabela 4.1 – Frequência da direção do vento nos níveis selecionados para o mês de março.

	10 m	16 m	28 m	43 m	70 m
Norte	8%	8%	8%	8%	7%
NNE	17%	20%	17%	20%	17%
Nordeste	33%	31%	33%	32%	34%
ENE	14%	13%	13%	13%	17%
Leste	5%	5%	5%	5%	5%
ESE	3%	3%	3%	3%	3%
Sudeste	2%	2%	2%	2%	2%
SSE	1%	1%	1%	1%	1%
Sul	1%	1%	1%	1%	1%
SSO	1%	1%	1%	1%	1%
Sudoeste	1%	1%	1%	1%	1%
OSO	2%	2%	2%	1%	1%
Oeste	5%	5%	4%	3%	2%
ONO	3%	3%	3%	3%	3%
Noroeste	3%	3%	3%	3%	3%
NNO	2%	3%	3%	3%	3%

Na análise dos níveis referenciados, para o mês de março, observa-se (Tabela 4.2) que a média da velocidade situa-se entre 3,4 a 5,4 ms^{-1} e o desvio padrão entre 1,4 e 2,1 ms^{-1} . A média da velocidade do vento para março no período total é de 4,1 ms^{-1} , desvio padrão de 1,9 ms^{-1} , moda de 4,0 ms^{-1} e a mediana é 3,9 ms^{-1} , sendo a moda da direção do vento 38° (NE).

Tabela 4.2 – Média, Desvio Padrão, Moda e Mediana da velocidade por níveis da TA para o mês de março.

	1996				1997				1998				1999				1996/1999							
	MEDIA	DP	MODA	MED	MEDIA	DP	MODA	MED	MEDIA	DP	MODA	MED	MEDIA	DP	MODA	MED	MEDIA	DP	MODA	MED				
NIV 2	3,2	1,3	4,1	3,7	3,4	1,4	3,1	3,4	3,6	1,5	3,7	3,6	3,2	1,4	4,0	3,2	3,4	1,4	3,7	3,5				
NIV 3	3,6	1,5	4,7	4,1	3,9	1,6	4,6	4	4,1	1,7	4,7	4,1	3,3	1,4	2,5	3,3	3,7	1,6	3,3	3,9				
NIV 4	4,1	1,6	4,5	4,6	4,3	1,7	4,6	4,4	4,6	1,9	5,2	4,7	4,1	1,7	4,2	4,2	4,3	1,7	4,6	4,5				
NIV 5	4,5	1,8	4,4	5,0	4,9	1,9	5,6	5	5,1	2,0	5,7	5,2	4,5	1,8	4,6	4,6	4,8	1,9	5,1	5,0				
NIV 6	5,1	2,0	5,2	5,6	5,6	2,1	6,0	5,6	5,8	2,2	5,9	5,9	5,1	2,2	7,0	6,8	5,4	2,1	6,0	6,0				
Total de dados					17.424				15.743				18.531				25.184				76.882			

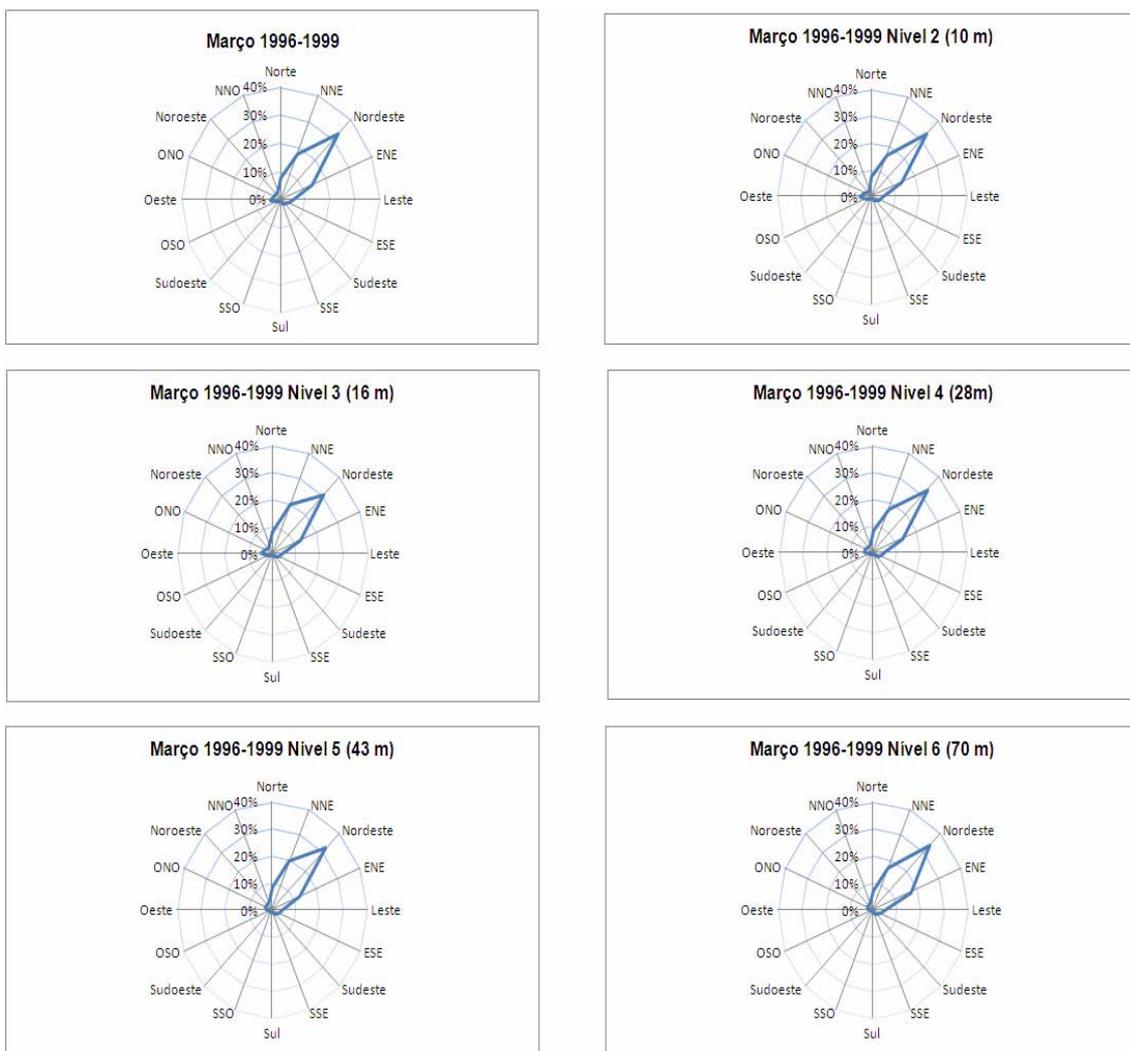


Figura 4.1 – Frequência da direção do vento para o mês de março.

Na Figura 4.2, observa-se a frequência do vento para o mês de setembro considerando-se todos os níveis da TA, mês característico da época seca na região do CLA. Observa-se que a primeira predominância da direção do vento é de NE (45%) e a segunda predominância é de ENE (40%), o que totaliza 85%. Na Tabela 4.3 têm-se os valores dos percentuais da predominância da direção do vento no período de setembro. A primeira predominância acima de 44% e de NE, segunda com aproximadamente 40% de ENE e terceira predominância com 6% de NNE e de E. Pode-se observar que as demais direções não apresentam valores significativos para o mês de setembro.

Tabela 4.3 – Frequência da direção do vento por níveis para o mês de setembro.

	10m	16m	28m	43m	70m
Norte	0%	0%	0%	0%	0%
NNE	6%	6%	8%	6%	6%
Nordeste	44%	44%	52%	44%	44%
ENE	40%	40%	34%	40%	40%
Leste	6%	6%	6%	6%	6%
ESE	1%	1%	0%	1%	1%

A Tabela 4.4 apresenta os valores da média, desvio padrão, moda e mediana da velocidade para o mês de setembro nos níveis 2 (10 m); 3 (16 m); 4 (28 m); 5 (43 m) e 6 (70 m). Foram utilizados para a análise 109.809 dados. Observa-se que a média da velocidade do vento no período está entre 5,2 e 8,1 ms^{-1} e o desvio padrão entre 1,1 e 1,5 ms^{-1} . A média da velocidade do vento para setembro no período total é de 6,4 ms^{-1} , desvio padrão de 1,8 ms^{-1} , moda é 6,0 ms^{-1} e a mediana é 6,2 ms^{-1} , sendo a moda da direção do vento 38° (NE).

Tabela 4.4 – Média, Desvio Padrão, Moda e Mediana da velocidade por níveis da TA para o mês de setembro (ms^{-1}).

	1996				1997				1998				1999				1996/1999			
	MEDIA	DP	MODA	MED	MEDIA	DP	MODA	MED	MEDIA	DP	MODA	MED	MEDIA	DP	MODA	MED	MEDIA	DP	MODA	MED
NIV 2	5,2	0,9	4,9	5,1	5,4	1,1	5,3	5,3	4,5	2,0	5,5	5,2	5,6	1,0	4,9	5,5	5,2	1,4	5,3	5,3
NIV 3	5,9	1,1	5,5	5,8	6	1,2	6	6	6,1	1,0	5,8	6,1	6,2	1,2	5,6	6,0	6,1	1,1	5,6	6,0
NIV 4	6,7	1,4	5,9	6,4	6,5	1,3	6,4	6,4	6,7	1,0	6,8	6,1	7,0	1,3	6,2	6,8	6,7	1,3	6,2	6,6
NIV 5	7,9	1,7	7,2	7,6	7,3	1,5	7,0	7,2	7,6	1,20	7,5	7,5	7,6	1,5	7,1	7,3	7,6	1,5	7,1	7,4
NIV 6	8,5	1,7	7,9	8,3	8,4	1,7	7,9	8,2	8,7	1,30	8,5	8,7	8,2	1,5	7,7	8,0	8,1	1,5	7,9	8,3
Total de dados	18.495				23.893				25.063				25.420				109.809			

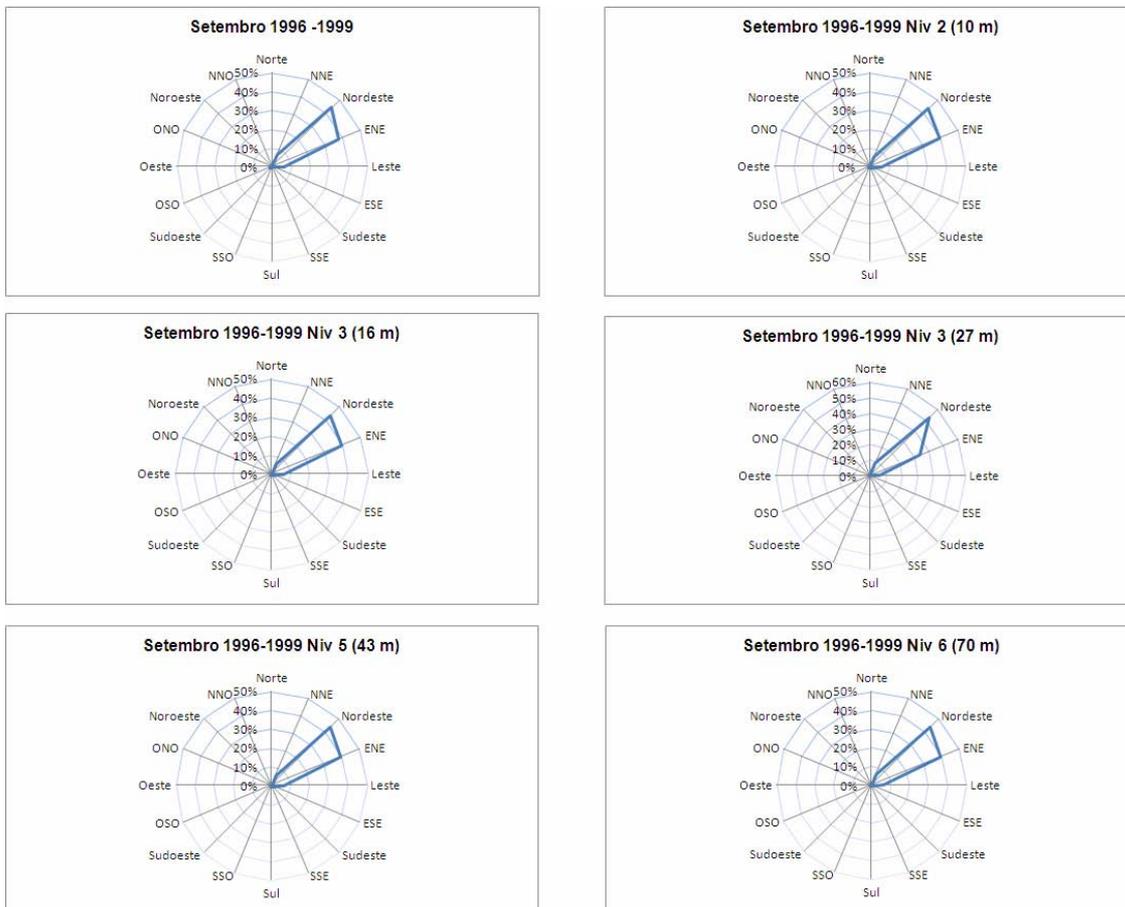


Figura 4.2 – Frequência da direção do vento para o mês de setembro.

As Figuras A.13 a A.16 no Apêndice A apresentam os totais diários de precipitação para o CLA para os anos de 1997, 1998 e 1999 com os valores totais mensais de 401,7 mm; 495,1 mm e 533,1 mm, respectivamente. Observa-se na Figura A.13 os totais por decêndios podendo-se observar que no 2º decêndio de 1999 o total de chuva foi de 295,8 mm e no 3º decêndio de 1999 foi de 329,8 mm. Na Figuras A.14, referente ao ano de 1997, observa-se o que o valor máximo, 95,4 mm ocorreu no dia 27; e em 1998 o valor máximo de 104,6 mm foi no dia 23 e para 1999 o valor máximo foi de 81,7 mm no dia 16. Na Figura 4.39, são apresentados os totais de precipitação no CLA nos decêndios para os anos de 1997 a 1999.

4.1.2. ANÁLISE DAS DISTRIBUIÇÕES

No presente trabalho, são apresentadas as análises das distribuições estatísticas de Weibull e Normal. Para a distribuição estatística Beta foram calculados os seus parâmetros, os quais são apresentados na Tabela B.1 (Apêndice B), cujos ajustes são semelhantes aos das distribuições de Weibull e Normal.

As Figuras 4.3 e 4.4 apresentam as distribuições estatísticas dos dados de velocidade do vento. Com base nos testes Qui-quadrado (5%) podendo se constatar que a distribuição dos dados de velocidade do vento se ajusta às distribuições de probabilidade Normal e de Weibull. Na análise gráfica (Figura 4.3) da distribuição Normal para o período considerado, pode-se constatar que os dados apresentam-se ajustados as funções das distribuições para os valores até $8,0 \text{ ms}^{-1}$. Ainda na figura observa-se um desacoplamento entre o ajuste estatístico e as observações, nas velocidades acima de 10 ms^{-1} , em função da diminuição dos dados, mas também devido ao fato da distribuição não representar os dados.

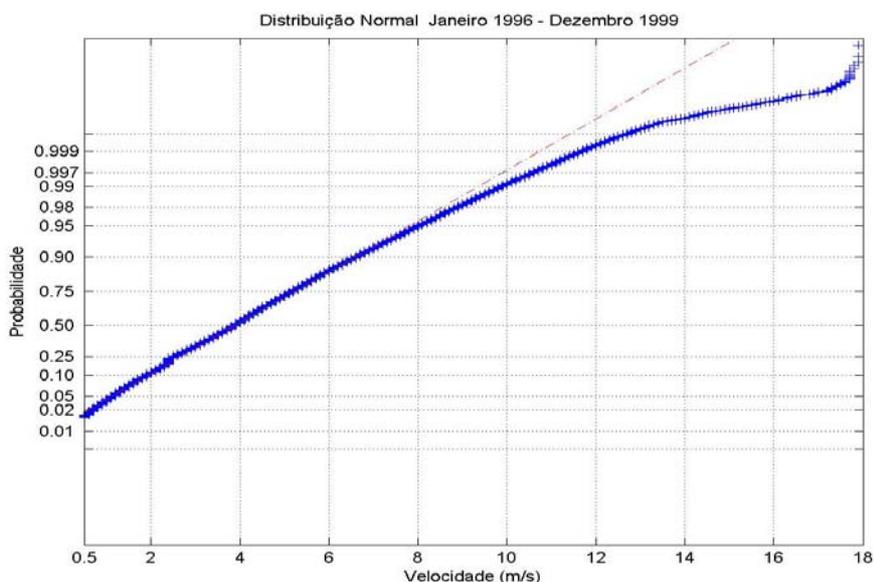


Figura 4.3 – Distribuição Normal Período 1996 - 1999.

A análise mensal das distribuições dos dados de velocidade do vento do período de 1996 - 1999 (apresentados nas Figuras B.1 a Figura B.26 - Apêndice B) também mostra que os dados se ajustam a uma distribuição

Normal e a distribuição de Weibull para valores de velocidade entre 3,0 e 8,0 ms^{-1} . O desacoplamento observado nos gráficos para os valores superiores a 8,0 ms^{-1} estão associados a uma pequena variação na frequência de ocorrência nesta faixa de valores.

A Figura 4.4 mostra a análise gráfica da distribuição estatística de Weibull para o período de 1996 a 1999. Pode-se constatar que os dados apresentam-se ajustados a função da distribuição de Weibull para valores de velocidade entre 3,0 e 9,0 ms^{-1} .

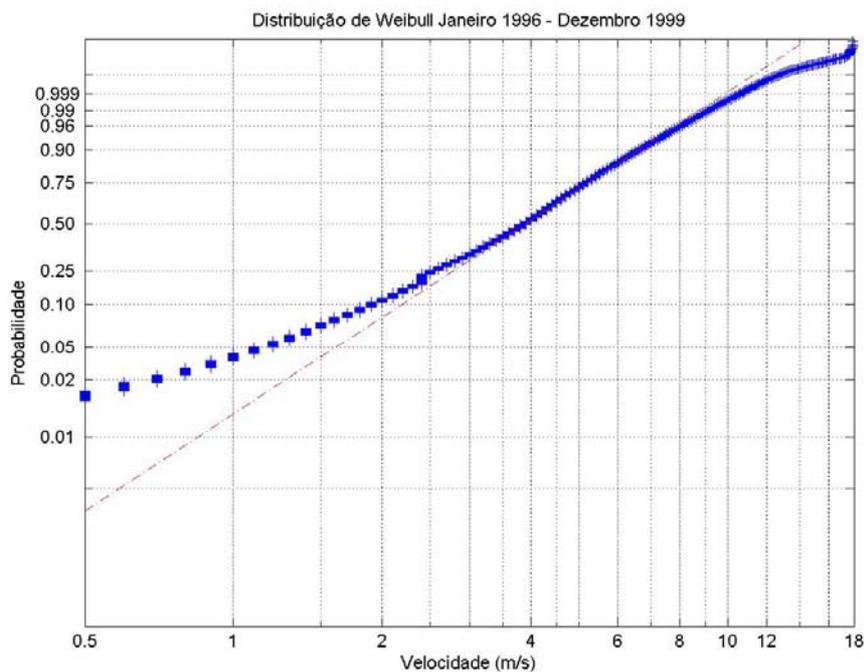


Figura 4.4 – Distribuição de Weibull Período de 1996 - 1999.

As distribuições estatísticas Normal e de Weibull para os meses característicos março (época chuvosa) e setembro (época seca) para todo o período de dados são apresentadas nas Figuras 4.7 a 4.10.

Para o mês de março (Figura 4.5) observa-se que os dados apresentam-se ajustados a reta da distribuição Normal para os valores de velocidade entre 1,0 e 5,0 ms^{-1} .

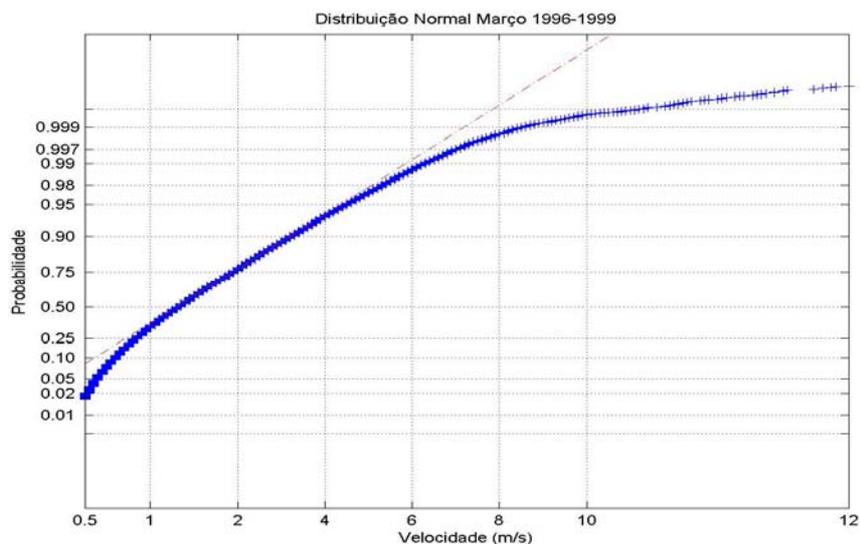


Figura 4.5 – Distribuição Normal para mês de março.

Na Figura 4.6 observa-se o ajuste da distribuição de Weibull, onde se pode notar que os dados apresentam-se ajustados a função da distribuição entre os valores de 3,0 e 9,0 ms^{-1} .

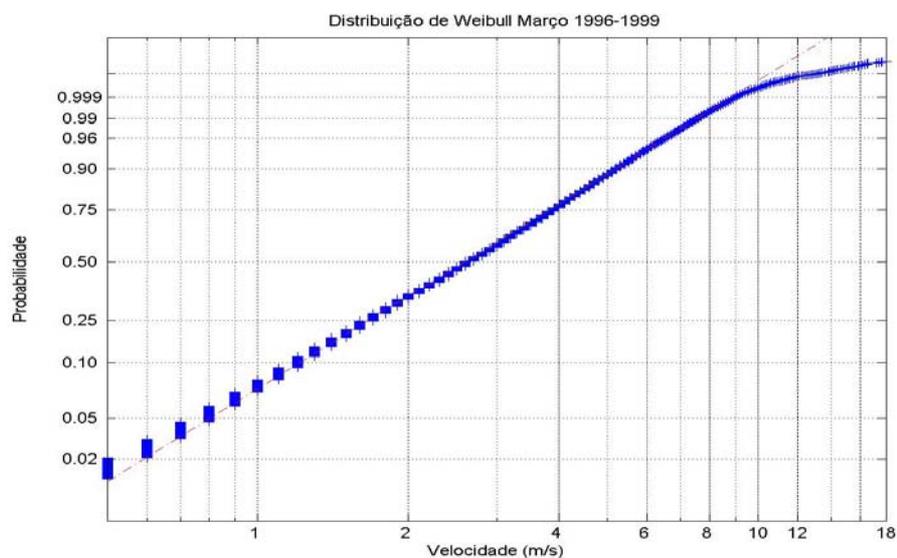


Figura 4.6 – Distribuição Weibull para o mês de março.

Nas Figuras 4.7 e 4.8 mostram-se os ajustes a distribuição estatística Normal e de Weibull para o mês de setembro. Na Figura 4.7 observa-se que os dados de setembro do período de estudo apresentam-se ajustados a reta da distribuição Normal, aos valores de velocidade entre 4,5 e 9,0 ms^{-1} .

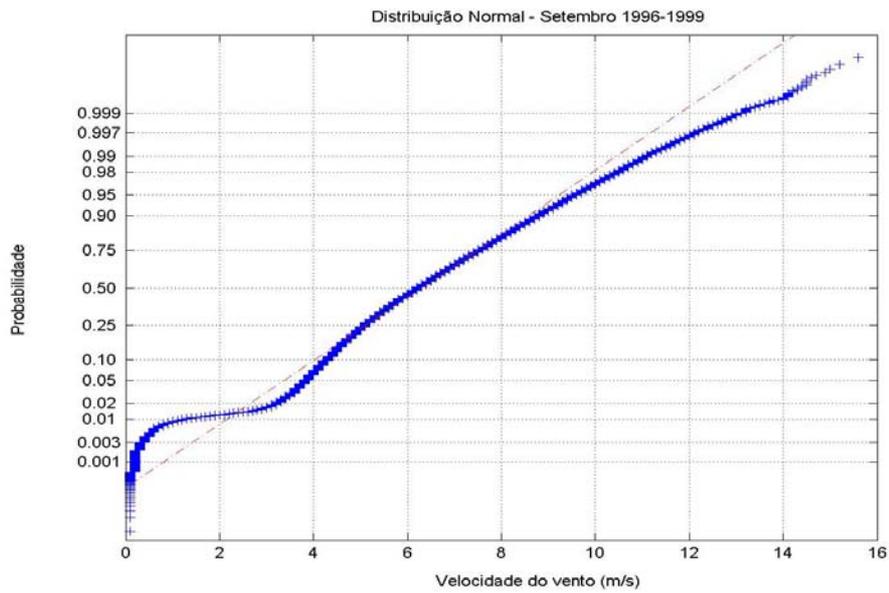


Figura 4.7 – Distribuição Normal para o mês de setembro.

Na Figura 4.8 é apresentada a distribuição de Weibull para o mês de setembro e observa-se haver um bom ajuste para os valores entre 4,5 e 9,0 ms^{-1} .

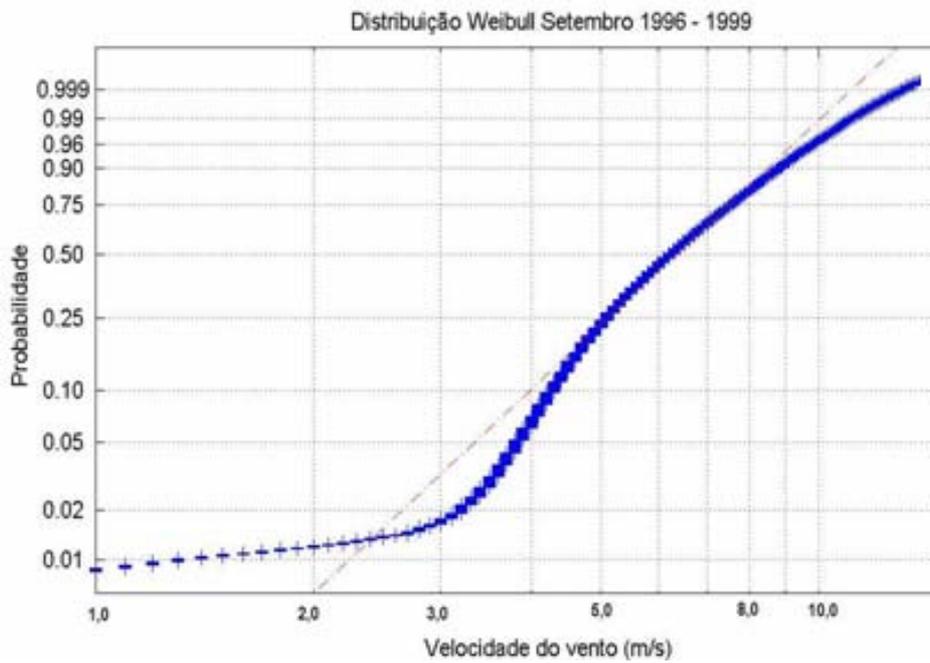


Figura 4.8 – Distribuição Weibull para o mês de setembro.

4.1.3. ANÁLISE DOS DADOS

Na análise dos valores médios horários de março (Tabela 4.5), tem-se que os máximos da velocidade média horária ocorrem no período vespertino (entre as 13 e o início da noite (22 horas)), sendo os valores observados no Nível 1 entre 1,3 e 2,9 ms^{-1} , no Nível 2 entre 1,6 e 3,3 ms^{-1} , no Nível 3 entre 1,8 e 3,9 ms^{-1} , Nível 4 entre 2,1 e 4,1 ms^{-1} e Nível 5 entre 2,4 e 4,6 ms^{-1} . Na época chuvosa a ocorrência de precipitação pode alterar as intensidades médias horárias da velocidade do vento, devido a processos associados à convecção e ocorrência de precipitação (correntes descendentes).

Na Tabela 4.6 observa-se que as velocidades médias horárias para o mês de setembro apresentam maior intensidade no período matutino, entre os horários das 07 às 13 hora, tendo os valores no Nível 2 entre 4,5 e 5,8 ms^{-1} ; no Nível 3 entre 5,3 e 7,0 ms^{-1} ; para o Nível 4 entre 6,0 e 7,8 ms^{-1} ; e para o Nível 5 entre 6,6 e 8,7 ms^{-1} , e para o Nível 6 entre 7,2 e 9,5 ms^{-1} . O comportamento da variação horária da velocidade do vento no mês de setembro está associada a intensificação dos gradientes térmicos entre o oceano e o continente, tendo valor máximo aproximadamente às 10 horas.

Observam-se, também pela análise das Tabelas 4.5 e 4.6, que a predominância direção do vento na época chuvosa no período matutino é NE (com 97%) e vespertino também é de NE (79% das ocorrências) e giro para NNE (21%). Na época seca no período matutino a predominância é ENE (72%) com giro para NE (28%) e no período vespertino a predominância é NE (88%).

Tabela 4.5 – Dados médios horários da direção e velocidade do vento (ms^{-1}) - março 1996-1999.

Horário	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Nível 1																									
Dir (graus)	43	43	39	41	44	43	46	50	49	52	51	49	44	40	35	35	34	35	35	39	40	41	41	43	
Vel (m/s)	2,1	2	1,7	1,7	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5	1,8	2	2,2	2,4	2,7	2,9	2,7	2,5	2,6	2,6	2,6	2,5	2,3	2,3	2,2	
DP Vel (m/s)	3,1	3,1	3,1	2,7	2,3	4,9	3,2	4,2	4,2	2,9	3,5	3,5	2,4	3,3	4,8	2,2	3,9	3,1	1,5	1,6	1,9	4,1	2,3	3,2	
Nível 2																									
Dir (graus)	45	46	41	42	44	44	48	52	52	55	55	50	46	40	34	34	33	34	34	38	40	41	42	44	
Vel (m/s)	2,6	2,4	2,1	2,1	1,8	1,8	1,6	1,7	1,9	2,2	2,3	2,5	2,7	3	3,3	3,2	3	3	3,1	3,1	3	2,9	2,8	2,7	
DP Vel (m/s)	3,2	2,9	2,3	2,8	2,7	3,9	3,6	2,9	2,6	4,1	4,6	2,5	1,7	3	3,5	4,7	4	3,6	2,3	3,3	3,4	2,7	2,7	3,4	
Nível 3																									
Dir (graus)	42	43	38	40	43	42	47	51	51	53	53	48	44	38	31	31	30	31	31	35	37	38	39	41	
Vel (m/s)	2,9	2,7	2,4	2,4	2,1	2	1,8	1,9	2,1	2,4	2,5	2,8	3	3,3	3,3	3,6	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,3	3,2	3,2	3
DP Vel (m/s)	2,3	2,3	3,7	2,5	5,1	2,4	3,1	3,1	3,4	2,5	1,7	3,3	5,8	3,9	4,9	5	3,7	3,5	3,2	3,4	5,2	2,9	3	2,3	
Nível 4																									
Dir (graus)	45	46	41	43	45	44	49	53	52	56	55	51	46	40	33	33	32	33	34	37	39	40	41	44	
Vel (m/s)	3,3	3,1	2,7	2,7	2,4	2,3	2,1	2,1	2,3	2,6	2,8	3	3,2	3,6	4	4	3,9	3,9	3,9	4,1	3,9	3,7	3,7	3,4	
DP Vel (m/s)	2,3	2,6	2,8	3,2	2,9	3,5	2,3	2,9	2,2	3,1	4	2,9	2,7	2,2	3,6	2,8	5,1	2,8	4,3	5,5	4,9	4,3	1,6	2,7	
Nível 5																									
Dir (graus)	42	44	39	42	44	42	48	50	50	53	53	49	44	38	31	31	29	29	32	35	38	38	39	42	
Vel (m/s)	3,7	3,5	3,1	3,2	2,8	2,6	2,4	2,5	2,7	3	3,1	3,3	3,5	3,9	4,3	4,4	4,4	4,4	4,6	4,6	4,4	4,2	4,1	3,9	
DP Vel (m/s)	2,9	2,9	4	3,3	4	2,3	2,7	3,8	2,3	2,7	4,7	2,8	4,3	1,6	3,4	2,5	2,6	3,1	1,7	1,8	3,6	5,8	4,2	2,2	
Nível 6																									
Dir (graus)	46	49	44	47	50	48	52	55	54	57	57	53	49	43	36	36	35	36	37	41	44	44	44	47	
Vel (m/s)	4,5	4,2	3,8	3,8	3,3	3,3	3,2	3,1	3,2	3,5	3,6	3,7	4	4,4	4,9	4,9	4,9	5,1	5,4	5,4	5,2	5	4,8	4,6	
DP Vel (m/s)	2	5	3,9	5,5	3,6	3,9	3,5	2,7	3,3	1,9	2,6	3	4,1	3,6	4,9	2	2,3	3,2	2,6	3,3	2,8	1,9	2,1	2	

Tabela 4.6 – Dados médios horários da direção e velocidade do vento (ms^{-1}) - setembro 1996-1999.

Horário	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Nível 1																								
Dir (graus)	45	46	47	49	52	56	59	62	64	66	66	64	60	51	43	37	33	30	31	33	36	38	41	43
Vel (m/s)	3	3	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,5	3,5	3,2	3,1	3,2	3,1	3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3	2,9
DP Vel (m/s)	4,8	4,4	3,6	4,5	3,6	4,3	3,7	3,5	3,9	2,9	2,7	2,9	4	5,1	6,7	5,6	3,3	3,4	4,9	6,4	5,8	4,4	3,1	3,5
Nível 2																								
Dir (graus)	52	54	54	57	59	63	66	68	71	72	73	71	67	59	52	45	41	39	40	42	44	47	49	51
Vel (m/s)	4,8	5	5,1	5,1	5,3	5,4	5,6	5,7	5,8	5,8	5,6	5,5	5,3	4,9	4,7	4,6	4,5	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8
DP Vel (m/s)	2,9	3,9	3,5	2,9	2	2,5	2,3	2,4	3,1	3,7	3,9	2,9	3,4	2,9	2,7	2,2	3,5	2,9	2,7	2,5	2,9	2,3	2,2	2,4
Nível 3																								
Dir (graus)	53	54	55	58	61	64	67	70	73	75	75	73	69	61	52	45	41	39	40	42	44	47	49	51
Vel (m/s)	5,7	5,8	5,9	6	6,1	6,3	6,6	6,7	6,9	7	6,7	6,4	6,1	5,6	5,5	5,3	5,3	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7
DP Vel (m/s)	2,2	2,4	2,1	1,8	2,4	2,7	2,6	3,2	4,4	4,7	3,5	3,5	2,8	2,6	2,4	1,9	1,7	1,9	1,9	1,9	2,9	2,4	2,6	3,5
Nível 4																								
Dir (graus)	51	52	53	56	58	62	65	67	70	72	72	70	66	59	51	44	40	38	39	41	43	45	47	49
Vel (m/s)	6,4	6,5	6,6	6,7	6,9	7,1	7,4	7,5	7,7	7,8	7,5	7,1	6,7	6,2	6,1	6	6,1	6,1	6,2	6,3	6,3	6,3	6,4	6,4
DP Vel (m/s)	2,3	2,4	2,6	2,2	2,4	3,1	3,4	2,5	3,1	3,4	2,9	2,9	3,5	3,3	2,8	2,5	2,8	3,6	5	4,7	4,8	5	5	4,6
Nível 5																								
Dir (graus)	50	51	52	54	57	61	64	67	70	72	71	69	64	56	48	41	37	35	36	38	41	44	46	48
Vel (m/s)	7,1	7,2	7,4	7,4	7,7	7,9	8,2	8,4	8,5	8,7	8,3	7,8	7,4	6,8	6,7	6,6	6,7	6,6	6,8	6,9	6,9	7	7	7,1
DP Vel (m/s)	5,3	5,3	5,1	5,3	5,4	5,4	5,7	6,8	7,1	7,2	6,9	6,6	6,5	5,9	5,2	4,3	3,9	4,2	3,6	3,1	3,1	3,1	2,8	2,6
Nível 6																								
Dir (graus)	55	56	57	58	61	64	67	70	72	74	74	71	67	60	53	47	43	40	42	44	47	49	51	53
Vel (m/s)	8,2	8,4	8,5	8,6	8,8	9,1	9,3	9,4	9,4	9,5	9,1	8,6	8,2	7,8	7,6	7,4	7,3	7,2	7,4	7,5	7,7	7,8	8	8,2
DP Vel (m/s)	3,1	3,6	3,3	3,1	3,3	3,5	3,5	2,9	3,2	4	4,7	4	3,1	3	2,5	2,8	2,7	2,8	4	4,3	3,5	3,4	3,8	2,9

4.1.4. Análise de correlação do vento entre os níveis

Na Figura 4.9 é apresentado o coeficiente de correlação linear da direção e da velocidade no entre os vários níveis (ou seja, níveis de 6 – 10 m; 6 – 16 m; 6 – 28 m; 6 – 43 m; e 6 – 70 m), observa-se que o índice de correlação é superior a 0,7 indicando correlação Forte entre os níveis para o mês de março, a qual pode-se atribuir que seja em função da velocidade do vento (ventos menor velocidade).

Na Figura 4.9 observa-se, ainda, que para o mês de setembro o coeficiente de correlação da direção do vento entre os níveis é menor que 0,4. Indicando uma correlação Fraca entre os níveis selecionados, a qual se pode supor que seja em função dos turbilhões produzidos pela rugosidade da superfície e da topografia da região o que produz mudança significativa no perfil próximo a superfície. A correlação da velocidade, no entanto, apresentou coeficientes de correlação superior a 0,7 indicando correlação para a velocidade entre os níveis é Forte.

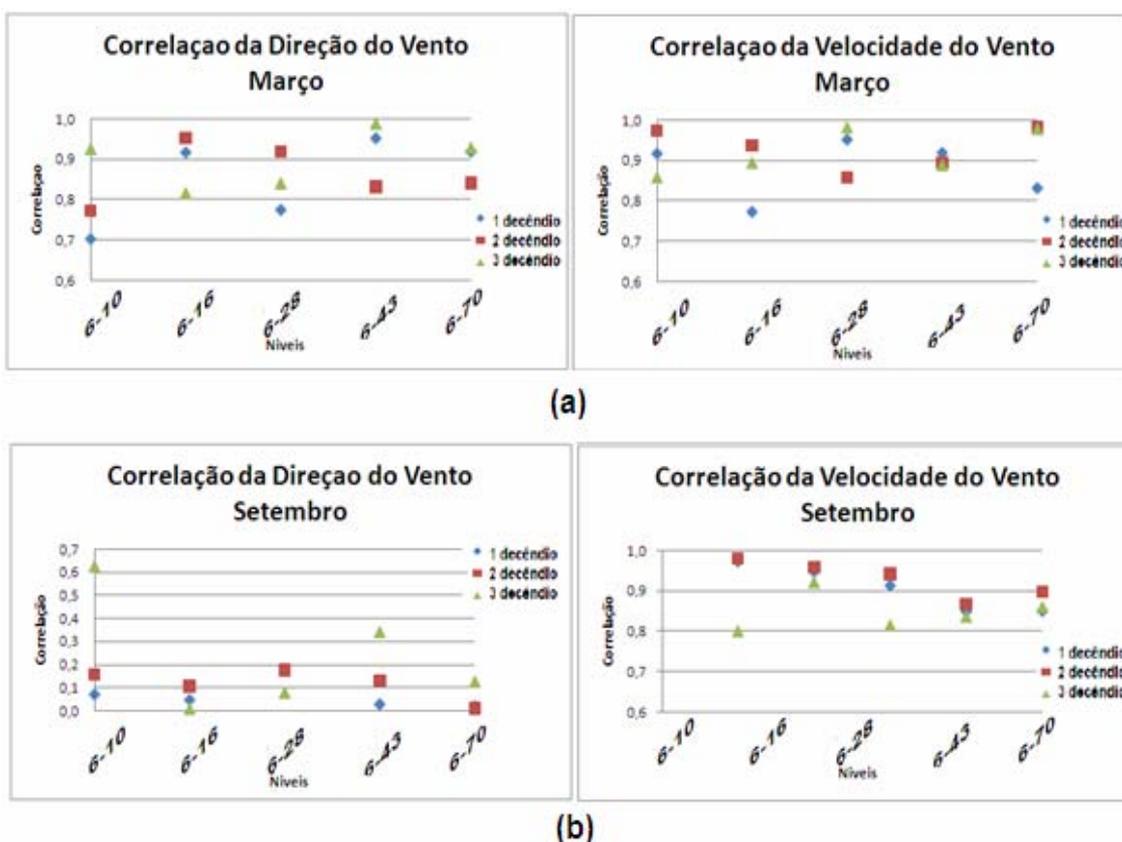


Figura 4.9 – Correlação Linear de março (a) e setembro (b) (Nível de 6 m).

Nas Figuras 4.10 a 4.13 mostram-se a análise dos coeficientes de correlação da Direção do Vento entre os intervalos de alturas 10-16 m(1); 10-28 m(2); 10-43 m(3); 10-70 m(4); 16-28 m(5); 16-43 m(6); 16-70 m(7); 28-43 m(8); 28-70 m(9) e 43-70 m(10). Sendo que as séries 1º, 2º e 3º são os respectivos decêndios (período de 10 dias) para todo o período analisado.

Para os meses de março, na Figura 4.10, observa-se que a correlação da direção do vento é superior a 0,7 para todos os intervalos de alturas dos três decêndios. Na Figura 4.11 observa-se que para o parâmetro velocidade do vento a correlação entre os níveis também é superior a 0,7.

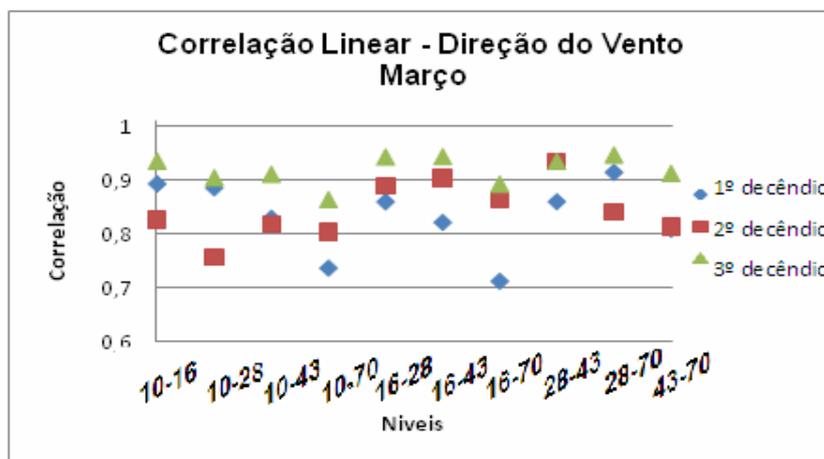


Figura 4.10 – Correlação Linear da direção do vento por decêndio do mês de março.

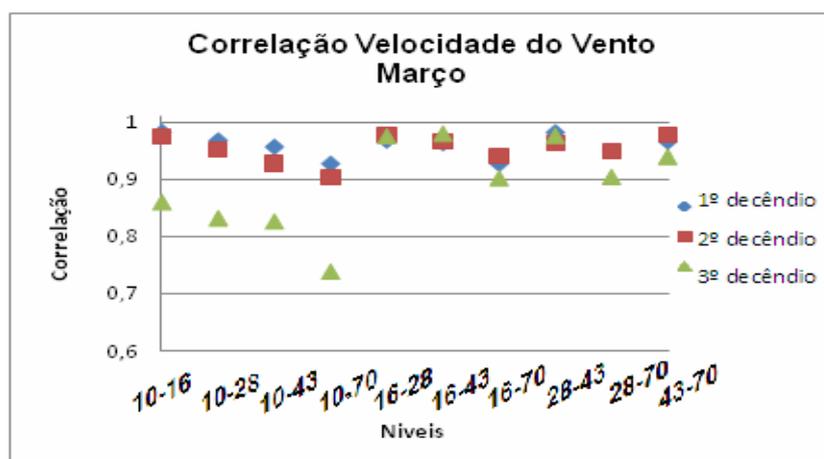


Figura 4.11 – Correlação da velocidade do vento por decêndio do mês de março.

Para o mês de setembro (Figuras 4.12 e 4.13) observa-se que as correlações da direção do vento e da velocidade do vento são superiores a 0,7 para os decêndios, considerando-se os níveis acima de 10 m.

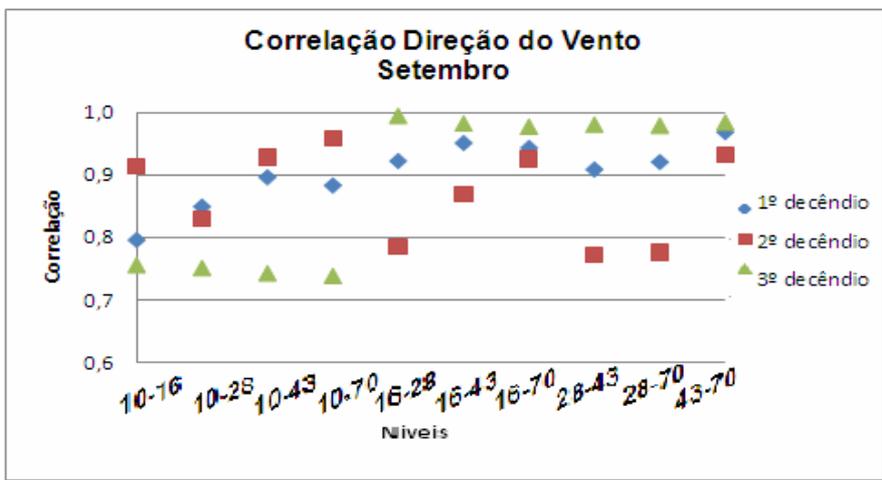


Figura 4.12 - Correlação Linear da direção do vento por decêndio do mês de setembro.

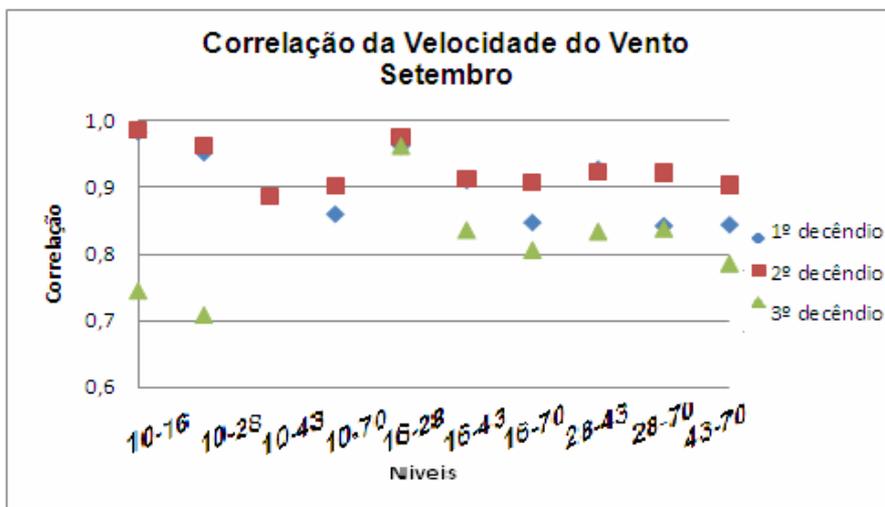


Figura 4.13 – Correlação da velocidade do vento por decêndio do mês de setembro.

4.2. Análise da componente principal

Nesta parte do trabalho são analisados os dados coletados pela TA do CLA através da técnica de Análise de Componente Principal (ACP). Esta técnica tem por objetivo mostrar a existência de predominância de determinados processos atmosféricos que atuam caracterizando o perfil vertical do vento, o que possibilita a explicação de parte dos processos dinâmicos observados no CLA. Para se determinar o deslocamento de tais processos, ou seja, descrever a fase de propagação embutida em uma oscilação dentro dos dados analisados pode-se obter através do uso da técnica de componentes principais complexas (HOREL,1984). Os dados foram analisados em decêndios com a finalidade de facilitar a interpretação dos sistemas atmosféricos de escala de tempo menores, bem como as associações dos fenômenos meteorológicos e também para possibilitar a utilização das ferramentas disponíveis no software EXCEL[®].

Pela análise da ACP (Tabela 4.7) pode-se constatar que mais de 93% da variância total está representada pelas três primeiras componentes da direção do vento. A primeira componente (1ACP) representa, em média, de 63% da variância total, a qual pode estar associada a processos físicos (ou sistemas meteorológicos) que atuam com maior frequência, tais como, a ZCIT, a confluência dos alíseos e a Brisa Marítima (BM), os quais estabelecem o padrão climático na época chuvosa. A segunda componente (2ACP), em média, 21% e a terceira componente (3ACP), aproximadamente 10% da variância total da direção do vento, evidenciam que as variações no perfil podem estar associadas à outros processos físicos que atuam na região com menor frequência, tais como, LI, VCAN, DOL, SF e também com as variações observadas no posicionamento da ZCIT.

Para a velocidade do vento (Tabela 4.7) observa-se que quase a totalidade (100%) da variância é representada pelas três primeiras componentes. A 1ACP representa mais de 92% da variância estando associado aos processos físicos mais frequentes na região, seja, a convergência dos alísios, a atuação da ZCIT e a BM (FISCH, 1997). Já a 2ACP (em média 7%) e a 3ACP

(aproximadamente 1%) da variância da velocidade do vento estão associadas a outros processos físicos que atuam na região com menor frequência durante a época chuvosa, por exemplo, LI, SF, DOL, VCAN (COELHO et al., 2004; BARROS, 2008).

Os percentuais observados nas ACP da direção e da velocidade do vento indicam que os processos físicos nos dois perfis não estão necessariamente correlacionados.

Tabela 4.7 – Percentual das ACP da direção e da velocidade do vento por decêndios do mês de março.

Percentual das ACP da Direção do Vento - Mar de 1996 a 1999					Percentual das ACP da Velocidade do Vento - Mar de 1996 a 1999					
		1 ACP	2 ACP	3 ACP		1 ACP	2 ACP	3 ACP		
1 decêndio	mar/96	64%	23%	8%	95%	1 decêndio	97%	2%	0%	100%
2 decêndio	mar/96	61%	20%	11%	93%	2 decêndio	93%	6%	1%	100%
3 decêndio	mar/96	67%	19%	8%	94%	3 decêndio	78%	19%	3%	100%
	média	64%	20%	9%	94%		89%	9%	1%	100%
1 decêndio	mar/97	61%	20%	11%	93%	1 decêndio	93%	6%	1%	100%
2 decêndio	mar/97	53%	27%	15%	95%	2 decêndio	96%	3%	1%	100%
3 decêndio	mar/97	74%	19%	4%	97%	3 decêndio	97%	2%	1%	100%
	média	63%	22%	10%	95%		95%	3%	1%	100%
1 decêndio	mar/98	65%	14%	10%	90%	1 decêndio	95%	3%	1%	99%
2 decêndio	mar/98	54%	23%	15%	93%	2 decêndio	94%	5%	1%	100%
3 decêndio	mar/98	59%	25%	9%	92%	3 decêndio	89%	7%	3%	99%
	média	59%	21%	11%	92%		93%	5%	2%	99%
1 decêndio	mar/99	63%	20%	9%	92%	1 decêndio	90%	9%	1%	99%
2 decêndio	mar/99	60%	23%	10%	93%	2 decêndio	85%	14%	1%	100%
3 decêndio	mar/99	67%	21%	7%	95%	3 decêndio	92%	7%	1%	100%
	média	64%	21%	8%	93%		89%	10%	1%	100%

A Tabela 4.8 mostra-se o posicionamento da ZCIT em relação a normal climatológica para o mês de março, a qual pode-se ser associada a 1ACP observado no 2º e 3º decêndio de 1997 e 1998 (Tabela 4.7), que foram anos de El Niño forte, com anomalias da TSM entre 0,5 °C (março de 97) e 2,0 °C (março de 98). O ano 1998 progrediu para La Niña de intensidade moderada. Os anos de 1996 e 1999 foram anos normais o que é evidenciado pelos percentuais da variância da direção do vento e o no posicionamento da ZCIT (CPTEC, 2009).

Tabela 4.8 – Posicionamento da ZCIT em relação à normal climatológica.

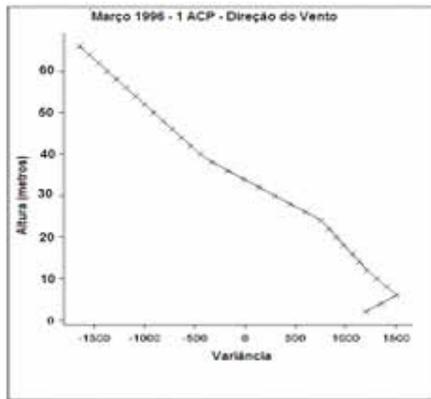
1996	normal
1997	norte
1998	norte
1999	normal

Na Figura 4.14 são mostradas as variâncias da direção no perfil vertical do vento para março. As variâncias observadas evidenciam a mudança na direção predominante do vento, as quais não são observadas pelo método de análise anterior (Seção 4.1.1).

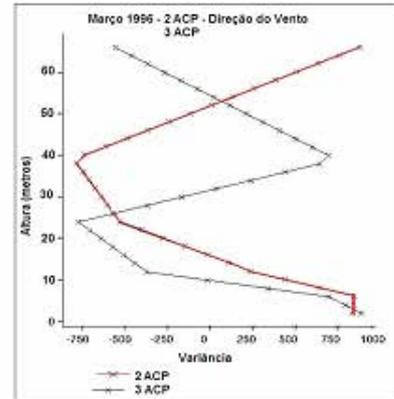
Na Figura 4.14 (a) (c) (e) (g) mostram a 1ACP onde se pode observar que não há variância significativa na direção do vento. As maiores variâncias são observadas na 2ACP e 3ACP (Figura 4.15 (b), (d), (f) e (h)). Pode-se observar a altura em que ocorrem as maiores variância das componentes 2ACP nos anos 1996, 1997 e 1998 é em 38 m, e em 12 m de altura em 1999. Já as maiores variâncias da 3ACP nos anos 1996 e 1997 ocorre em 24 m de altura e nos anos 1998 e 1999 a 12 m de altura.

As frequências da direção do vento nas alturas de maior variância serão detalhadas no item 4.2.1.

Os processos físicos mais frequentes, os quais podem-se relacionar a 1ACP, são a ZCIT e a confluência dos ventos alísios que são sistemas atmosféricos de grande escala. Já outros sistemas meteorológicos, tais como, LI's, ZCAS ou SF's associados à ZCIT pode-se relacionar a 2ACP e 3ACP.



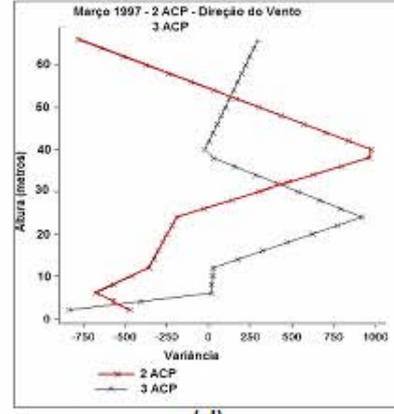
(a)



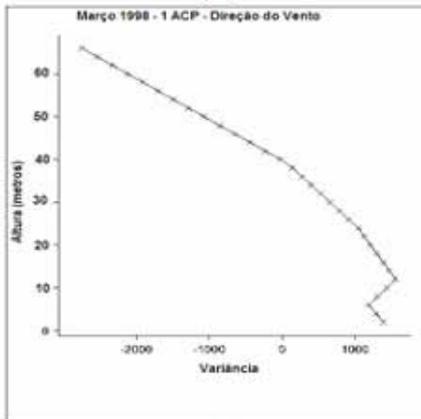
(b)



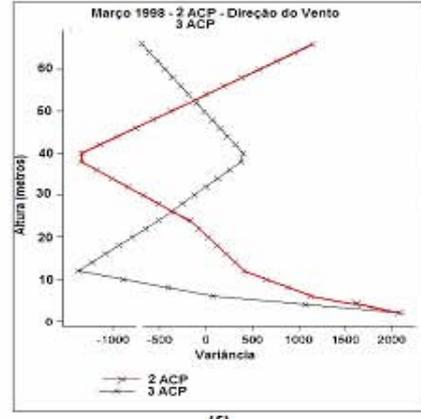
(c)



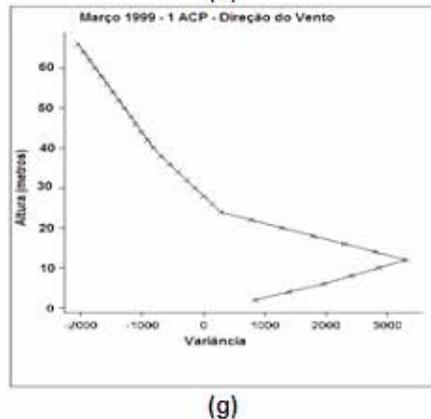
(d)



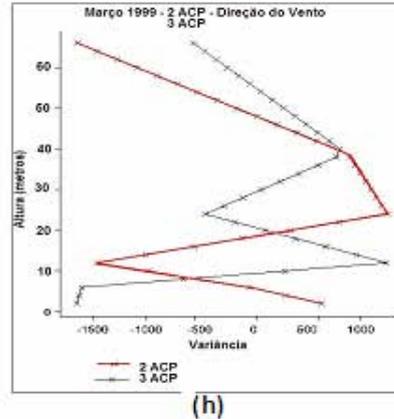
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 4.14 – Variância da ACP da direção do vento para o mês de março.

A Figura 4.15 a 4.17 mostra os perfis da variância da direção do vento para os três decêndios do mês de março 96. A análise da 1ACP (Figura 4.15, 4.16 e 4.17 (a)) mostram que não há variância significativa na direção do vento, evidenciando que os processos físicos freqüentes são predominantes na região, os quais definem o padrão climático, ou seja, ZCIT, BM e confluência dos ventos alíseos. Para a 2ACP e 3ACP observam-se variâncias significativas no perfil de vento, as quais pode-se relacionar a outros processos físicos menos freqüentes atuando na região, por exemplo LI, VCAN e DOL.

Observa-se para o 1º decêndio de março 1996, que as maiores variâncias no perfil do vento na 2ACP e 3ACP, podem estar relacionadas a atuação em conjunto da ZCIT e a ZCAS observada nos primeiros dias do decêndio (CLIMANÁLISE, 1996).

Ainda na Figura 4.16, observa-se que a variância registrada na 2ACP e na 3ACP do 2º decêndio pode-se relacionar a uma LI de forte intensidade que atuou na região no dia 12 de março. E para o 3º decêndio (Figura 4.17) observa-se que a maior variância na 2ACP pode-se também estar relacionada a atuação de uma LI que atuou no dia 21 de março (CLIMANÁLISE, 1996).

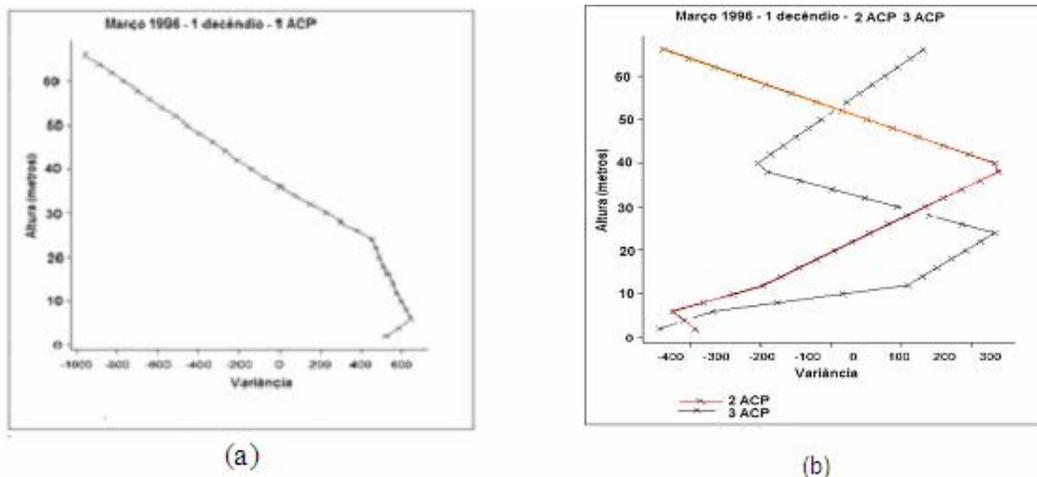


Figura 4.15 – Variância da ACP da direção do vento do 1º decêndio do mês de março 1996.

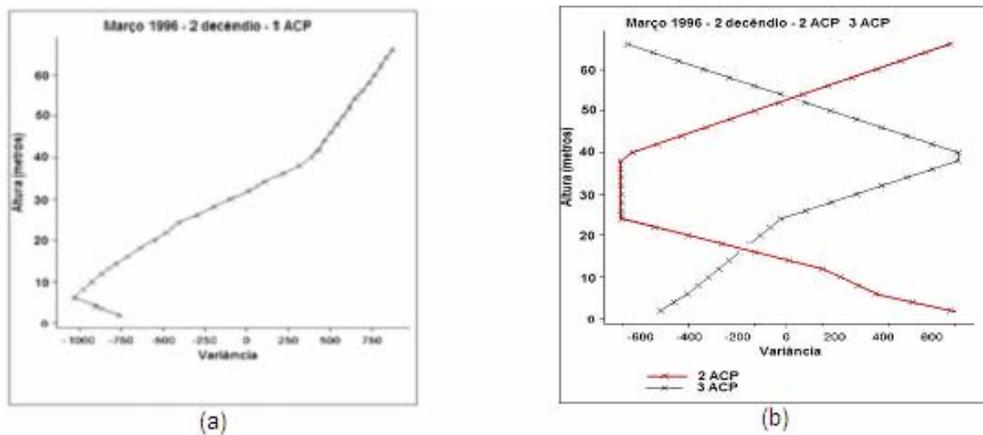


Figura 4.16 – Variância da ACP da direção do vento do 2º decêndio do mês de março 1996.

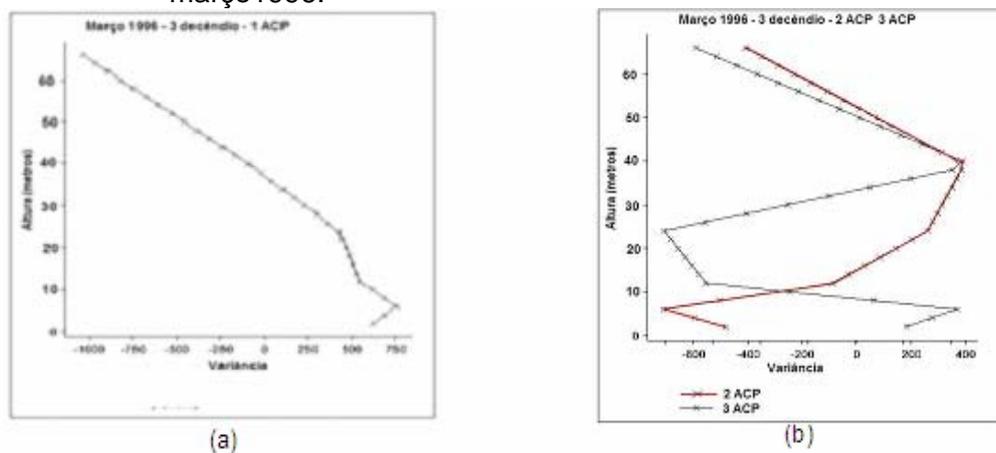


Figura 4.17 – Variância da ACP da direção do vento do 3º decêndio do mês de março 1996.

Esta mesma abordagem de análise das componentes por decêndio também foi realizada para os outros anos (1997, 1998 e 1999) e são apresentadas nas Figuras C.1 a C.3 do Apêndice C.

Na Tabela 4.9 tem-se um sumário das alturas observadas em que ocorrem as maiores variâncias nas componentes (2ACP e 3ACP) da direção do vento. Pode-se observar que as maiores variâncias ocorrem mais comumente na altura de 12, 24 e 38 m. Desta forma, supõem-se que tais alturas estejam associadas às características da estabilidade da atmosfera. Para uma melhor análise e detalhamento das alturas encontradas seria necessário um conjunto de dados mais apropriado, coletados por equipamento tal como o SODAR (*Sound Detection and Ranging*).

Tabela 4.9 – Alturas (m) das variâncias 2ACP e 3ACP.

	1º decêndio		2º decêndio		3º decêndio	
	2ACP	3ACP	2ACP	3ACP	2ACP	3ACP
1996	38	24	24	38	38	16
1997	42	24	38	24	38	12
1998	12	12	38	12	38	12
1999	12	12	12	12	24	24

As maiores variâncias observadas nas componentes 2ACP e 3ACP para o período de 1996-1999 podem estar relacionadas a processos físicos que atuam na região com menor frequência, tais como: LI; SF's e ZCAS e ao posicionamento da ZCIT.

Os principais sistemas que atuaram no ano 1997 foram LI, SF e a ZCIT; para os anos 1998 e 1999, a LI e a ZCIT que atuaram em conjunto nos dias 01, 04, 13, 14 e 20; e nos dias 05, 08, 11, 12, 21 e 25 de 1999 (CLIMANÁLISE, 1997; 1998; 1999).

A Tabela 4.10 mostra os percentuais das ACP para o mês de setembro. Pode-se observar que as três componentes (1ACP, 2ACP, 3ACP) da direção do vento e da velocidade explicam 100% da variância total. Esta variância está associada aos processos físicos mais frequentes atuantes na região na época seca (BM e confluência dos ventos alíseos).

Nas Figuras 4.18 a 4.20 mostram-se os perfis de variância obtidos pela análise das componentes. Na época seca (setembro) os processos físicos predominantes são os ventos alíseos e o mecanismo térmico (brisa). O gradiente térmico pode denotar que a maior parte da variância da velocidade do vento está associada, não havendo variância significativa nos perfis verticais do vento.

Observa-se (Tabela 4.10) que a 1ACP representa mais de 88% da variância total da direção do vento e mais de 97% da variância total da velocidade do vento estando associado aos processos físicos mais frequentes, tais como a

BM e os ventos alíseos, indicando a homogeneidade na estrutura do vento em setembro.

Tabela 4.10 – Percentual das ACP por decêndios para o mês de setembro.

Percentual das ACP da Direção do Vento - Set de 1996 a 1999						Percentual das ACP da Velocidade do Vento - Set de 1996 a 1999				
		1 ACP	2 ACP	3 ACP		1 ACP	2 ACP	3 ACP		
1 decêndio	set/96	93%	5%	2%	100%	1 decêndio	93%	5%	2%	100%
2 decêndio	set/96	95%	4%	1%	100%	2 decêndio	94%	4%	1%	100%
3 decêndio	set/96	63%	24%	11%	98%	3 decêndio	91%	8%	1%	100%
	média	83%	11%	5%			93%	6%	1%	
1 decêndio	set/97	87%	8%	4%	99%	1 decêndio	97%	2%	1%	100%
2 decêndio	set/97	90%	6%	3%	99%	2 decêndio	97%	2%	1%	100%
3 decêndio	set/97	85%	9%	5%	99%	3 decêndio	97%	2%	0%	100%
	média	87%	8%	4%			97%	2%	1%	
1 decêndio	set/98	98%	2%	0%	100%	1 decêndio	98%	2%	0%	100%
2 decêndio	set/98	99%	0%	0%	100%	2 decêndio	98%	2%	0%	100%
3 decêndio	set/98	99%	1%	0%	100%	3 decêndio	99%	1%	0%	100%
	média	99%	1%	0%			98%	1%	0%	
1 decêndio	set/99	81%	10%	8%	99%	1 decêndio	98%	2%	0%	100%
2 decêndio	set/99	76%	15%	7%	98%	2 decêndio	98%	2%	0%	100%
3 decêndio	set/99	72%	20%	7%	99%	3 decêndio	97%	2%	0%	100%
	média	76%	15%	7%			98%	2%	0%	

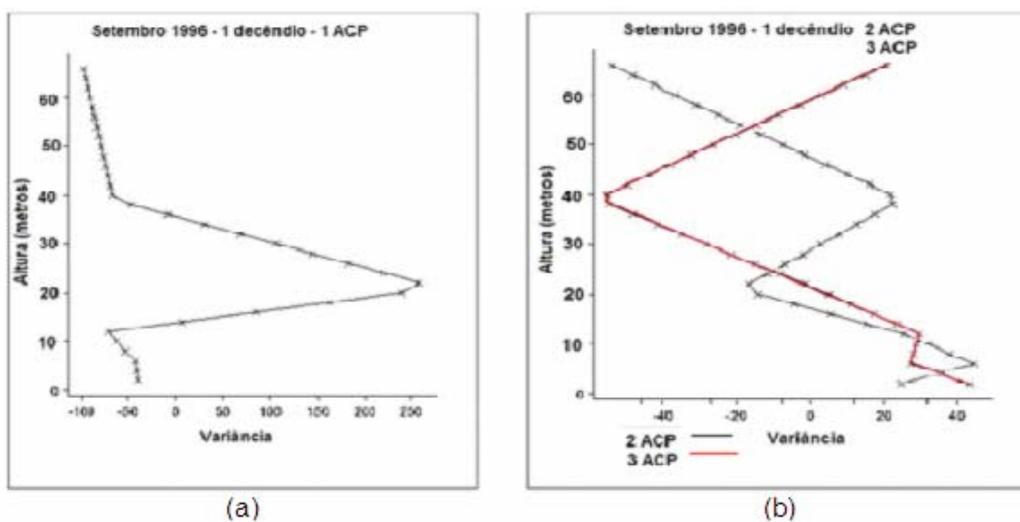
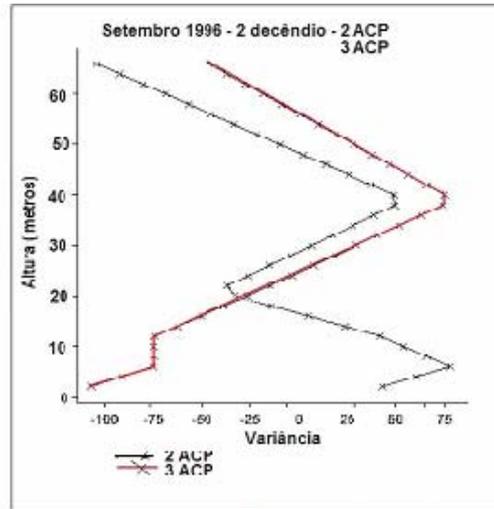


Figura 4.18 – Variância da ACP da direção do vento do 1º decêndio do mês de setembro 1996.

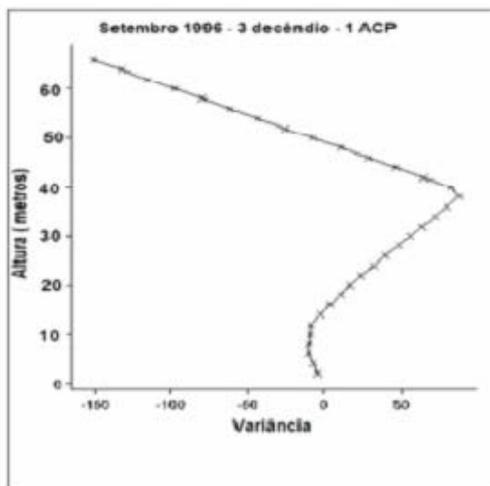


(a)

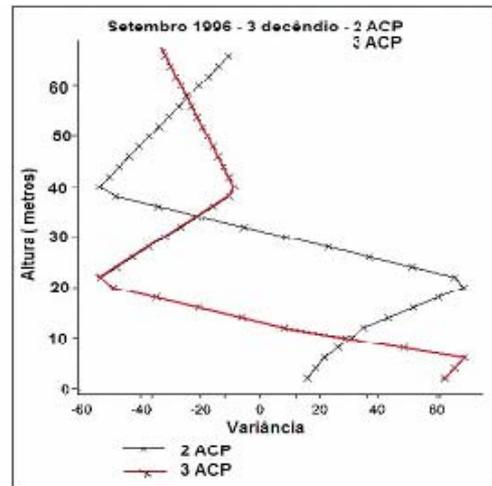


(b)

Figura 4.19 – Variância da ACP da direção do vento do 2º decêndio do mês de setembro 1996.



(a)



(b)

Figura 4.20 – Variância da ACP da direção do vento do 3º decêndio do mês de setembro 1996.

Considerando que as maiores variâncias do perfil do vento são observadas na direção do vento, buscou-se analisar os perfis verticais da direção do vento obtidos pela 2ACP e 3ACP e assim identificar os principais processos que dão origem as variações observadas nas predominâncias do perfil vertical do vento. Portanto, utilizou-se para a análise a Rosa dos Ventos.

A análise das Tabelas 4.11 e 4.12 mostram os percentuais obtidos para o 2º decêndio de março de 1999 da direção e da velocidade do vento, visando analisar o ciclo diário. Foram considerados quatro intervalos de tempo, a saber: entre 00 e 06 HL, 07 e 12 HL, 13 e 18 HL e 19 e 24 HL. Na Tabela 4.11

observa-se no período 00/06 e 07/12 a 1ACP da direção do vento percentual próximo a 60% da variância dos dados, e a 2ACP e 3ACP percentuais médios de 25% e 10%, respectivamente, os quais estão associados a atuação da ZCIT e de outros sistemas menos frequentes, tais como LI. Para o período 13/18 (vespertino) e 19/24 (noite) observa-se percentual maior para 1ACP (65% e 71% respectivamente) associado a predomínio da ZCIT, sistema atmosférico característico na região. Os percentuais observados para a 2ACP e 3ACP indicam que os demais sistemas apresentaram menores influencia nas variações na direção do perfil do vento. A análise da componente da velocidade a 1ACP no período 00/06 e 07/12 mostra percentual de 87% indicando variação no perfil vertical do vento, o qual esta associado a atividade convectiva dos sistemas que atuam com menor frequência no CLA.

Na análise da Tabela 4.12 observa-se na 1ACP da direção do vento percentual médio da variância de 86% indicando o predomínio da BM e ventos alísios. Praticamente não há variação na direção do vento, indicando que o vento é sempre da mesma direção (ou seja, do oceano para o continente).

Tabela 4.11 – Percentual das ACP da direção e da velocidade do vento 2º decêndio de março de 1999 – horário.

Percentual das ACP da Direção do Vento - 2 decêndio mar 99					Percentual das ACP da Velocidade do Vento - 2 decêndio mar 99						
Hora		1 ACP	2 ACP	3 ACP	Hora		1 ACP	2 ACP	3 ACP		
00 / 06	noite	60%	27%	9%	96%	00 / 06	noite	87%	12%	1%	100%
07 / 12	dia/m	62%	24%	12%	98%	07 / 12	dia/m	87%	12%	1%	100%
13 / 18	dia/v	65%	19%	9%	93%	13 / 18	dia/v	97%	2%	1%	100%
19 / 24	noite	71%	15%	9%	95%	19 / 24	noite	95%	4%	1%	100%
	média	65%	21%	10%				92%	8%	1%	

Tabela 4.12 – Percentual das ACP da direção e da velocidade do vento 2º decêndio de setembro de 1999 – horário.

Percentual das ACP da Direção do Vento - 1 decêndio set 99					Percentual das ACP da Velocidade do Vento - 1 decêndio set 99						
Hora		1 ACP	2 ACP	3 ACP	Hora		1 ACP	2 ACP	3 ACP		
00 / 06	noite	86%	8%	6%	100%	00 / 06	noite	98%	2%	0%	100%
07 / 12	dia/m	94%	4%	1%	99%	07 / 12	dia/m	98%	2%	0%	100%
13 / 18	dia/v	80%	13%	6%	99%	13 / 18	dia/v	97%	2%	0%	99%
19 / 24	noite	84%	9%	5%	98%	19 / 24	noite	97%	3%	0%	100%
	média	86%	9%	5%				98%	2%	0%	

A Tabela 4.13 mostra os valores de precipitação no CLA no 2º decêndio de março de 1999. Observa-se, na tabela, que os eventos de precipitação foram mais frequentes entre 00:00 e 11:00 HL, associando a atividades de sistemas menos frequentes atuando na região. No decêndio registrou-se precipitação acumulada de 295,8 mm no CLA.

Tabela 4.13 – Precipitação diária 2º decêndio de março 99.

dia	horário	prp (mm)
14	00 / 09	24,1
15	00 / 02	2,7
	14 / 16	12,1
16	00 / 08	24,3
	13 / 14	5,8
17	00 / 09	13,3
18	00 / 09	35,7
19	00 / 11	43,4
20	00 / 05	36,0

4.2.1. Análise das frequências da direção do vento associadas a 2ACP e 3ACP

Nas Figuras de 4.21 a 4.23 estão representadas as imagens do satélite GOES 8 exemplificando-se alguns dos sistemas meteorológicos e as frequências da direção do vento das Componentes Principais 2ACP e 3 ACP para os decêndios de março. Nestas figuras é possível observar as predominâncias da direção do vento considerando, primeiramente, para todos os perfis determinados na análise da 2ACP e 3ACP, e após apenas nos perfis filtrados (item 3.2.2).

Na análise do 1º decêndio - março 96 (Figura 4.22), considerando todos os perfis determinados pela análise da 2ACP e 3ACP, observa-se que a predominância da direção do vento é de NNE e de ENE, respectivamente. Pode-se observar também uma pequena frequência na direção SSE/SE. Considerando-se os perfis do 1º decêndio filtrados, observa-se que a predominância da direção do vento é de N na 2ACP e na 3ACP e também se pode observar uma pequena ocorrência de SSE para na 3ACP. Estas predominâncias na direção do vento observadas nos perfis filtrados podem

estar associadas a sistemas convectivos, tais como as Linhas de Instabilidades ou CB isolados que atuam na região do CLA, os quais podem ser identificadas na Figura 4.21. O total de precipitação acumulada no 1º decêndio foi de 107,1 mm (CLIMANÁLISE, 1996).

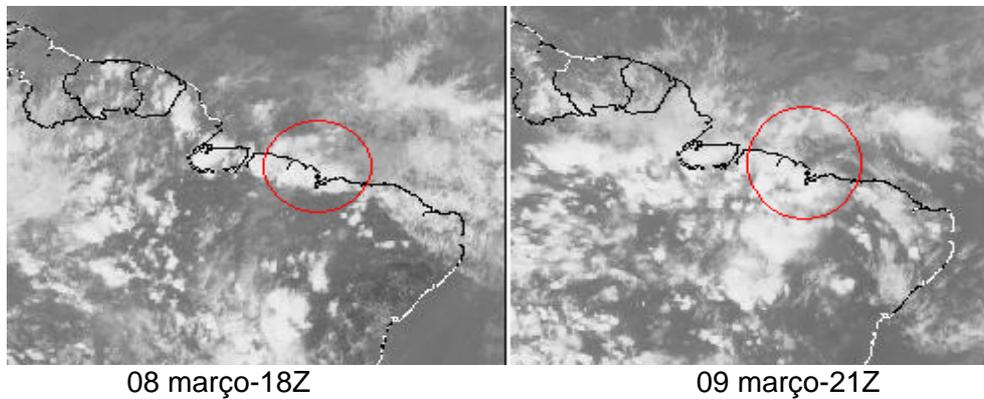


Figura 4.21 - Imagem GOES 8 dos dias 08 e 09 de março de 1996.

Para o 2º e 3º decêndios (Figuras 4.23 e 4.24) as mesmas frequências na direção do vento são observadas, embora com pequenas variações. Pode-se observar nos perfis filtrados que a componente predominante é de Norte, com pequenas ocorrências de W e SE no 2º decêndio e NE e W no 3º decêndio na 2ACP e 3ACP, respectivamente. Estas podem ser associadas às atividades convectivas das linhas de instabilidade a qual pode ser observada na Figura 4.25, o total de precipitação acumulada no 2º decêndio foi de 135,4 mm para a localidade de São Luiz - MA (dados do ICEA).

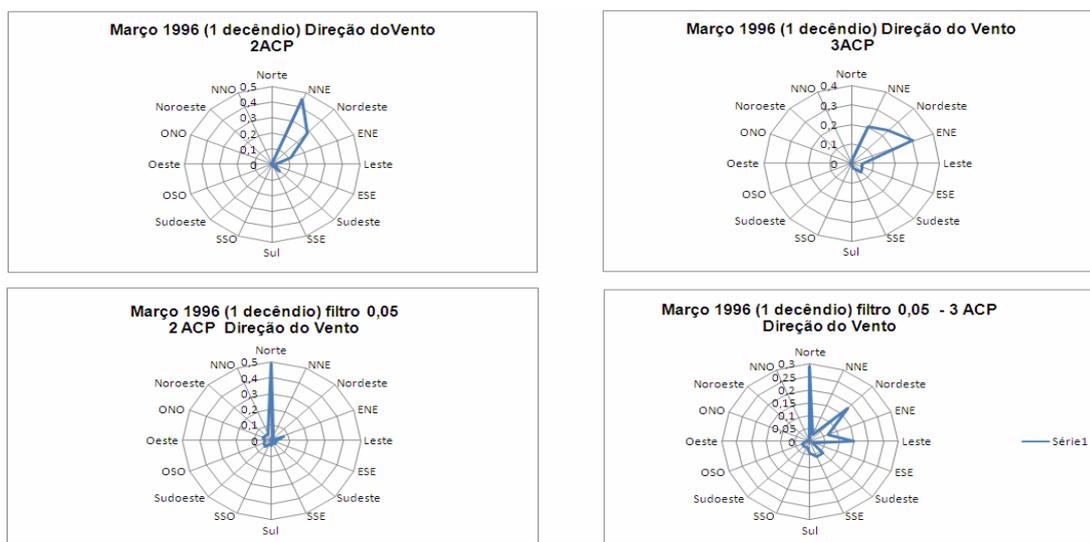


Figura 4.22 - Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 1º decêndio do mês de março 1996.

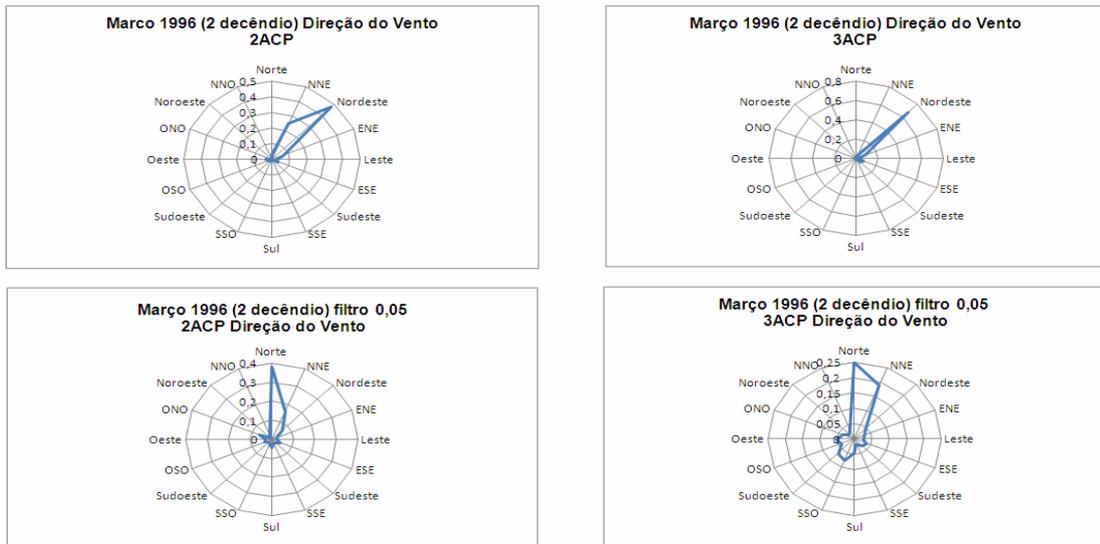


Figura 4.23 – Frequência direção do vento 2ACP e 3 ACP do 2º decêndio do mês de março 1996.

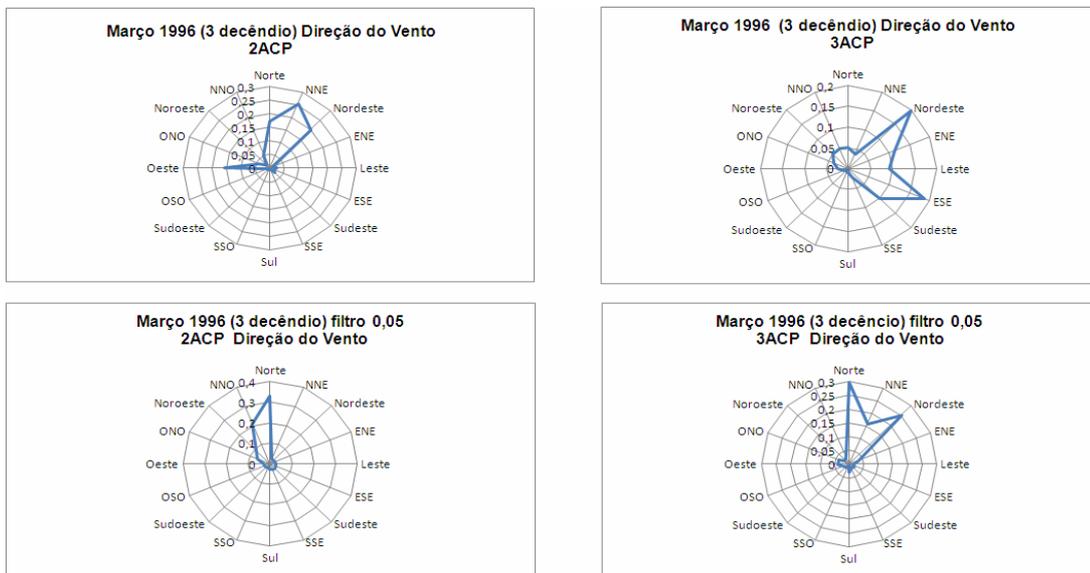


Figura 4.24 – Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 3º decêndio do mês de março 1996.

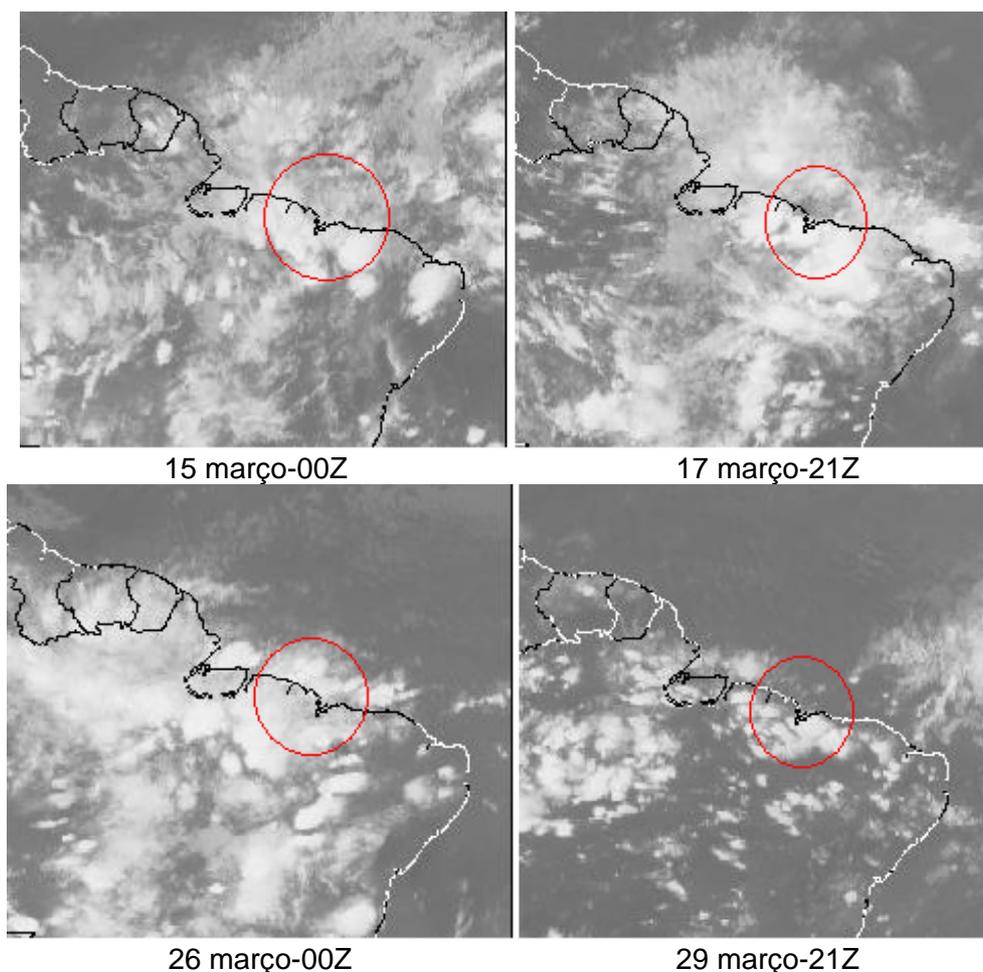


Figura 4.25 – Imagem Satélite GOES 8 dos dias 15/17/26/29 de março de 1996.

A Figura 4.26 mostra a frequência da direção do vento para março 1996, onde pode-se observar que a direção predominante é de N. Tal direção está associada aos processos convectivos de escala sinótica que atuaram na região, já identificados na análise realizada por decêndio.



Figura 4.26 - Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do mês de março 1996.

A Figura 4.27 mostra a predominância da direção do vento no 1º decêndio de março 1996, nas alturas em que ocorrem as maiores variâncias verificada na

análise das componentes. Observa-se que na altura de 24 m da 2ACP e na altura de 38 m da 3ACP, a predominância é N com percentual de ocorrência de 60%, indicando mudança no perfil característico da direção do vento, associado às atividades convectivas dos sistemas de meso escala ou de células isoladas atuantes na região do CLA.

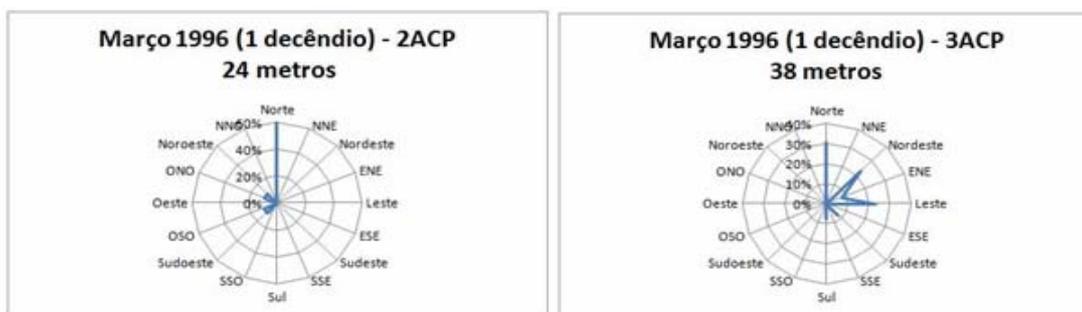


Figura 4.27 – Frequência da direção do vento 2ACP e 3ACP do 1º decêndio do mês de março 1996, na altura de maior variância.

As Figuras 4.28 a 4.29 mostram a predominância da direção do vento por decêndio de março 1997. Na análise do ano 1997 observa-se que a direção NE é representativa nas componentes 2ACP e 3ACP, evidenciando o padrão de fluxo característico da região de estudo. A situação sinótica no período descreve a atuação da ZCIT mais ao norte de sua posição climatológica provocando precipitação acumulada próximos a 401 mm no CLA (Figura A.13). Observou-se também a atuação de dois sistemas frontais frios ao norte de 20° S. A característica climática mais significativa na região do CLA está associada a ZCAS acopladas aos sistemas frontais e a ZCIT que atuaram na região a partir do 2º decêndio (CLIMANÁLISE, 1997).

As análises do 1º e do 3º decêndios de março de 1997 (Figura 4.28 e 4.30) mostram que a predominância da direção do vento é de N (perfis filtrados), evidenciando a atuação dos sistemas de meso escala atuando no CLA. No 2º decêndio (Figura 4.29) mostra que a predominância é de NE, evidenciando o padrão climático atuante na região, associados aos sistemas que atuam com mais frequência na região, por exemplo, ventos alíseos, BM e a ZCIT.

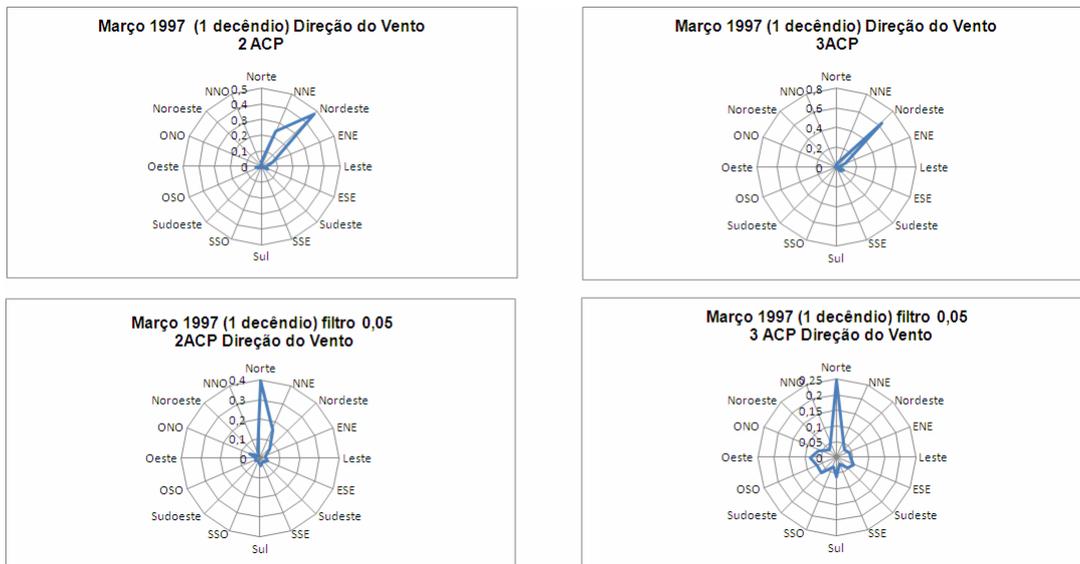


Figura 4.28 – Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP 1º decênio do mês de março 1997.

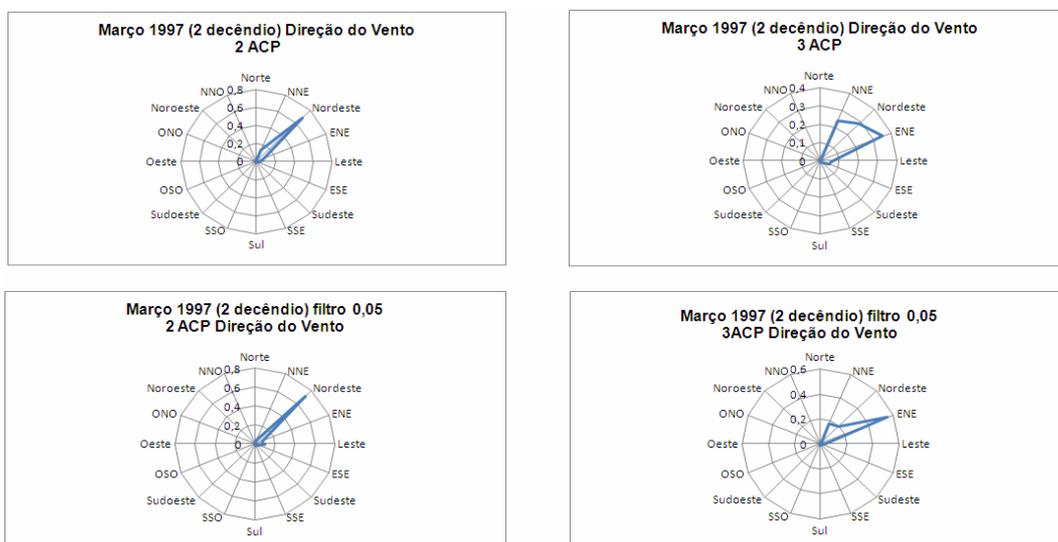


Figura 4.29 – Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 2º decênio do mês de março 1997.

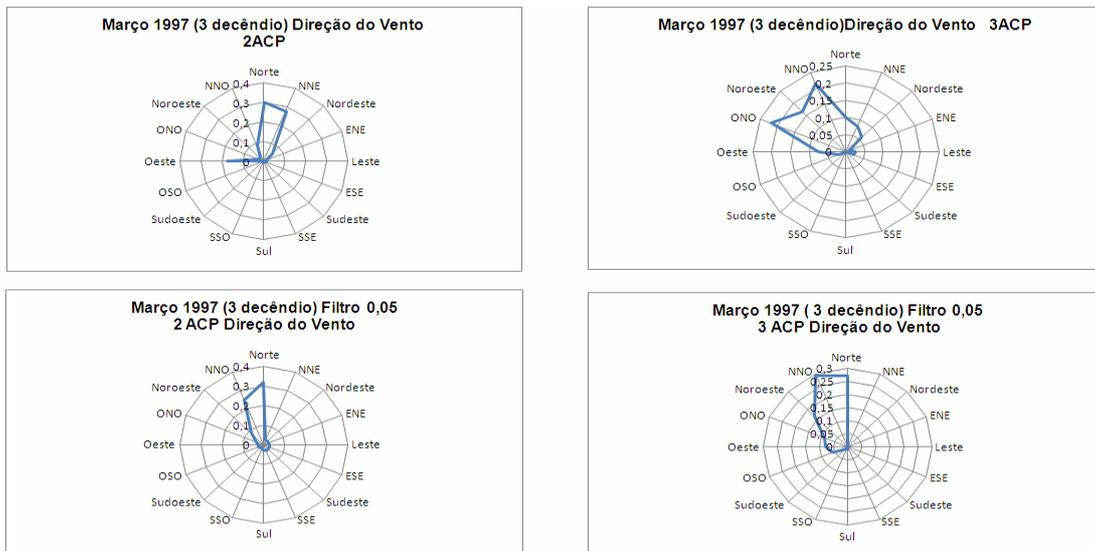


Figura 4.30 - Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 3º decênio do mês de março 1997.

Observa se na Figura 4.31 que na altura 24 m da 2ACP e na altura de 42 m da 3ACP, a predominância do vento é N e NNO, respectivamente, indicando mudança no perfil característico da direção do vento também associado a atividades convectivas dos sistemas sinóticos de meso escala.

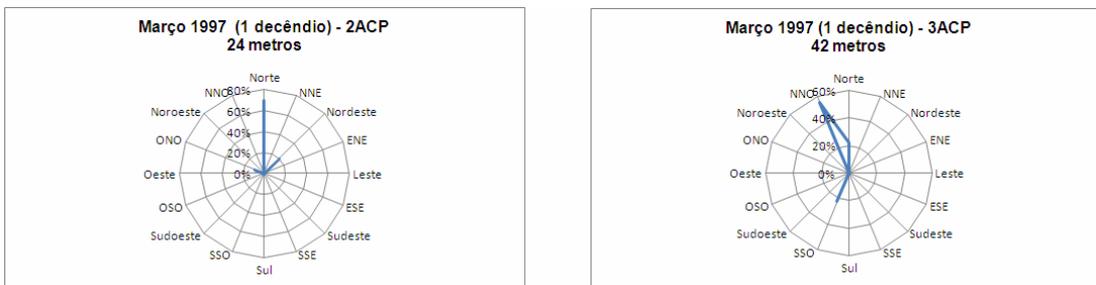


Figura 4.31 – Frequência da direção do vento 2ACP e 3ACP do 1º decênio do mês de março 1997, na altura de maior variância.

A Figura 4.32 mostra as imagens de Satélites GOES 8 e os sistemas atmosféricos mais significativos que atuaram na região do CLA. Pode-se observar a presença de aglomerados sobre a região associados a atividades convectivas de uma linha de instabilidade. A precipitação mensal acumulada no 3º decênio foi de 318,9 mm evidenciando a atividade do sistema (dados obtidos no IAE).

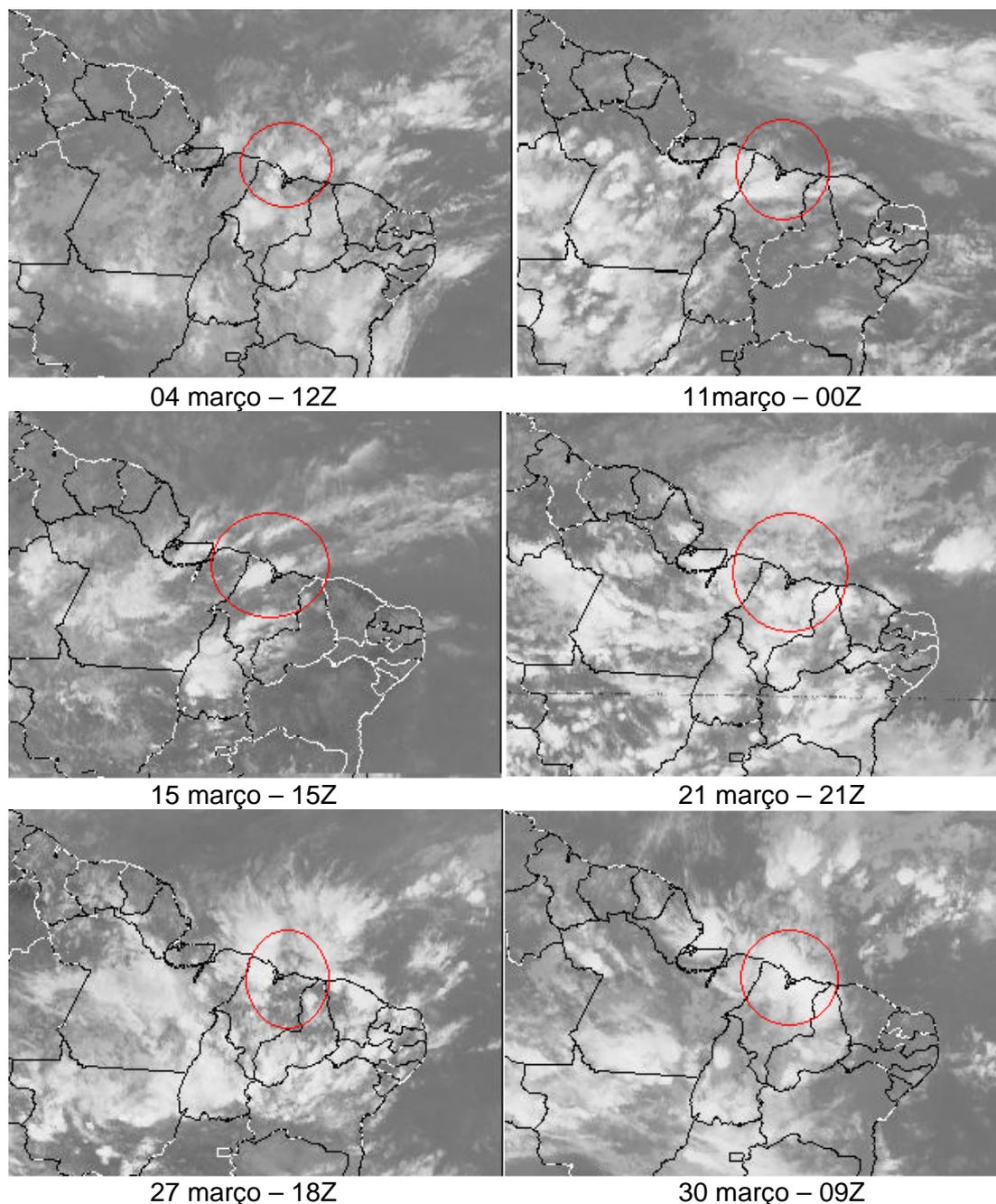


Figura 4.32 – Imagem satélite GOES 8 dos dias 04/11/15/21/27/30 de março 1997.

As Figuras 4.33 a 4.34 mostram as frequências da direção do vento das componentes 2ACP e 3ACP para o mês de março de 1998. No 1º decêndio considerando se todos os perfis (Figura 4.33) mostra a predominância é de ENE e uma segunda predominância é de NE (padrão climático). Na análise dos perfis filtrados observa-se que a 2ACP mantém as predominâncias. A 3ACP com os dados filtrados mostram que a predominância é de NE e a segunda

predominância é de OSO. Estas predominâncias estão associadas a atividades dos sistemas de meso escala observada atuando na região, por exemplo, LI. A característica sinótica mais marcante no período observada foi relativa a localização da ZCIT, a qual esteve mais a norte de sua posição climatológica (CLIMANÁLISE, 1998).

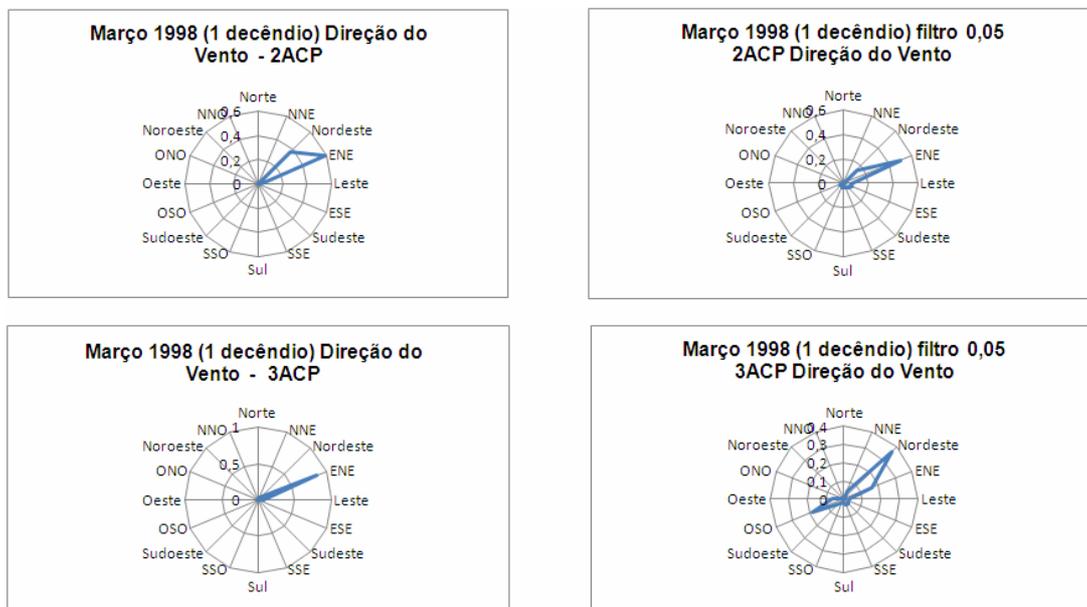


Figura 4.33 - Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 1º decênio do mês de março 1998.

Na análise do 2º e 3º decênio de março 1998 (Figura 4.34 e 4.35) observa-se que a predominância da direção do vento é de NE. Observa-se também na análise dos perfis do 3º decênio que há uma variação muito grande na predominância da direção do vento associado a atuação de vórtice ciclônico e ZCIT que esteve mais a norte de sua posição climática afetando a região oeste do Maranhão. Na região noroeste do Maranhão foram registradas anomalias positivas na precipitação, devido à associação de vórtices ciclônicos e da ZCIT que atuaram no litoral norte do NEB. Foram registradas as atuações de 5 eventos de LI, sendo que três destes eventos apresentaram intensidade moderada a forte e dois com intensidade moderada (CLIMANÁLISE 1998).

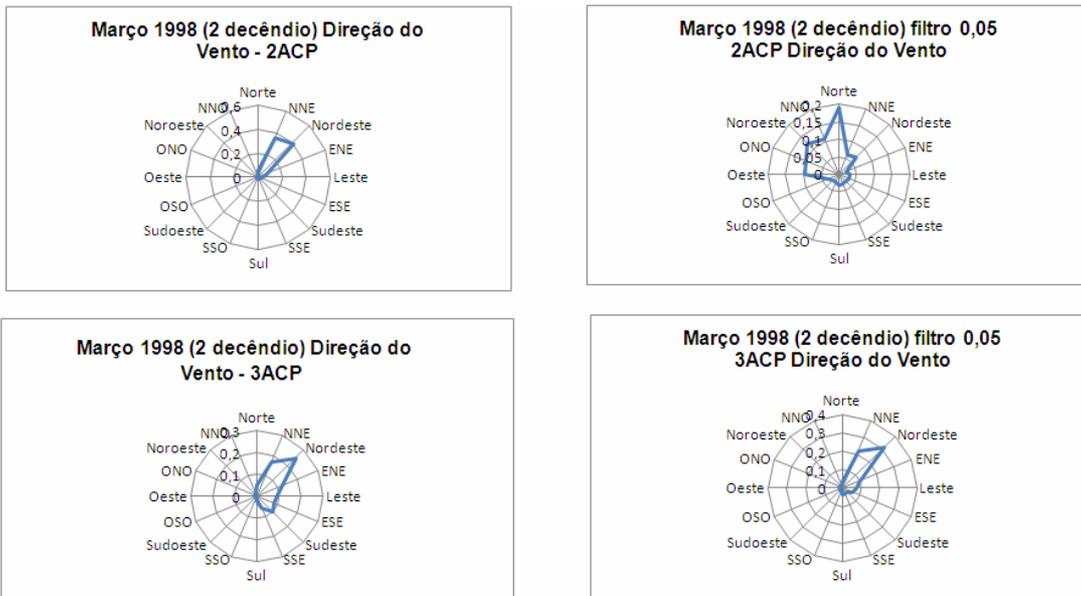


Figura 4.34 - Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 2º decênio do mês de março 1998.

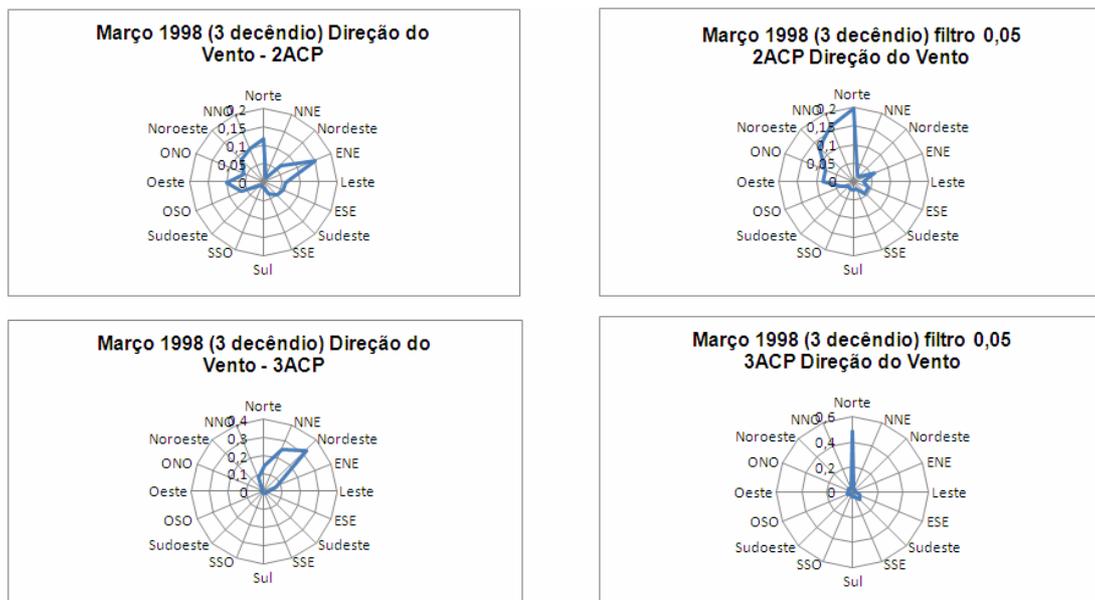


Figura 4.35 - Frequência direção do vento 2ACP e 3ACP do 3º decênio do mês de março 1998.

A Figura 4.36 mostra nas imagens de Satélites GOES 8 os sistemas mais significativos para a região do CLA.

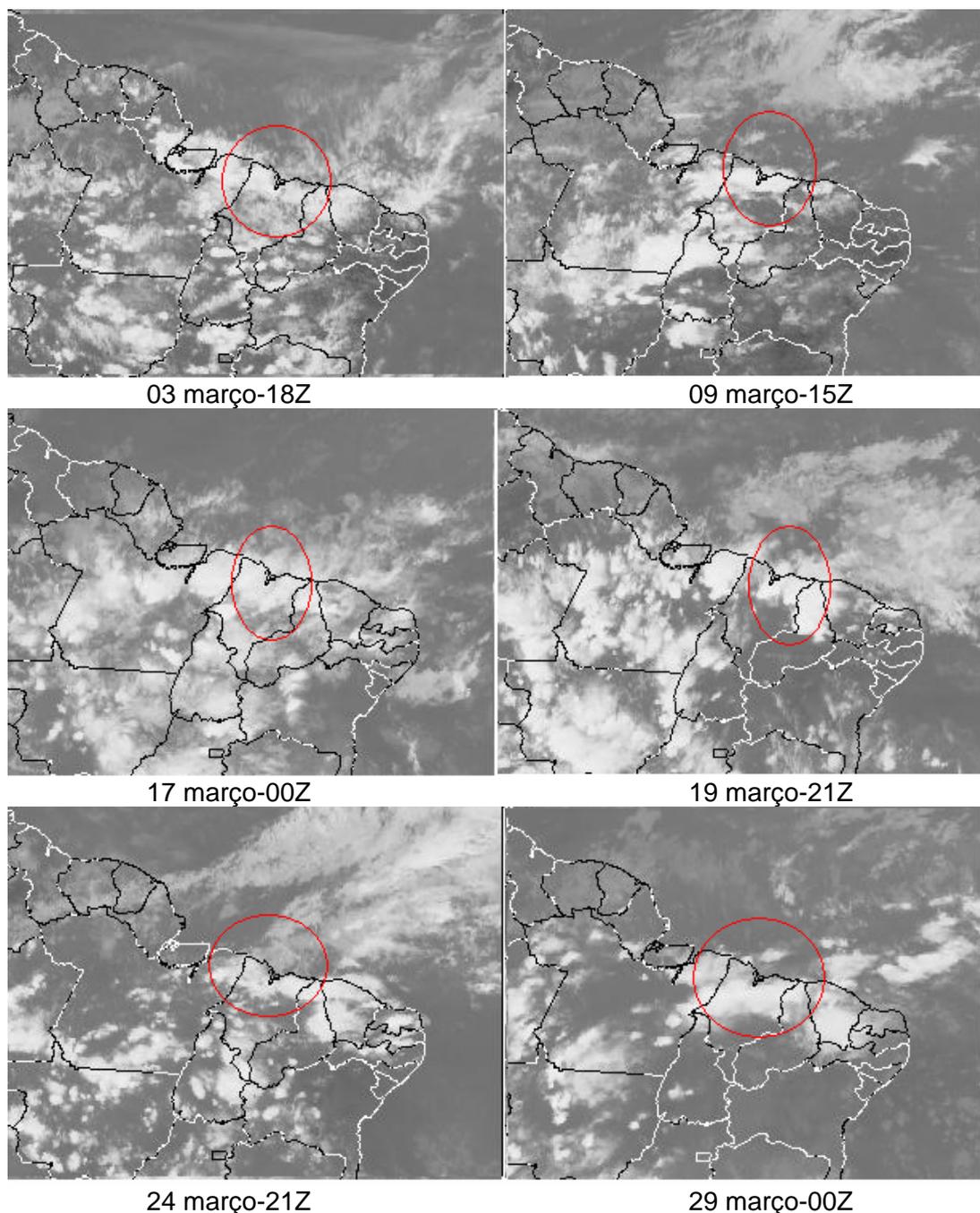


Figura 4.36 - Imagem satélite GOES 8 dos dias 03/09/17/19/24/29 de março/1998.

A Figura 4.37 mostra que a predominância da direção do vento em março de 1999 da 2ACP e 3ACP é de N para os três decêndios. A situação sinótica evidenciada o enfraquecimento dos ventos alísios, com o posicionamento e a atividade da ZCIT entre 2° N e 6° S, sendo que esta se manteve mais ativa sobre a região do Maranhão.

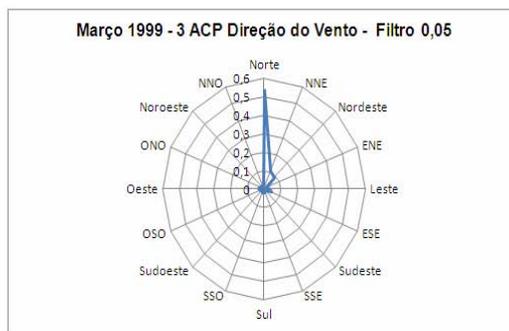
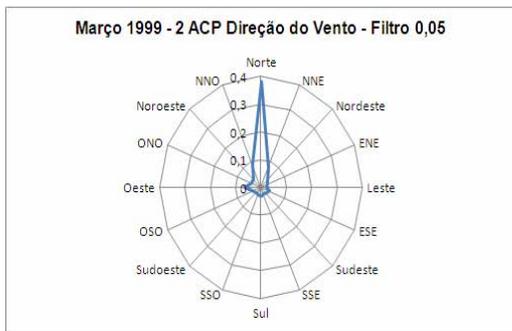


Figura 4.37 – Frequência da direção do vento 2ACP e 3ACP do mês de março 1999.

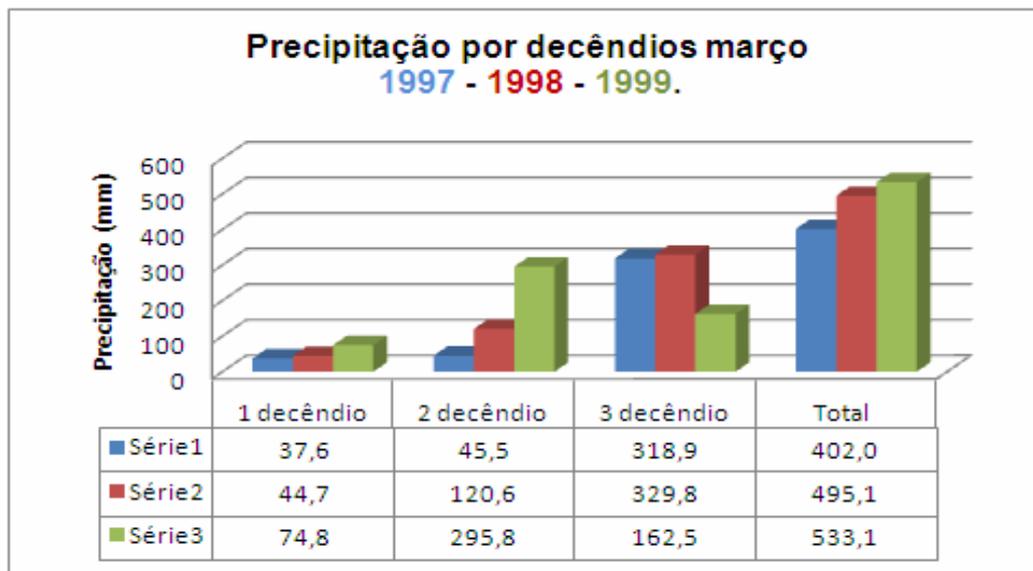


Figura 4.38 – Precipitação por decêndios de março 1997-1998-1999.

Para o mês de setembro a análise mostra que a predominância da direção do vento na região é de NE para a 2ACP com 80% e para a 3ACP com 65%. Observa-se, ainda, para 3ACP uma segunda predominância ENE com 25%. Evidencia-se que a estrutura vertical do vento durante a época seca não apresenta modificações significativas daquelas já observadas no período das chuvas.

Na Figura 4.39 observa-se a frequência da direção do vento para o mês de setembro, considerando as componentes filtradas, o predomínio do padrão climatológico da direção do vento na região do CLA, como sendo a direção do vento de NE a primeira predominância e de ENE na segunda predominância (REUTER, 2002; ROBALLO, 2007).

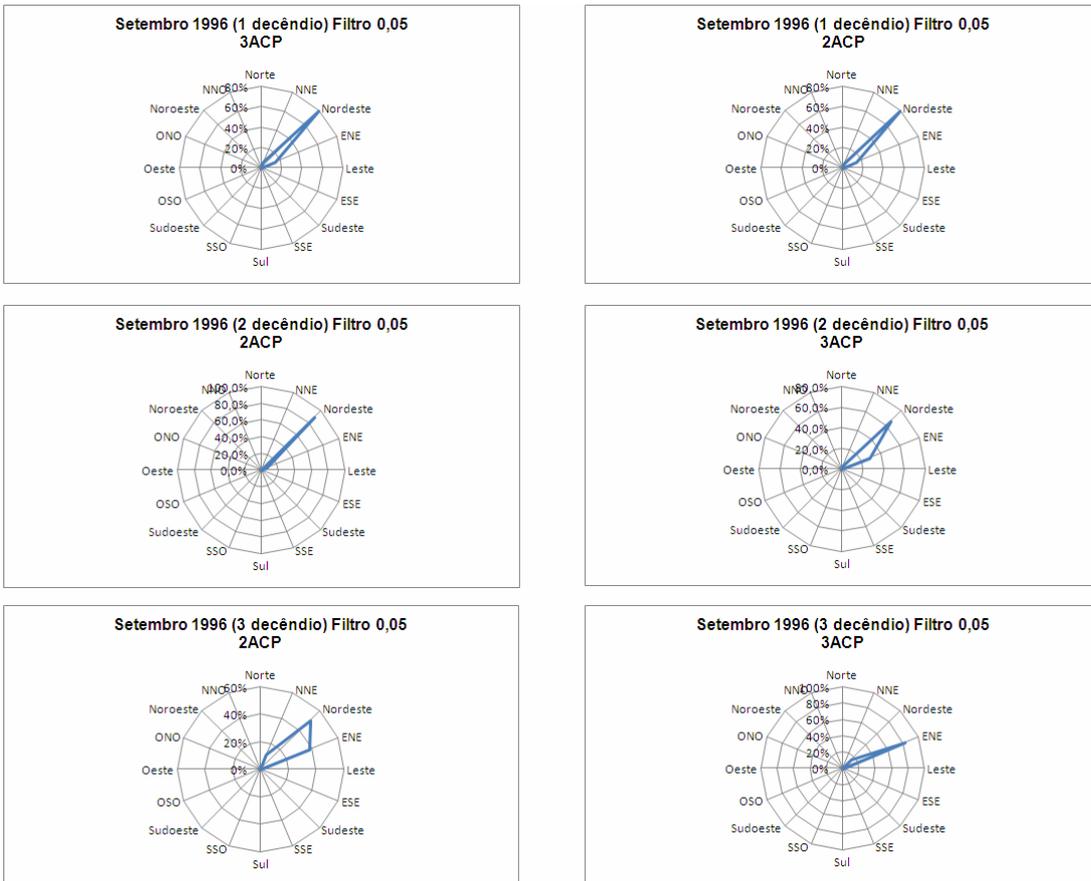


Figura 4.39 - Frequência da direção do vento da 2ACP e 3ACP por decêndios do mês de setembro 1996.

5. ESTUDO DE CASO: ESTAÇÃO CHUVOSA DE 2005

Com o objetivo de complementar as análises realizadas com os dados de 1996 a 1999, e visando identificar os sistemas atmosféricos que produzem as variações no perfil vertical do vento no CLA, foi feito um estudo mais detalhado para o mês de março de 2005, típico da época chuvosa.

Barros (2008) mostrou que para o março de 2005, os eventos de precipitação no CLA estão associados à ZCIT isoladamente, ZCIT associado a LI ou associado a SCM e a sistemas isolados, tais como, LI e SCM. Neste estudo constatou-se que os fatores de grande escala interagem com os fatores de escala menores, sendo que o principal causador da precipitação no CLA é a ZCIT, correspondendo a mais da metade dos eventos. Estes resultados concordam com a descrição climatológica realizada por Molion e Bernardo (2002) para a região Norte e NE.

A Figura 5.1 mostra a predominância da direção do vento para o mês de março de 2005, considerados todos os níveis da TA. Os mesmos percentuais são encontrados na análise realizada para o período de 1996 – 1999, demonstrando que as predominâncias estão de acordo como os valores climatológicos da região, conforme mostrados na seção 4.1.1.

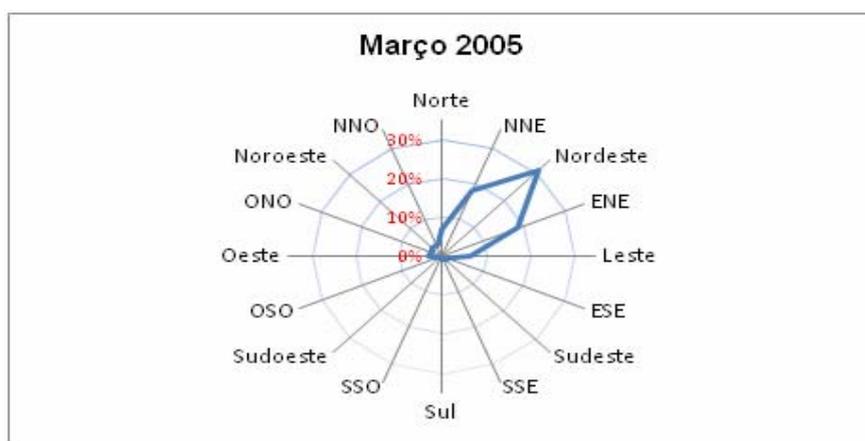


Figura 5.1 – Frequência da direção do vento para o mês de março 2005.

Observa-se (Tabela 5.1) que a moda da direção nos níveis caracteriza a predominância climatológica de Nordeste (41%). A média da velocidade do

vento varia entre 3,4 e 5,5 ms^{-1} , nos vários níveis. A média mensal da velocidade é de 4,1 ms^{-1} com desvio padrão de 2,0 ms^{-1} , mediana de 3,9 ms^{-1} . Observa-se, ainda, que em março 2005, os valores estatísticos calculados são semelhantes aos determinados para o período de 1996-1999, não havendo variação significativa.

A Figura 5.2 mostra o vetor médio do vento para o mês de março 2005. Observa-se que a direção é de leste / nordeste com velocidade entre 4,0 e 5,0 ms^{-1} , estando restrito a faixa litorânea, sendo que sobre o continente a velocidade do vento esta entre 2,0 e 3,0 ms^{-1} .

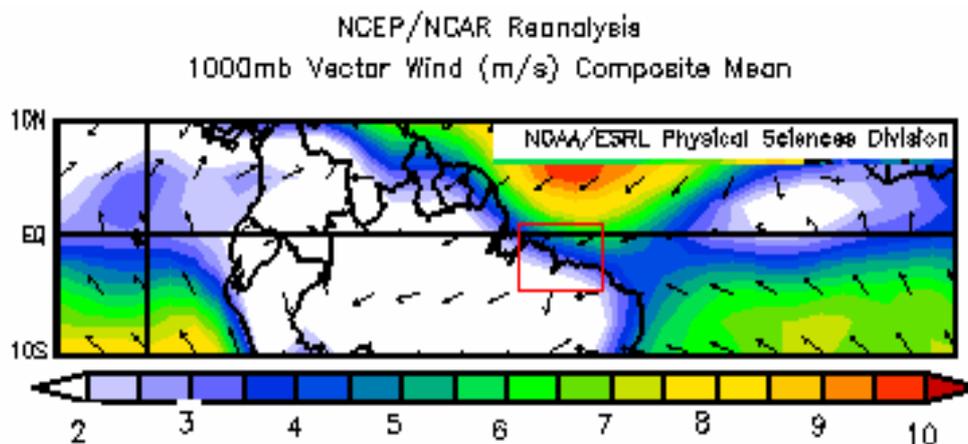


Figura 5.2 - Reanálise do vetor médio do vento mês de março 2005 (ms^{-1}).

Tabela 5.1 – Moda da direção ($^{\circ}$), Média e Desvio Padrão da velocidade do vento (ms^{-1}).

	MARÇO 2005		
	MODA	MEDIA	DP
NIV 2	43	3,4	1,5
NIV 3	41	3,9	1,7
NIV 4	34	4,4	1,9
NIV 5	41	4,7	2
NIV 6	33	5,5	2,3

Na Figura 5.3 observa-se a posição média da ZCIT no mês de março 2005. A análise mostra que a ZCIT esteve mais atuante ao norte de sua posição climatológica, o que favoreceu a formação de nebulosidade entre o litoral do estado do Amapá e o Maranhão. Foram registrada atuação de vórtices ciclônico sobre o NEB durante a primeira quinzena do mês (CLIMÁNALISE, 2005), sendo que na segunda quinzena, a ZCIT favoreceu a atuação de linhas

de instabilidade na costa norte do Brasil. No período de 14 a 20 de março o posicionamento mais ao sul do VCAN possibilitou o deslocamento meridional da ZCIT favorecendo o aumento da atividade convectiva na região do CLA (Figura 5.4). Durante o mês foi registradas a atuação de linhas de instabilidade com intensidade fraca em função dos VCAN (CLIMANÁLISE, 2005).

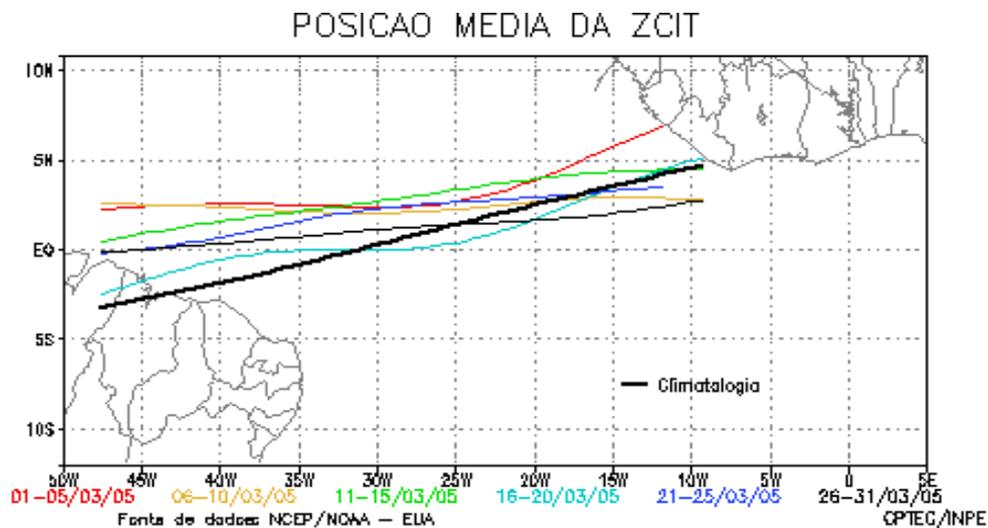


Figura 5.3 – Posição média estimada da ZCIT - Março 2005.

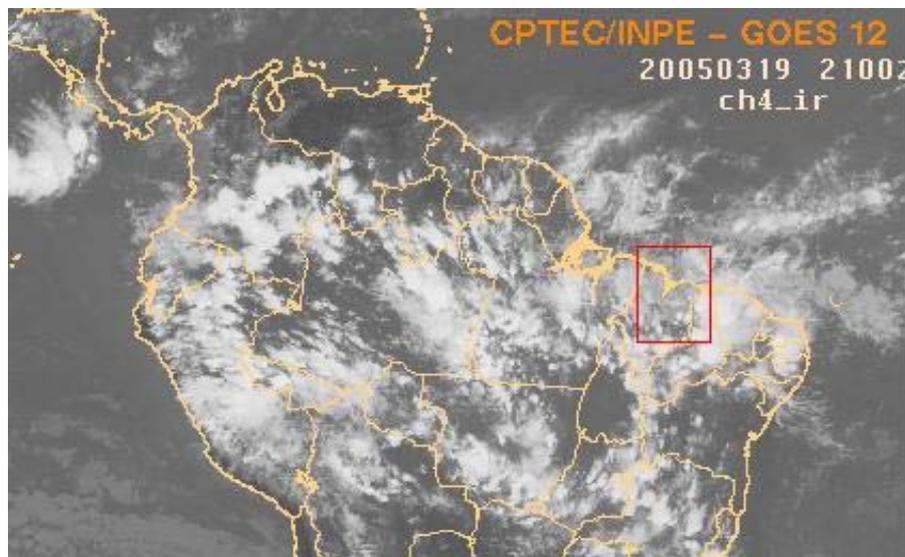


Figura 5.4 – Imagem do satélite GOES 12 do dia 19 de março 2005.

Na Figura 5.5 tem-se o total diário de precipitação no CLA para o mês de março 2005. Pode-se verificar que no 1º decêndio o total de precipitação é nulo, para o 2º decêndio o total foi de 120,2 mm, sendo que no dia 19 registrou acumulado de 44 mm e no 3º decêndio o total de precipitação foi de 168,1 mm.

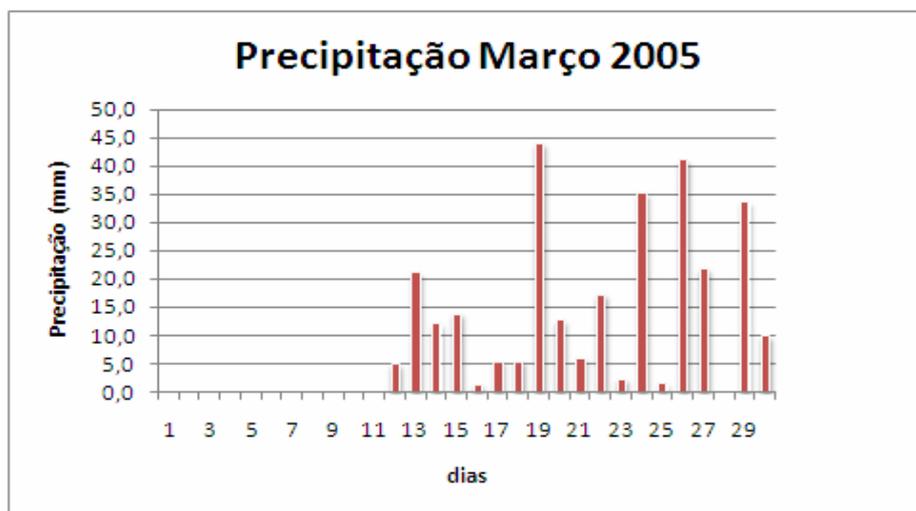


Figura 5.5 – Precipitação diária acumulada - março 2005 (mm).

No estudo da ACP da velocidade do vento (Tabela 5.2), observa-se que não há variações significativas, ou seja, 97% da variância total são representadas pelas três primeiras componentes, a qual pode-se associar aos processos físicos freqüentes na região, por exemplo, a BM e a confluência dos ventos alíseos.

Ainda na Tabela 5.2, a 1ACP da direção do vento representa mais de 70%, em média, da variância total, a qual pode-se associar aos processos físicos que atuam com mais freqüência na região do CLA, tais como a BM, ventos alíseos e a ZCIT. Para a 2ACP foi de 18%, em média, da variância total e para a 3ACP 10% da variância total, as quais estão associadas aos processos físicos de menor freqüência que atuaram na região, tais como LI e as variações no posicionamento da ZCIT.

A Tabela 5.2 mostra, também, que a 1ACP do 1º decêndio representa 98% da variância total da direção do vento representando que os processos físicos que atuaram com mais freqüência na região podem ser comparados aos processos

que atuam na época seca (setembro), ou seja, houve o predomínio da confluência dos ventos alíseos e da BM. Observa-se ainda que para o 2º e 3º decêndio a 1ACP representam 55% e 58% da variância total, respectivamente, os quais caracterizam as estruturas do perfil predominantes associados aos processos físicos mais freqüentes relacionados ao padrão climatológico da região, tais como, a ZCIT, a BM, e a confluência dos ventos alíseos.

Observa-se, ainda, que no 2º decêndio a 2ACP representa 28% da variância total e a 3ACP representa 14% da variância total. E para o 3º decêndio têm-se 23% da variância total na 2ACP e para a 3ACP 15% da variância total, podendo-se supor que as variâncias na estruturas do perfil vertical do vento podem estar relacionadas a sistemas meteorológicos com menor frequência de ocorrência, tais como a LI e VCAN.

Tabela 5. 2 – Percentual das ACP por decêndio para março de 2005.

ANO 2005	Percentual das ACP da Direção do Vento				Percentual das ACP da Velocidade do Vento			
	1 ACP	2 ACP	3 ACP	Total	1 ACP	2 ACP	3 ACP	Total
1 decêndio	98%	2%	0%	100%	97%	2%	1%	100%
2 decêndio	55%	28%	14%	97%	97%	2%	1%	100%
3 decêndio	58%	23%	15%	96%	96%	3%	1%	100%
média	70%	18%	10%		97%	2%	1%	

Nas Figuras 5.6 a 5.8 são mostradas as variâncias dos perfis verticais da direção do vento nas componentes dos decêndios de março de 2005. Pode-se observar que para o 1º decêndio março 2005 (Figura 5.6), a maior variância da 2ACP e 3ACP ocorre a 12 m. Já para o 2º decêndio (Figura 5.7), a maior variância da 2ACP ocorre a 18 m e a 3ACP 12 m. Para o 3º decêndio (Figura 5.8), observa-se que a maior variância da 2ACP e 3ACP ocorre a 12 m, valores de alturas similares as observadas nos anos de 1996 - 1999.

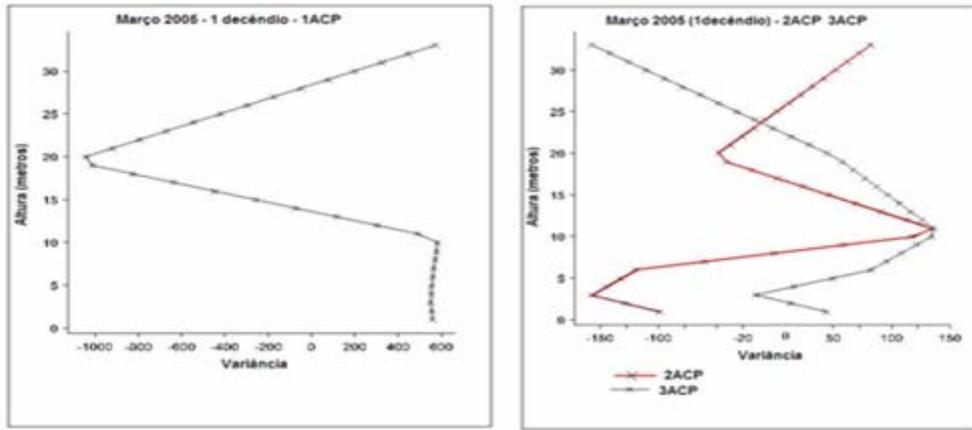
As Figuras 5.9 a 5.12 apresentam imagens de satélite meteorológico GOES 8, nas quais são mostrados alguns dos eventos de LI que atuaram sobre a região do CLA durante o mês de março de 2005. Por outro lado, nas Figuras 5.13 a 5.15 mostram-se as frequências da direção do vento por decêndio do mês de Março nas componentes (2ACP e 3ACP). Pode-se observar que a 2ACP no 1º

decêndio (Figura 5.13) a predominância do vento é de NE (47%), segunda predominância é de NNE (33%) e a terceira predominância de N (20%). Para a 3ACP tem-se que a predominância é de ENE (62%), segunda predominância é de NE e NNE (13%) e a terceira predominância é de E (11%).

Para o 2º decêndio, tem-se para a 2ACP (Figura 5.14) que a predominância é de NNE (16%), a segunda predominância é de NE (13%) e a terceira predominância é de ENE (9%), observa-se, também, que aproximadamente 5% de freqüência de direções variadas com giro de sudeste para sudoeste. E para a 3ACP pode-se observar que a predominância do vento é de N (59%).

Para o 3º decêndio (Figura 5.15) tem-se que a predominância da direção do vento na 2ACP e na 3ACP é de N (33% e 55%, respectivamente). Sendo também observadas outras direções com percentuais menores, aproximadamente 5% dos eventos, dos quadrantes W e E.

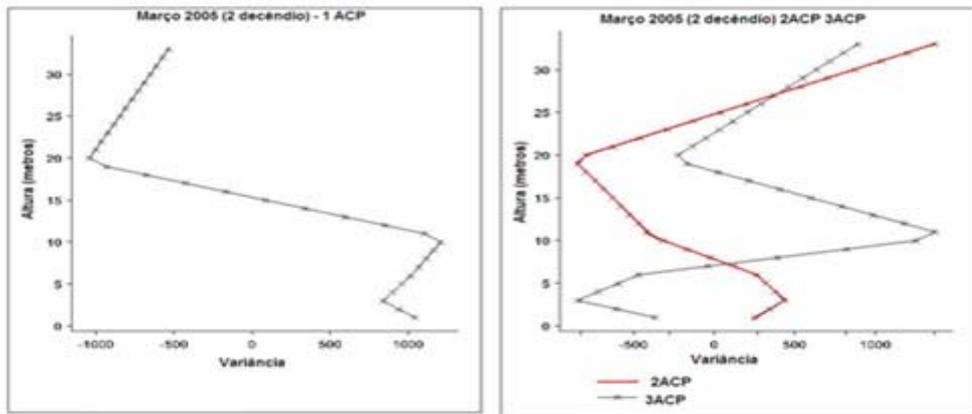
Tais predominâncias observadas na direção do vento em março de 2005 podem estar associadas a atuação de sistemas de grande escala na região e também a atuação de sistemas de meso escala, tais como, as LI's, como o mostrado nas imagens do satélite GOES 12 - 21:00 Z, do dia 11 de março na Figura 5.9 (a); do dia 15 e 18 março na Figura 5.9 (b) e 5.10 (a); e nos dias 24, 25, 26, 27 e 31 nas Figuras 5.10 (b); 5.11(a); 5.11 (b); 5.12 (a) e (b) (CLIMÁNALISE, 2005).



(a)

(b)

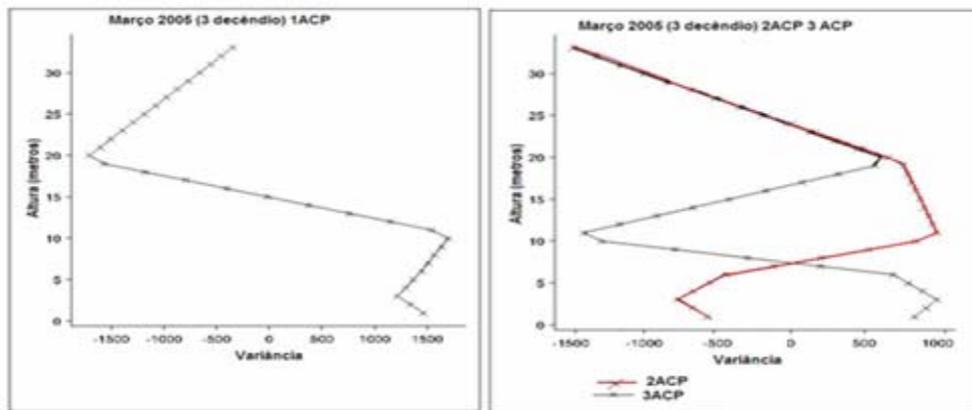
Figura 5.6 - Variância da ACP da direção do vento do 1º decêndio do mês de março 2005.



(a)

(b)

Figura 5.7 - Variância da ACP da direção do vento do 2º decêndio do mês de março 2005.



(a)

(b)

Figura 5.8 - Variância da ACP da direção do vento do 3º decêndio do mês de março 2005.

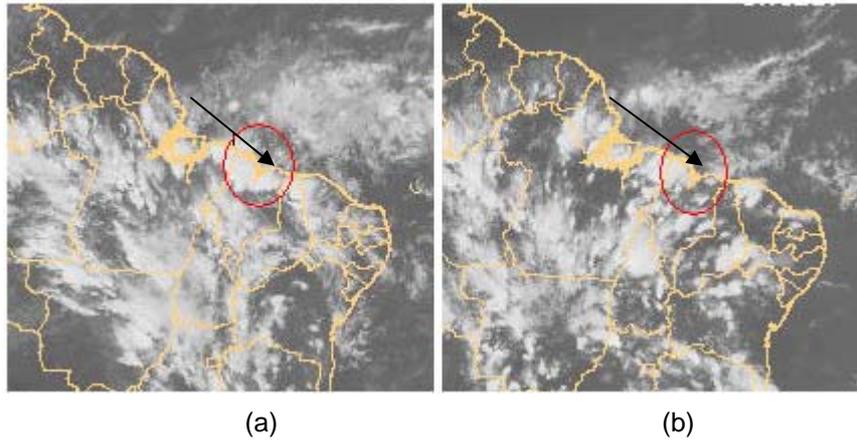


Figura 5.9 – Imagens GOES 12 dos dias 11 e 15 março 2005 - 21:00Z, LI sobre o CLA.

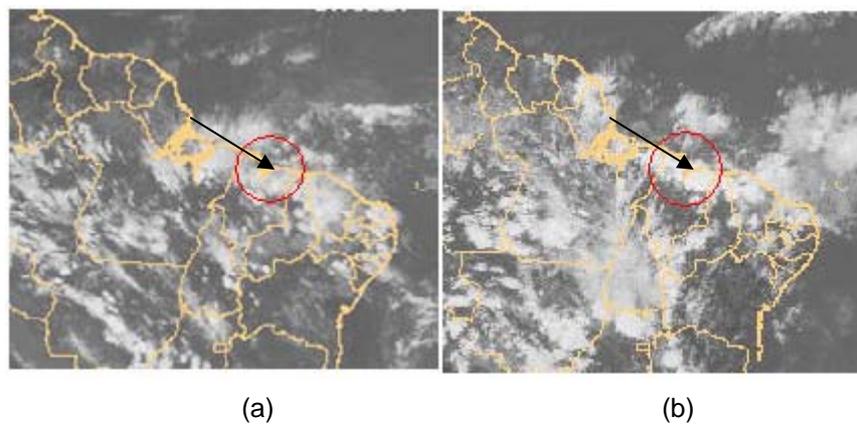


Figura 5.10 – Imagens GOES 12 dos dias 18 e 24 março 2005 – 21:00Z, LI sobre o CLA.

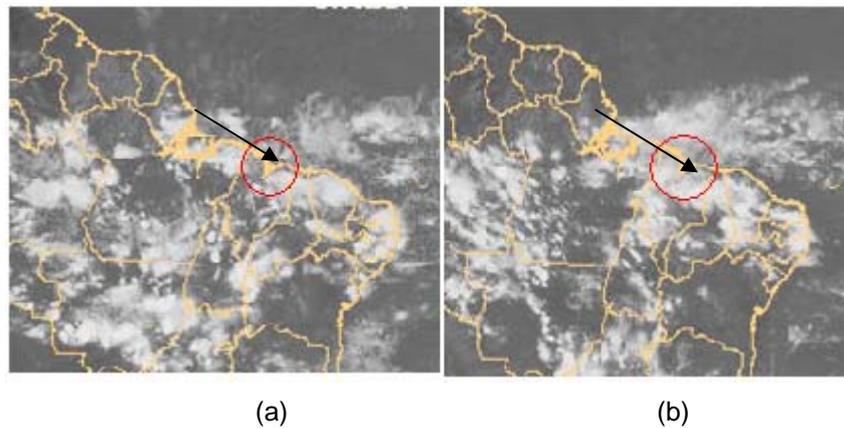


Figura 5.11 – Imagens GOES 12 dos dias 25 e 26 março 2005 – 21:00Z, LI sobre o CLA.

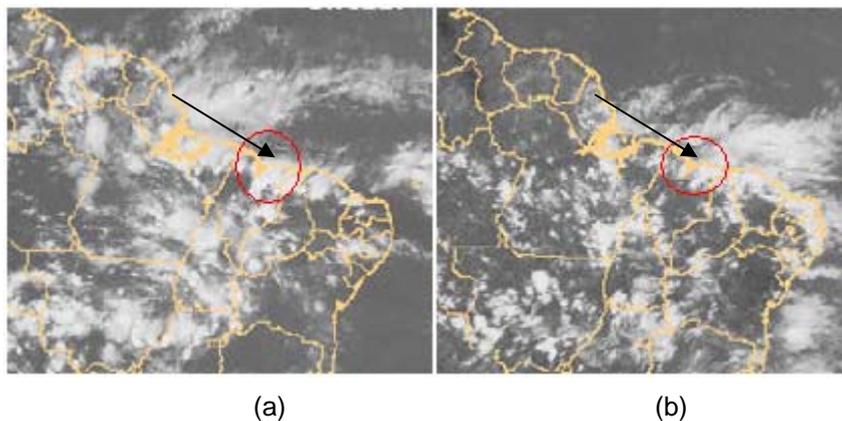


Figura 5.12 – Imagens GOES 12 dos dias 27 e 31 março 2005 – 21:00Z, LI sobre o CLA.



Figura 5.13– Frequência direção do vento para o 1º decêndio do mês de março 2005.



Figura 5.14– Frequência direção do vento para o 2º decêndio do mês de março 2005.



Figura 5.15 – Frequência direção do vento para o 3º decêndio do mês de março 2005.

6. CONCLUSÕES

Este estudo contribui para um melhor entendimento das estruturas do perfil vertical do vento no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e dos fenômenos atmosféricos associados. Além disso, destaca-se que este é um trabalho pioneiro na análise estatística dos dados observacionais da TA do CLA.

Em síntese, destaca-se que:

Os dados observacionais do período estudado, ajustam-se bem as distribuições estatísticas Normal e de Weibull para os valores de velocidade do vento entre 2,5 e 8,0 ms^{-1} . Na estação chuvosa (março) o ajuste às distribuições foi observado entre 3,0 e 8,0 ms^{-1} e para a época seca (setembro) o ajuste está entre 3,0 e 9,0 ms^{-1} . Além disso, constatou-se que ambas as distribuições falham em representar a velocidade do vento para as velocidades maiores, superior a 10,0 ms^{-1} . A distribuição de Weibull mostra um ajuste melhor do que a distribuição normal para velocidades acima de 8,0 ms^{-1} .

O vento é predominantemente de NE para os meses de janeiro a abril e de setembro a dezembro, enquanto que de maio a julho a predominância é de ENE. Este comportamento está de acordo com a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da confluência dos ventos alíseos que, nesta época do ano de inverno austral, possuem direções E e SE. Os maiores valores de velocidade média horária do vento ocorrem durante o mês de março (época chuvosa), sendo registrado no período da tarde (entre 15:00 e 19:00 horas) com valores entre 2,7 ms^{-1} (níveis mais baixos) e 5,4 ms^{-1} (níveis mais altos). Para o mês de setembro (época seca) as velocidades médias horárias são maiores com valores entre 3,2 ms^{-1} e 9,5 ms^{-1} , ocorrendo no período da manhã (entre, 09:00h e 10:00 horas).

A correlação entre os níveis pode-se observar que nas épocas chuvosas (março) e secas (setembro), a correlação na direção e da velocidade do vento é superior a 0,7 indicando a forte entre todos os níveis.

Observou-se pela análise da técnica de Componentes Principais (CP) que mais de 93% das variâncias (tanto com relação à direção como à velocidade) no

perfil vertical do vento estão relacionadas aos sistemas meteorológicos atuantes (por exemplo, a ZCIT, Brisa Marítima (BM), Linha de Instabilidade (LI), etc) na Torre Anemométrica (TA) do CLA, sendo observado ainda que as maiores variâncias no perfil estão associadas à direção do vento. Observou-se também que a variância da velocidade é representada, em sua quase totalidade, pela 1ACP, independente da época do ano. Isto é indício de forte acoplamento com a circulação de BM local. Constatou-se, ainda que a variância total da direção do vento, no período chuvoso, é representada por, aproximadamente 63% da 1ACP, 21% pela 2ACP e 10% da 3ACP. As variâncias da direção do vento observadas na 1ACP, no período chuvoso, estão associadas aos sistemas meteorológicos que atuam com mais freqüentes no CLA, tais como, a ZCIT e BM. As variâncias na 2ACP e a 3ACP estão relacionadas a outros processos menos freqüentes atuantes no CLA, tais com, Linha de Instabilidade e Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) entre outros. Observou-se, também, pela Análise das Componentes Principais que no mês de setembro (época seca) as variâncias totais da direção e da velocidade do vento são representadas em quase sua totalidade pela 1ACP, evidenciando-se, assim, a predominância de um sistema meteorológico, ou seja, a confluência dos ventos alíseos, relacionado a direção do vento e da BM relacionada a velocidade do vento, sistemas que caracterizam o clima na região no período seco.

Através do estudo de caso realizado para março de 2005 (época chuvosa) que a predominância do vento é de NE com o mesmo padrão observado no período de estudo. Observou-se que a precipitação acumulada neste mês foi de 288,3 mm, aproximadamente 60% abaixo da média climatológica para o mês de março, sendo que a mesma concentrou-se no 2º e 3º decêndios. Entre os dias 1 e 10 deste mês não há registro de precipitação.

Pela técnica da análise de ACP constatou-se, também, que a soma das três primeiras componentes representam a totalidade da variância da direção e da velocidade do vento associado aos processos que atuaram no mês de março 2005. Pode-se constatar que a 1ACP representou 70%, a 2ACP apresentou 18%, e a 3ACP apresentou 10% da variância total da direção do vento. Estes percentuais estão associados aos sistemas meteorológicos que atuam com

freqüência no período chuvoso no CLA. Observou-se ainda que no 1º decêndio a 1ACP da direção do vento representou 98% da variância total da direção do vento, um valor maior do que o determinado anteriormente pela análise climatológica (período de 1996 a 1999). Entretanto, neste período (1º decêndio), não há registro de ocorrência de precipitação, de modo que os ventos na região acabaram sendo determinados pela confluência dos alísios. A 1ACP da velocidade do vento mostrou este comportamento similar ao observado pela análise climatológica, evidenciando o predomínio da BM. Constatou-se, assim que a técnica ACP possibilita relacionar e identificar as modificações nas estruturas dos PVV a processos que atuam no CLA.

Como trabalho futuro sugere-se que:

- 1) Estudo mais detalhados dos sistemas atmosféricos que atuam na região no período de transição entre as épocas seca e chuvosa, bem como uma análise mais detalhada do ciclo diário.
- 2) Separar casos específicos associados à ocorrência de sistemas atmosféricos (por exemplo, DOL, LI, VCAN, SF) e analisar os perfis do vento no período de influência, utilizando a técnica ACP. Verificar o comportamento das distribuições estatísticas.
- 3) Analisar os perfis do vento com dados adicionais de radiossondagens e do perfil de vento próximo a superfície (por exemplo, com dados de SODAR) buscando identificar como os processos meteorológicos atuam em alturas específicas onde são observadas as maiores variâncias nos perfis. Neste caso, é necessária uma resolução vertical dos dados de vento maior do que a existente pela TA.
- 4) Investigar a relação existente entre o comportamento dos padrões de PVV em uma situação de padrão climatológico com as anomalias do perfil de vento em anos de ocorrência de eventos de El Niño e La Niña.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARYA, S. P. **Introduction to micrometeorology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2001. 420p.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 332p.

BÁRBARA, A. C. M. **Estudo climatológico da posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua influência sobre o Nordeste do Brasil**.

Disponível em: << http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2003/08.12.09.04/doc/Melo_Estudo%20climatologico.pdf >> Acesso em agosto de 2008.

BARBOSA, R.L; OYAMA, M.D; MACHADO, L. A.T. Climatologia das perturbações convectivas iniciadas na Costa Norte do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.1, 107-177, 2006.

BARROS, S. S. **Precipitação no Centro de Lançamento de Alcântara: aspectos observacionais e de modelagem**. 2008. 115 p. (INPE-15319-TDI/1362). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.13.43>>. Acesso em: 01 dez. 2008.

CALBETE, N. O; GAN, M.; SATYAMURTY, P. Vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam sobre a região Nordeste do Brasil. **Climanálise Especial** – Edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. Cap. 21, 1996.

CENTRO DE LANÇAMENTO DE ALCÂNTARA (CLA). **Catálogo CLA - História**. Disponível em< <http://www.cla.aer.mil.br/>> Acesso em julho de 2008.

CENTRO DE LANÇAMENTO DE BARREIRA DO INFERNO (CLBI). **Histórico da Barreira do Inferno**. Disponível em< <http://www.clbi.cta.br/>>. Acesso em julho de 2008.

CHUNG, J. C. Correlations between the Tropical Atlantic trade winds and precipitations in northeast Brazil. **Journal of Climatology**, v.2, n.1, p. 35-46. 1982.

CLIMANÁLISE, Boletim de monitoramento a análise climática, v. 11 - N.03-MARÇO/1996, <<http://www.cptec.inpe.br/products/CLIMANÁLISE/0396/index.html>>, acesso em 14 de maio de 2008, 21:30 horas.

CLIMANÁLISE, Boletim de monitoramento a análise climática, v. 12 – N. 03 – MARÇO/1997, <<http://www.cptec.inpe.br/products/CLIMANÁLISE/0397/index.html>>, acesso em 15 de novembro de 2008, 16:31 horas.

CLIMANÁLISE, Boletim de monitoramento a análise climática, v. 12 – N. 03 – MARÇO/1998,
<<http://www.cptec.inpe.br/products/CLIMANÁLISE/0398/index.html>>, acesso em 15 de novembro de 2008, 20:00 horas.

CLIMANÁLISE, Boletim de monitoramento a análise climática, v. 12 – N. 03 – MARÇO/1999,
<<http://www.cptec.inpe.br/products/CLIMANÁLISE/0399/index.html>>, acesso em 20 de novembro de 2008, 10:00 horas.

CLIMANÁLISE, Boletim de monitoramento a análise climática, v. 12 – N. 03 – MARÇO/2005,
<<http://www.cptec.inpe.br/products/CLIMANÁLISE/0305/index.html>>, acesso em 15 de novembro de 2008, 14:10 horas.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC) – Clima. Disponível em< <http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 20 de março de 2009.

COELHO, M. S. **Estudo da estrutura vertical e horizontal da precipitação e da circulação na região da ZCIT**. 2002-02-18. 158p. (INPE-10287-TDI/906). Dissertação de Mestrado em Meteorologia. 2002. Disponível em:
<< <http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/08.11.01>>> Acesso em 18 jun 2008.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. F.; NOBRE, C. A. Aspectos climatológicos das linhas de instabilidade na Amazônia. **Climanálise – Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 4, n. 11, p. 34-40, Nov. 1989. (INPE – 6028 – PRE/2143).

CORRÊA, C. S. **Estudo estatístico da ocorrência de jatos no perfil vertical do vento na baixa atmosfera e a sua relação com eventos de intensa precipitação pluvial no Rio Grande do Sul**. UFRGS, 2005. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CORRÊA, C. S., CLARKE, R. T.; DA SILVEIRA, A. L. L. **Estudo da ocorrência de fluxos no perfil vertical do vento na baixa atmosfera com análise das componentes principais (ACP) e sua relação com a precipitação no Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.1, 121-127, 2007.

COUTINHO, E. C. **Estudo das características atmosféricas na região do Centro de Lançamento de Foguetes de Alcântara (CLA)**. 1999. 141 p. (INPE-8149-TDI/754). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1999. Disponível em:
<<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/2001/08.03.12.31>>. Acesso em: 02 jul. 2009.

COUTINHO, E. C.; FISCH, G. Distúrbios ondulatórios de leste (DOLs) na região do Centro de Lançamento de Alcântara – MA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, p. 1-14, 2007.

FISCH, G. Ventos em altitude na costa litorânea do Maranhão. **Boletim de Monitoramento Hidroclimático**, v.2, p 43-47, 1997.

_____. Características do perfil vertical do vento no Centro de Lançamento de Foguetes de Alcântara (CLA). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.14, n.1, p. 11-21, 1999.

_____. Análise do perfil do vento no Centro de Lançamento de Foguetes de Alcântara. **Revista Ciência e Natura**. v. único, p.171-175. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE MICROMETEOROLOGIA, 4., 2005, Santa Maria - RS.

GAN, M. A.;KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 1, p. 19-28. 1986.

GANDU, A. W.; SILVA DIAS, P. L. Impact of Tropical Heat Sources on the South American Tropospheric upper circulation and subsidence. **Journal of Geophysical Research**, v. 103, p. 6001-6015, 1998.

GUEDES, R. L; OYAMA, M. D. **Aspectos observacionais das oscilações intra-sazonais de intensidade do vento em Alcântara usando ondeletas: análise preliminar**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, METEOROLOGIA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 2004. CD-ROM.

GRIMM, A. M.; SILVA DIAS, P. L. Analysis of tropical-extratropical interactions with influence functions of a barotropic model. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 52, p. 3538-3555, 1995.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quart. J. R. Meteor. Soc.**, 113, p.77-92, 1977.

HENESSY, J. P. Some aspects of wind power statistics. **Journal Applied of Meteorology**, USA. V.16, n. 2, p.119 – 128, 1977.

HOREL, J. D. Complex principal component analysis. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v.23, p. 1660-1673, 1984.

JACKSON, J.E. **A user's to principal components**. New York: John Wiley & Sons, 569 p, 1991.

JONES, B. **Matlab** – statistics toolbox. Natick, MA: MathWorks Inc., 244p, 1997.

JUSTUS, C.G.; MIKAIL, A. Height variation of wind speed and wind distribution. **Geophys. Res. Lett.** USA. v.3, p. 261-264. 1976.

JUSTUS, C.G. et al. Methods for estimating wind speed frequency distributions. **Journal Applied of Meteorology**, USA. v. 17, n.3, p. 350-353, 1978.

KODAMA, Y-M. Large-scale common features of sub-tropical precipitation zones (the Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs. **Journal of Meteorological Society Japan**, n.71, p.581-610. 1993.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in northeast Brazil. **Mon. Wea. Rev.**, v.108, p. 488 – 498, 1980.

LAMB, P. Large-scale tropical Atlantic circulations patterns associated with Subsaharan weather anomalies. **Tellus**, v.3, n.30, p.240-251, 1978.

LEITE, M. L.; FILHO, J. S. V. Avaliação da velocidade média e direção predominante do vento em Ponta Grossa - PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.2, p 157-167, 2006.

LEMOS, C. F.; CALBETE, N. O. Sistemas frontais que atuaram no litoral de 1987 - 1995. **Climanálise Especial** - Edição comemorativa de 10 anos. MCT/INPE/CPTEC. Cap. 14, 1996.

LOUREIRO, R. S.; GOMES, R. G.; ROCHA, E. J. P. Análise de uma Linha de Instabilidade costeira na região leste do estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n. 3b, p. 258-270, 2006.

MARQUES, R. F. C; FISCH, G. F. As atividades de meteorologia aeroespacial no Centro Técnico Aeroespacial (CTA). **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 21-25, Nov 2005.

MELO, A. B. C. **Previsibilidade da precipitação na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil, durante a estação chuvosa, em função do comportamento diário das chuvas na pré-estação**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA). Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Campina Grande-PB. 1997. 100 p.

MOLION L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro (RJ), v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations model. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 38, n.12, p. 2653-2673. 1981.

MURTEIRA, B. J. F. **Análise exploratória de dados: estatística descritiva**. Lisboa: McGraw-Hill. 1993.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 16, n. 12, p. 1-15, dec. 2001. (INPE-11321-PRE/6758). Disponível em: <<http://urlib.net/cptec.inpe.br/walmeida/2003/07.04.16.36>>. Acesso em julho 2008.

PEREIRA, E. I. **Atlas climatológica do Centro de Lançamento de Alcântara – MA**. São José dos Campos: CTA/IAE – Divisão de Ciências Atmosféricas, 2002

PIRES, L. B. M.; GIELOW, R.; FISCH, G. **Vento na transição entre as superfícies oceânica e litorânea no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)**. In: Escola de Primavera de Transição e Turbulência (EPPT. Anais da V Escola de Primavera de Transição e Turbulência. Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas - ABCM.). Rio de Janeiro, 2006 [CD-ROM]

PIRES, L. B. M.; FISCH, G.; GIELOW, R. **Desenvolvimento da camada limite interna no Centro de Lançamento de Alcântara**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 14, Florianópolis, SC. **Anais...** 2006. CD-ROM. Disponível em: <http://www.criatividadecoletiva.net/cbm-files/14-d9414298997719c603b42a66602791b2.pdf>> Acesso em maio 2008.

PIRES, L. B. M.; SOUZA, L. F.; FISCH, G.; GIELOW, R. **A influência da camada limite oceânica no CLA**. CONGRESSO IBERO AMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 2007, Cusco, Peru. **Anales...** Cusco, Peru: PUC/PERU, 2007.

RAO, V.B., BONATTI, J.P. On the origin of upper tropospheric cyclonic vortices in the South Atlantic ocean and adjoining Brasil during the summer. **Meteorology and Atmospheric Physics**, n.37, p. 11-16. 1987.

REUTER, E. D. J. **Estudo das camadas limites planetárias marinha e continental na região do Centro de Lançamento de Alcântara**. 2002. 146 p. (INPE-14217-TDI/1118). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2002. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/01.17.11.32>>. Acesso em: 02 jul. 2009.

ROBALLO, S. T. **Estudo do escoamento atmosférico no Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) através de medidas de torre anemométrica e em túnel de vento**. 2007. 137 p. (INPE-14824-TDI/1264). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2007. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/06.12.18.07>>. Acesso em: 02 jul. 2009.

ROBALLO, S. T; FISCH, G. **Estudo das características do perfil vertical do vento no centro de lançamento de Alcântara (CLA)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 14., Florianópolis, SC. **Anais...** 2006. CD-OM; Papel. (INPE-14580-PRE/9610). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.13.12.01>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

SANSIGOLO, C. A. Distribuição de probabilidade de velocidade e potencia do vento. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.2, p 207-214, 2005.

SANTOS, C. **Estatística descritiva** - manual de auto-aprendizagem. Lisboa: Edições Sílabo. 2007.

SEGURO, J.V.; LAMBERT, T.W. Modern estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy analysis. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, 85, p 75-84. 2000.

SILVA, B.B.DA; ALVES, J.J.A; AZEVEDO, F.G.B.DE; CAVALCANTI, E. P.; DANTAS, R., T. Potencial eólico na direção predominante do vento no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente** v.6, n.3, set/dez 2002.

SIKKA, D. R.; GADGIL, S. On the maximum cloud zone and the ITCZ over Indian longitudes during the Southwest monsoon. **Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter**, v. 31; p.4 - 5. 1985.

SIMIUI, E.; FILLIBER, J. J. **Statistical analysis of extreme winds**, Technical Note 868. Washington, DC: National Bureau of Standards, 1975.

SMITH, L. I. **A tutorial on principal components analysis**. February 26, 2002. Disponível em:
http://csnet.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf.> Acesso em mar. 2008.

SOUZA, A; GRANJA, S. C. Estimativa dos parâmetros "C" e "K" do modelo de Weibull e da direção dos ventos para Campo Grande e Dourados, MS, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.109-114, 1997

SPIEGEL, M. R. **Probabilidades e estatística**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

STULL, R. **An Introduction to boundary layer meteorology**. Dordrecht: Kluwer Academic, p.684, 1988.

TAVARES, P. S. **Um estudo observacional da incursão de sistemas frontais no nordeste brasileiro e sua influência na atmosfera do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)**. 2008. 152 p. (INPE-15341-TDI/1377). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. Disponível em:
<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/05.19.20.01>>. Acesso em: 02 jul. 2009.

TORRES, R. R. **Análise e modelagem dos distúrbios ondulatórios de leste que atuam na costa leste do Nordeste do Brasil**. 2008. 129 p. (INPE-15459-TDI/1421). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008. Disponível em:
<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/08.20.23.59>>. Acesso em Jan 2009.

YAOJUN G.; XIANG H. Statistical study for mean wind velocity in Shanghai area. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, 90, p. 1585-1599. 2002.

YIM, J.Z.; LIN, J-G; HWANG, C-H. Statistical properties of the wind field at Taichung harbour, Taiwan. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 83, p. 49-60. 1999.

APÊNDICE A

Frequência da Direção do Vento Mensal Níveis.

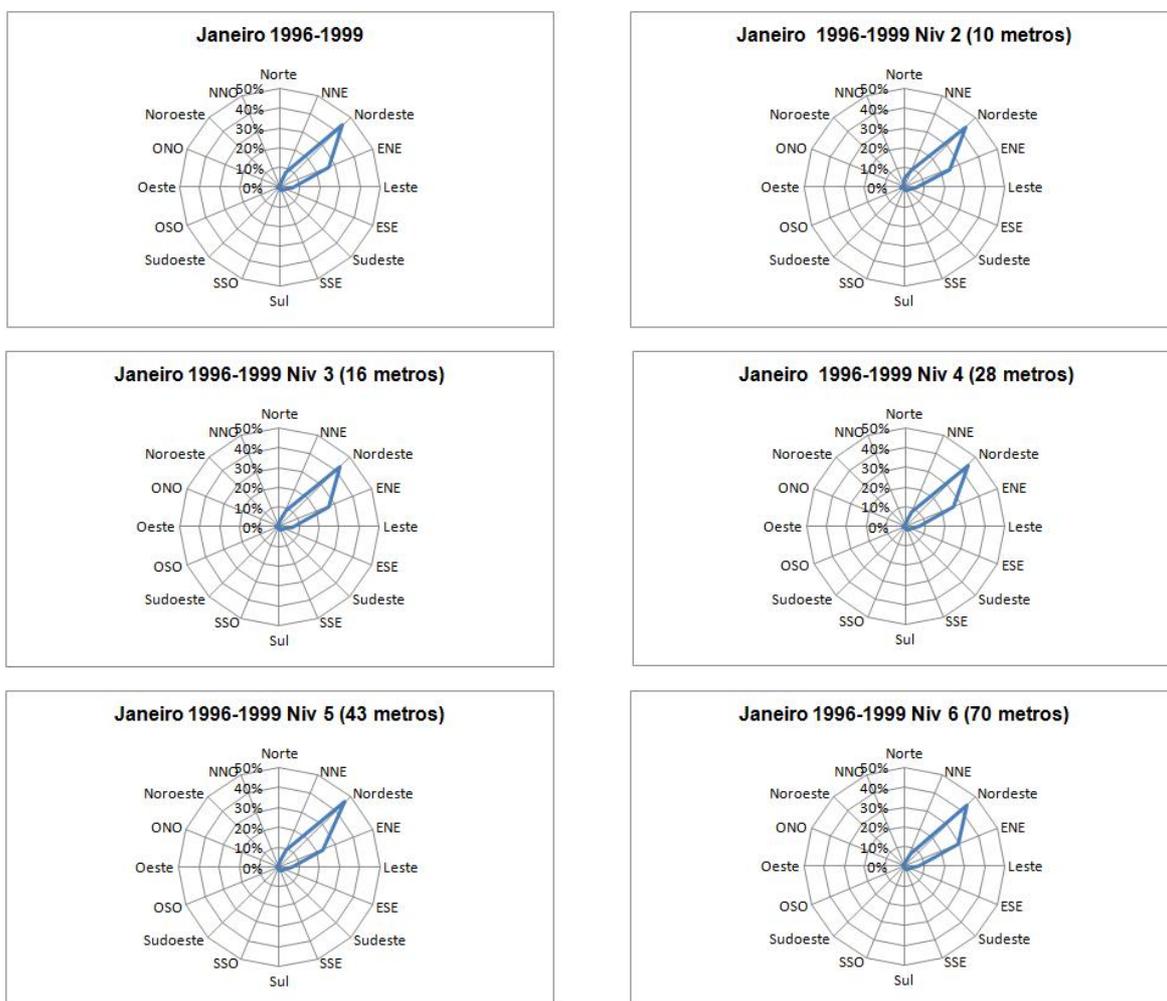


Figura A.1 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de janeiro.

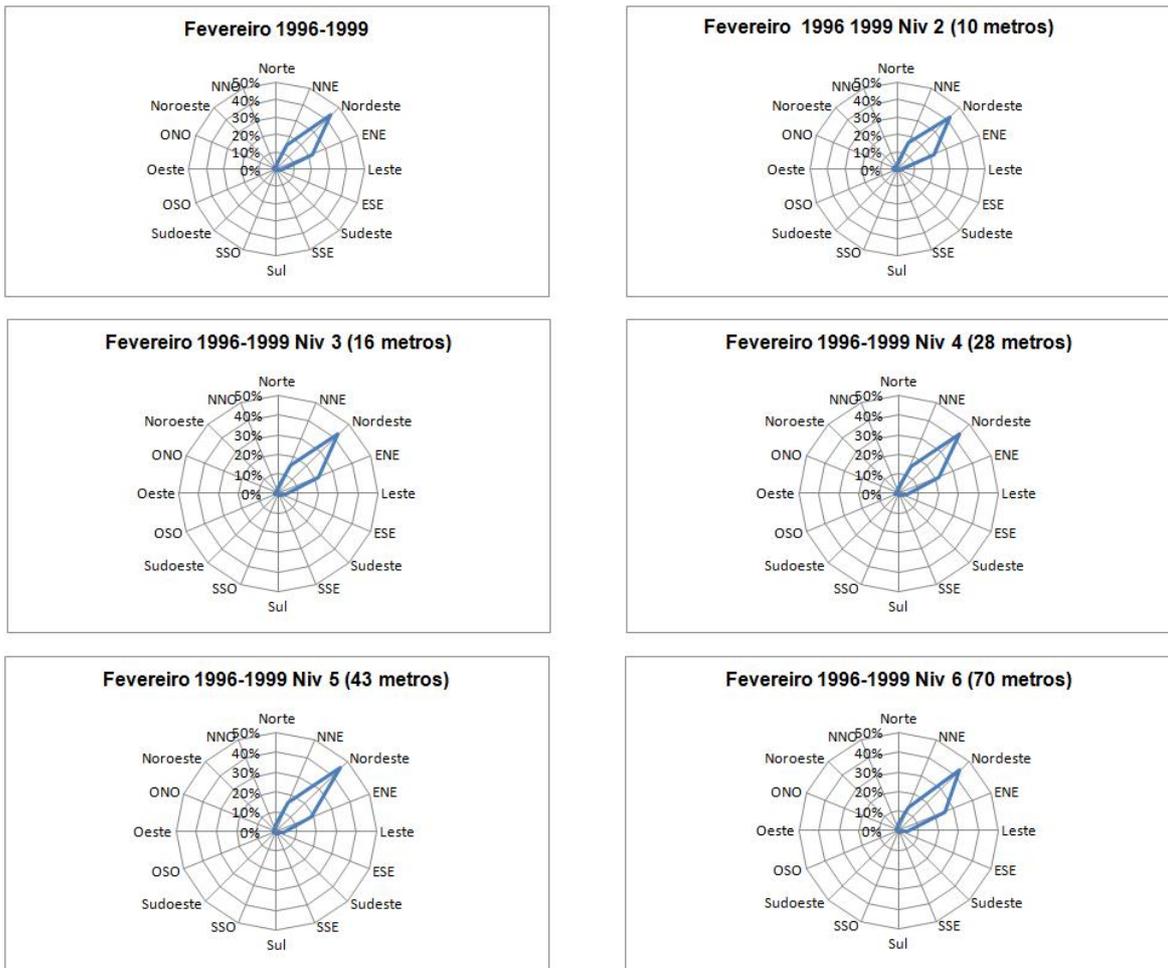


Figura A.2 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de fevereiro.

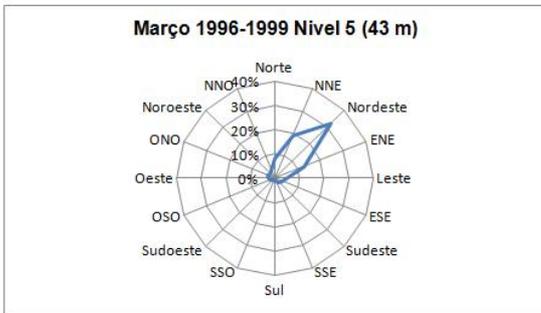
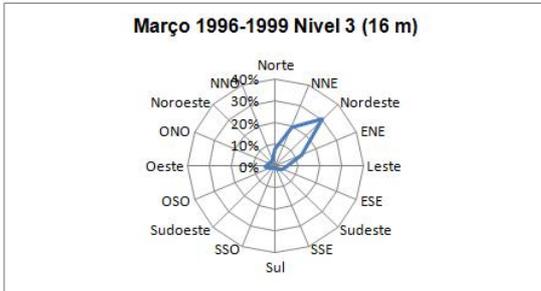
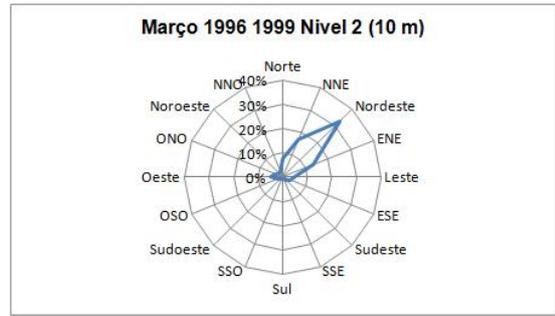
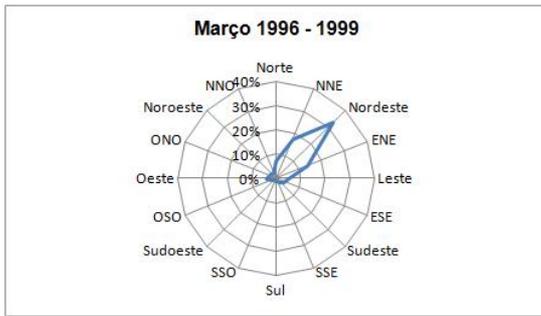


Figura A.3 – Frequência da direção do vento mensal por nível para mês de março.

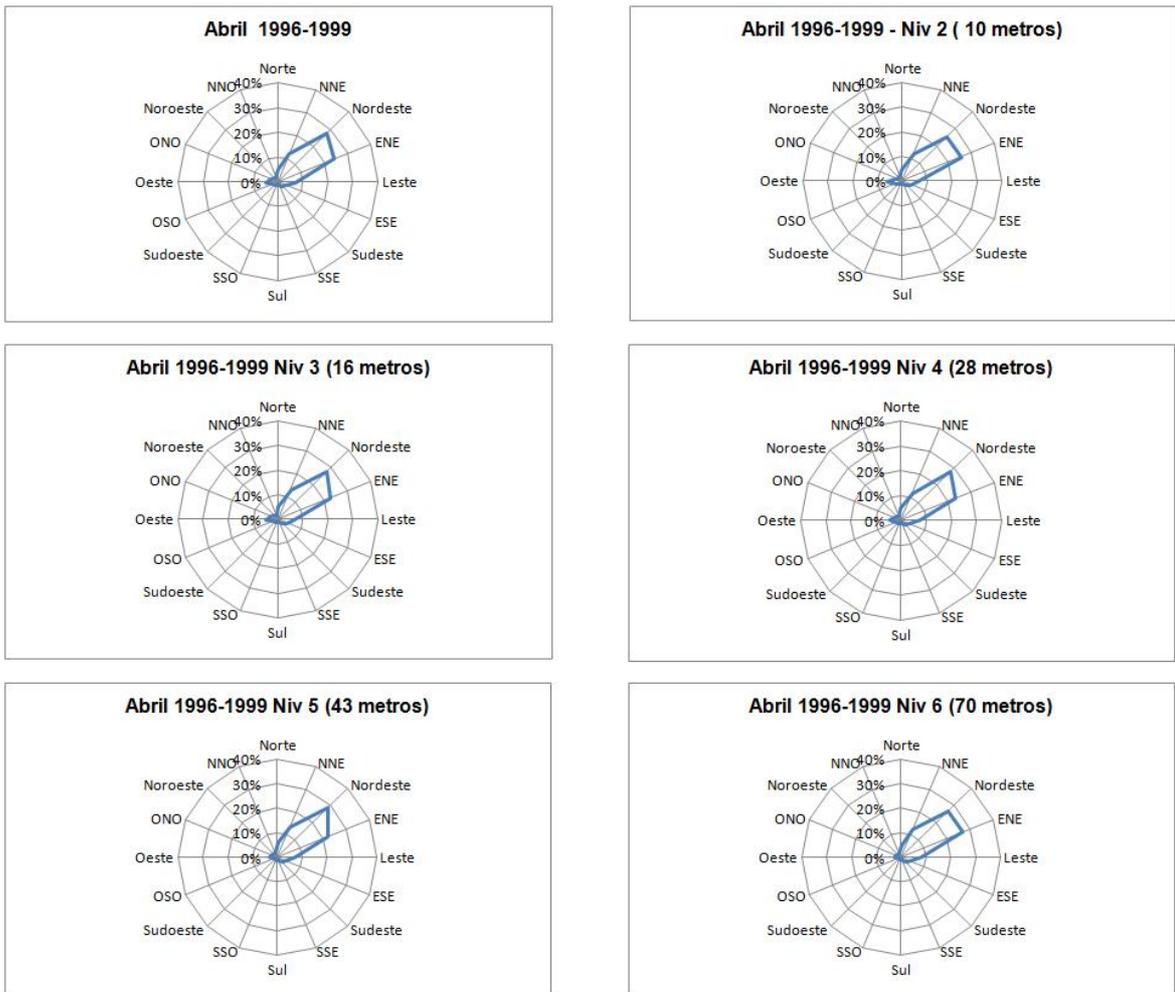


Figura A.4 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de abril.



Figura A.5 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de maio.

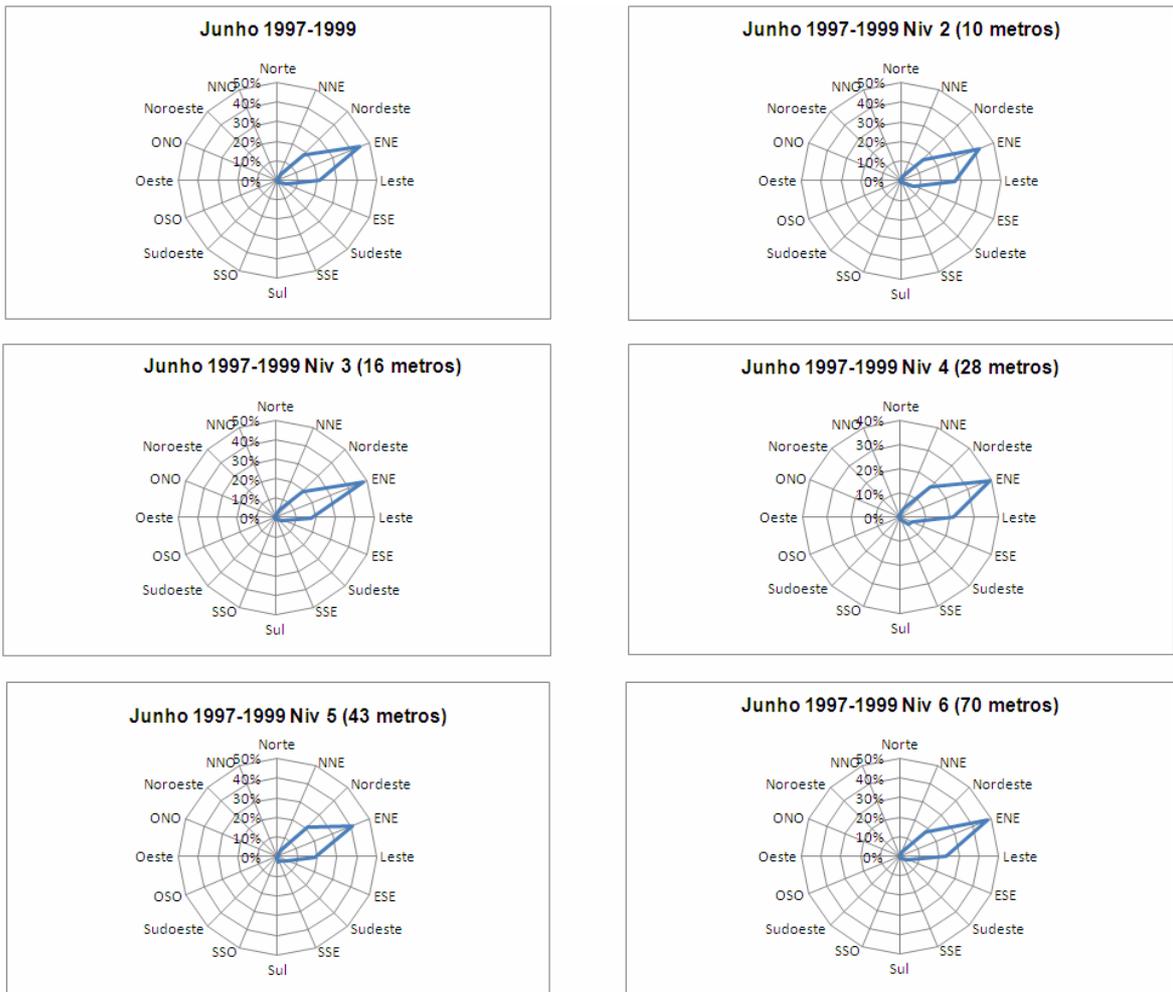


Figura A.6 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de junho.

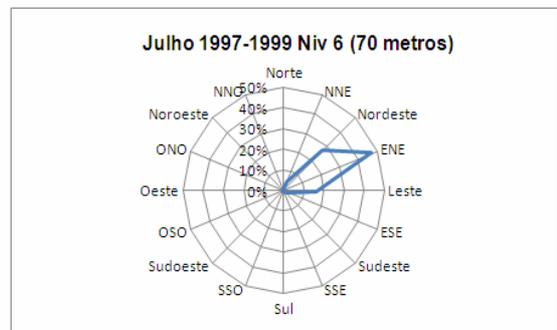
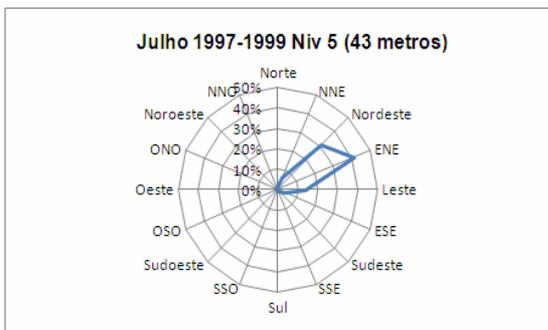
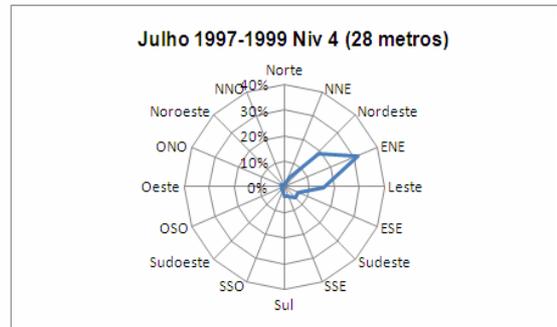
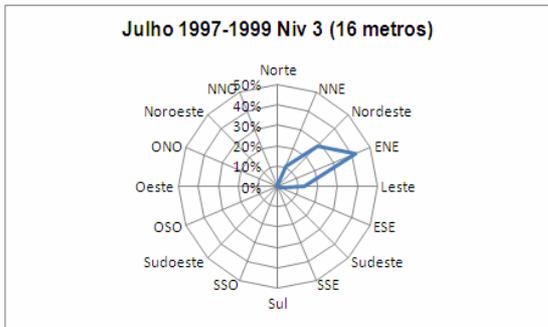
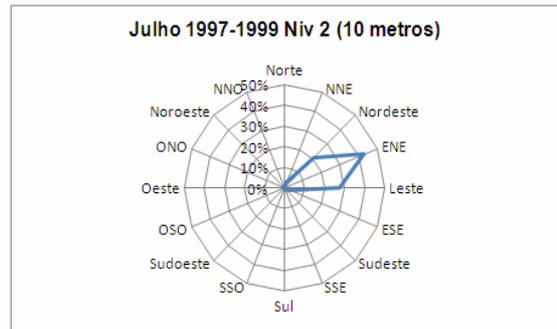
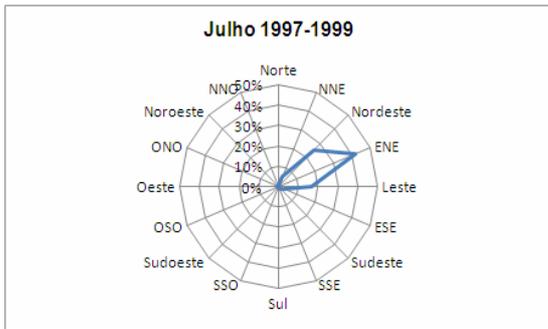


Figura A.7 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de julho.

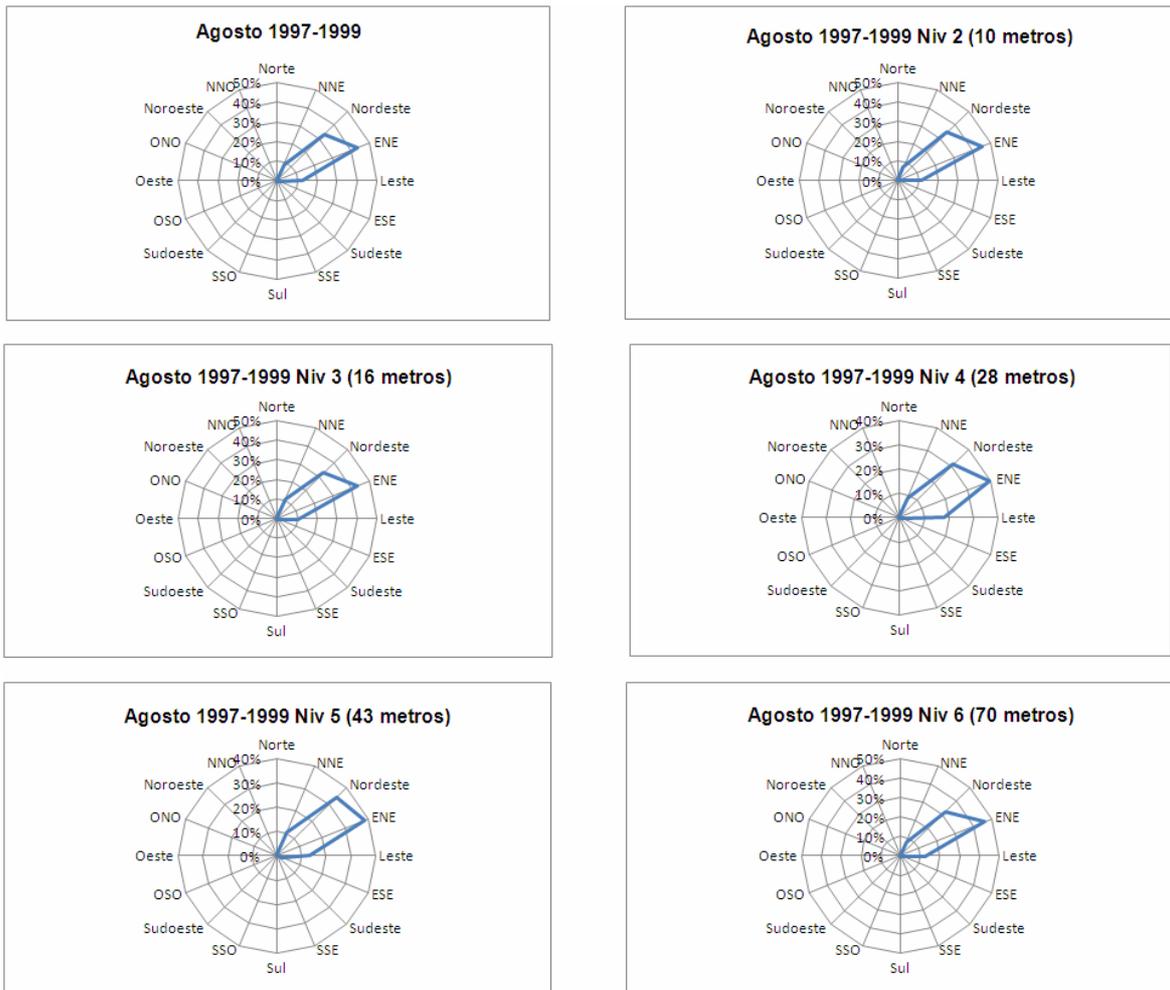


Figura A.8 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de agosto.

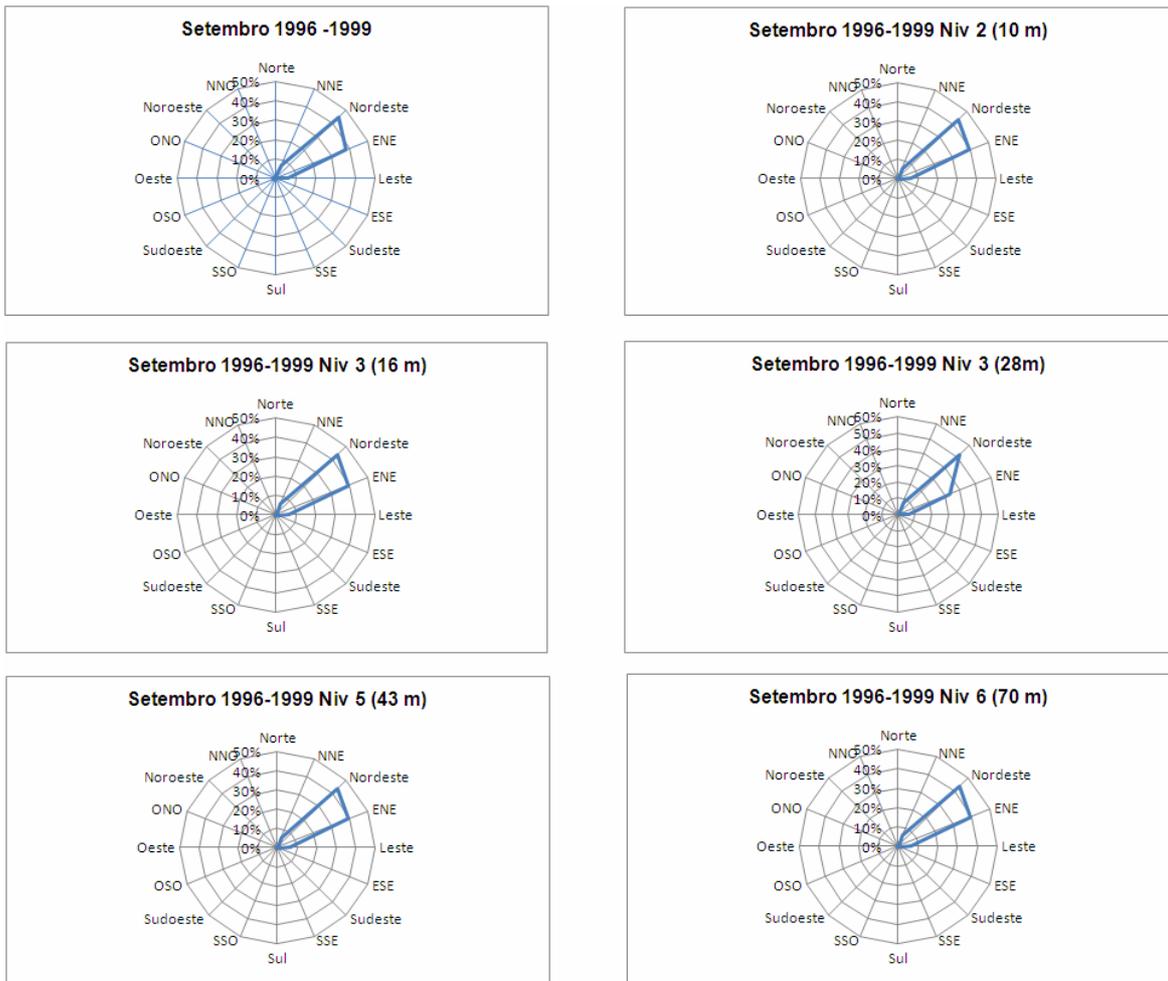


Figura A.9 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de setembro.

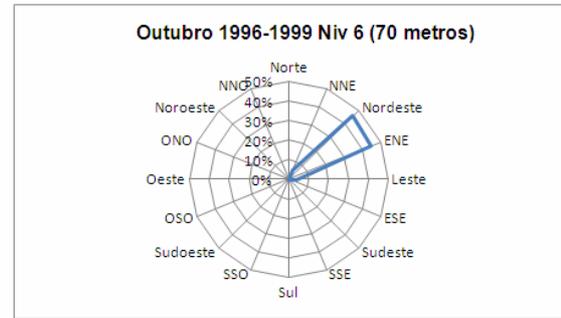
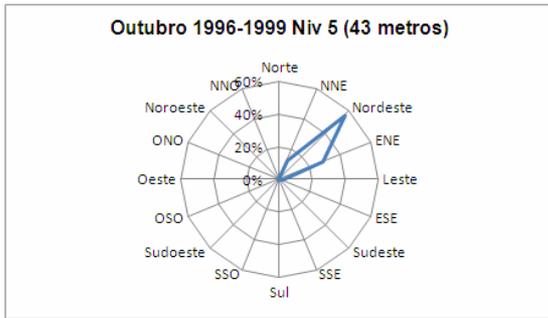
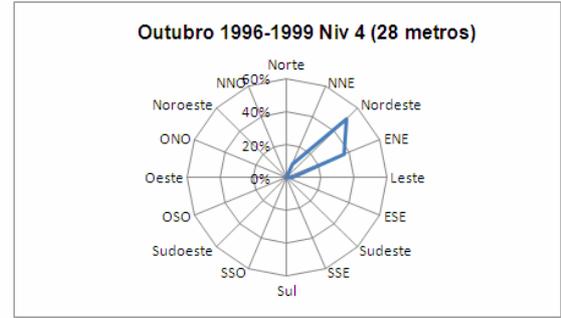
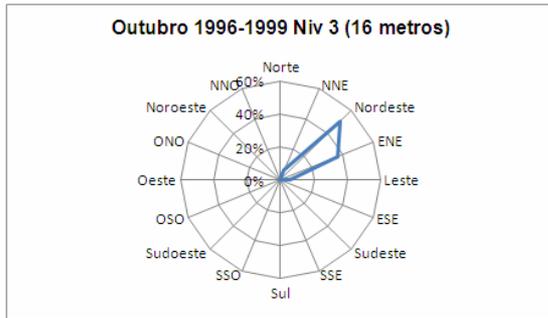
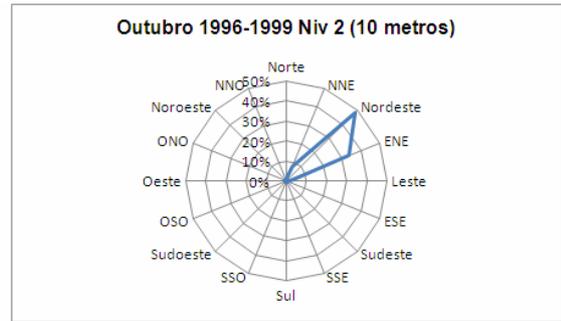
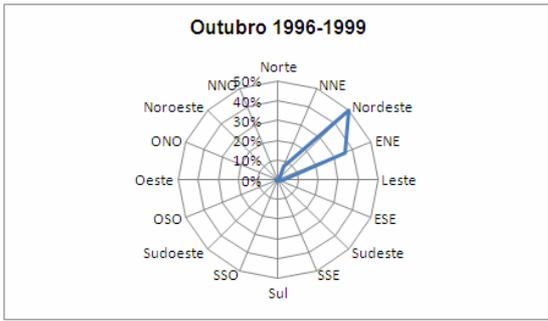


Figura A.10 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de outubro.

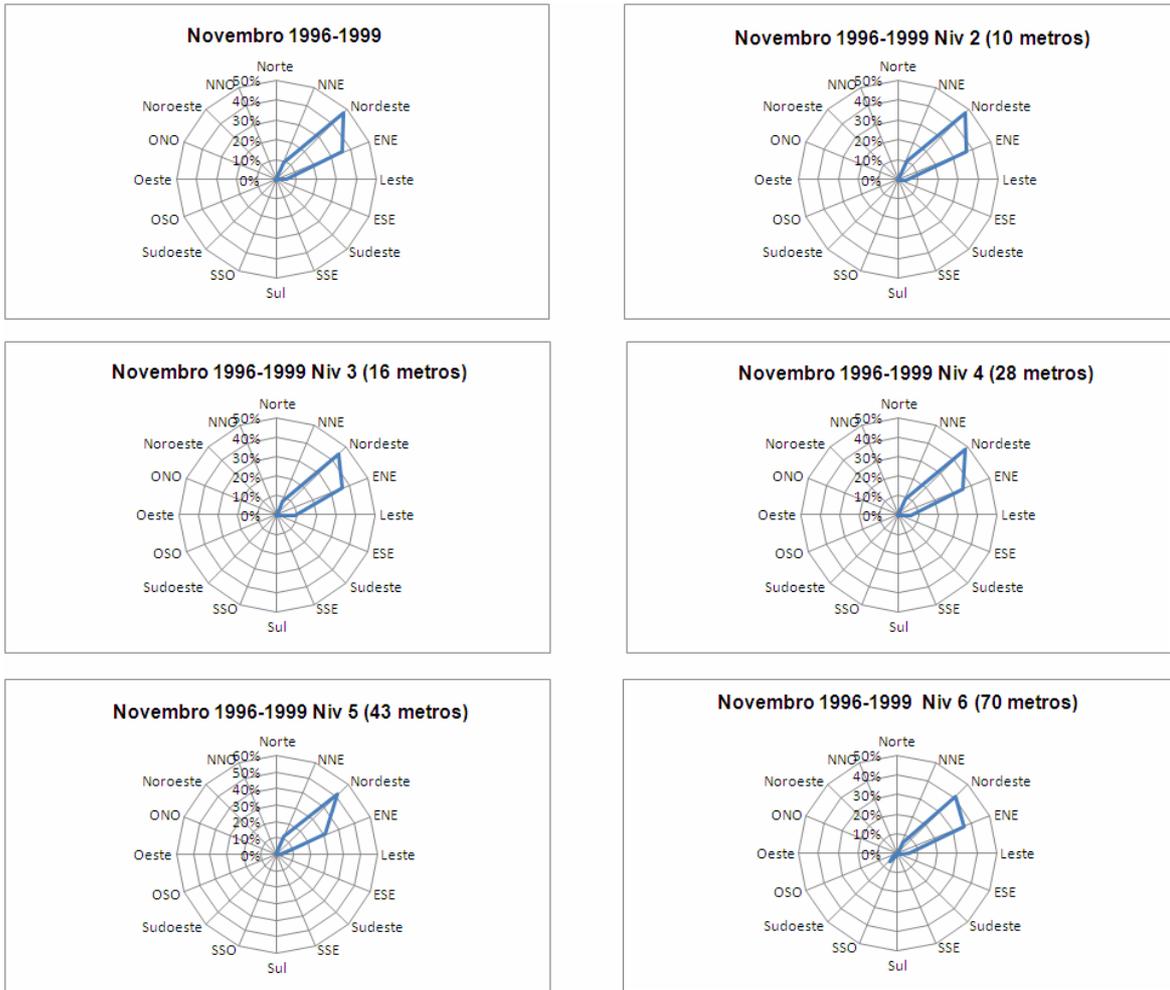


Figura A.11 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de novembro.

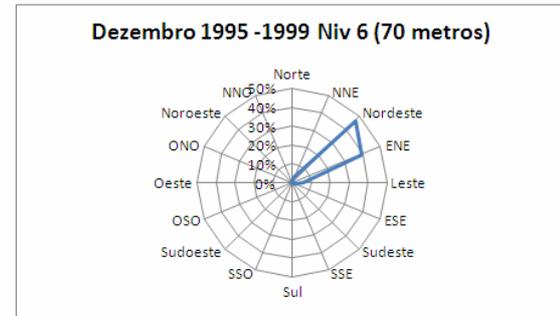
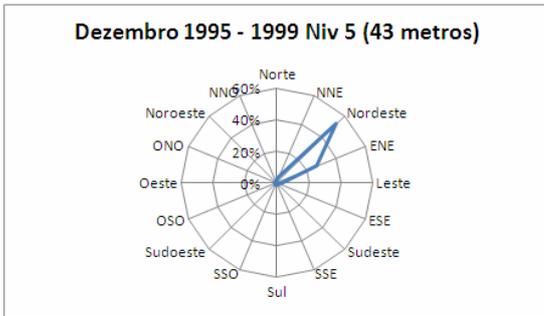
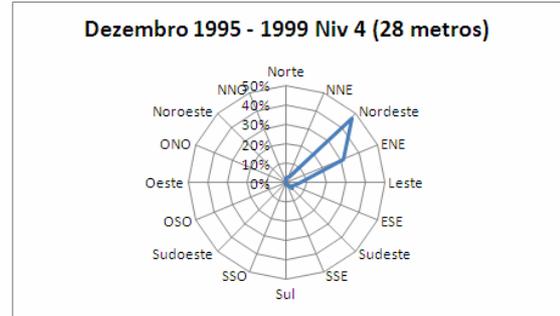
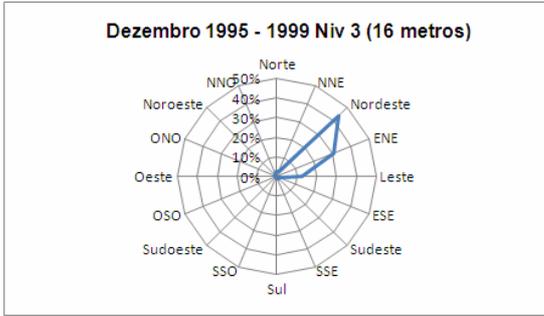
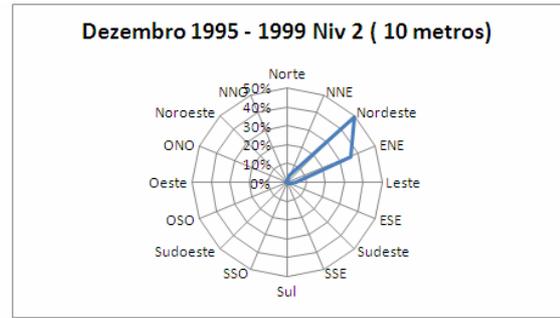
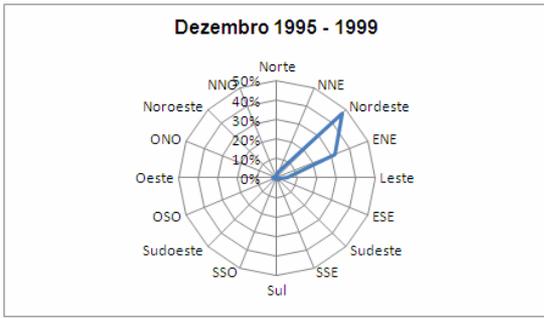


Figura A.12 – Frequência da direção do vento mensal por nível para o mês de dezembro.

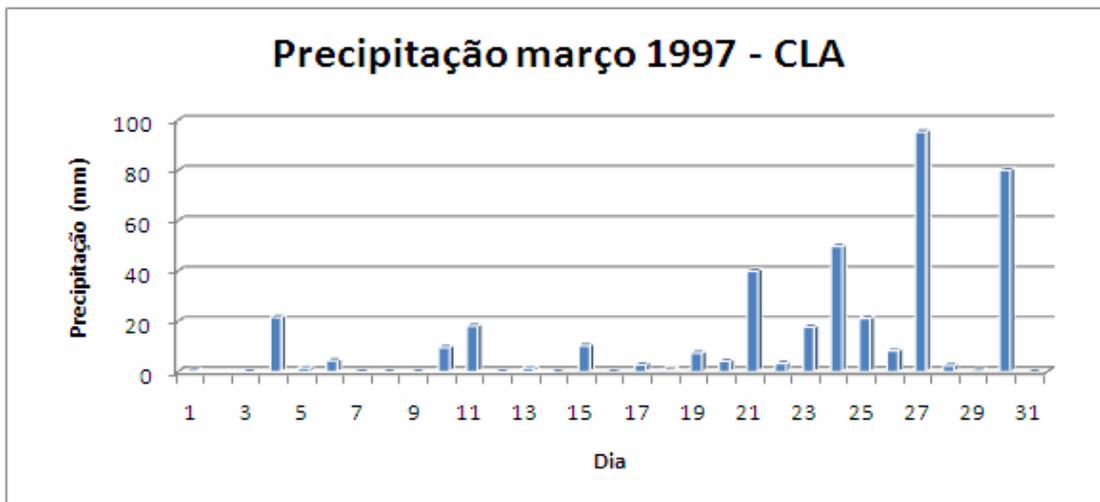


Figura A.13 – Precipitação diária março 1997 no CLA.

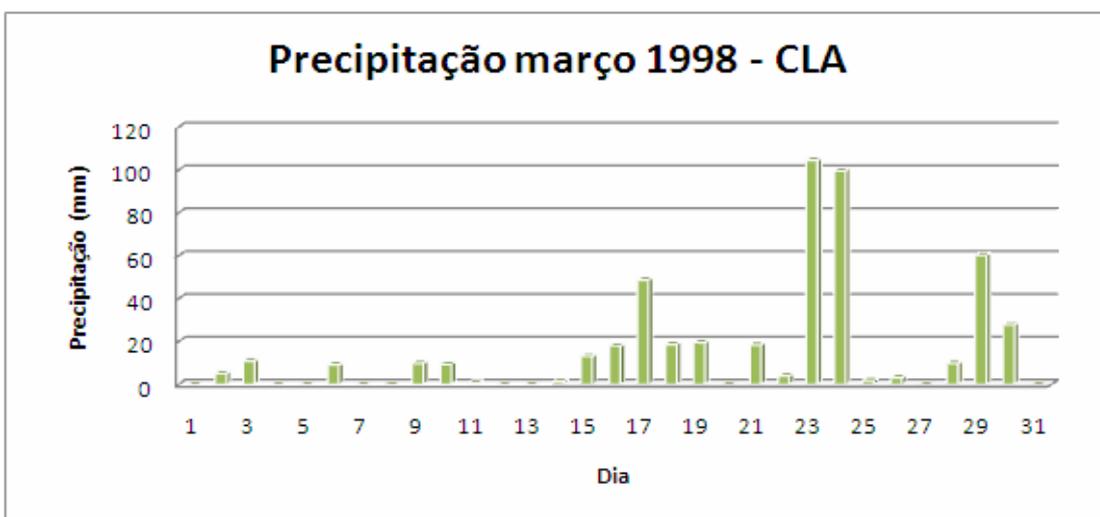


Figura A.14 – Precipitação diária março 1998 no CLA.

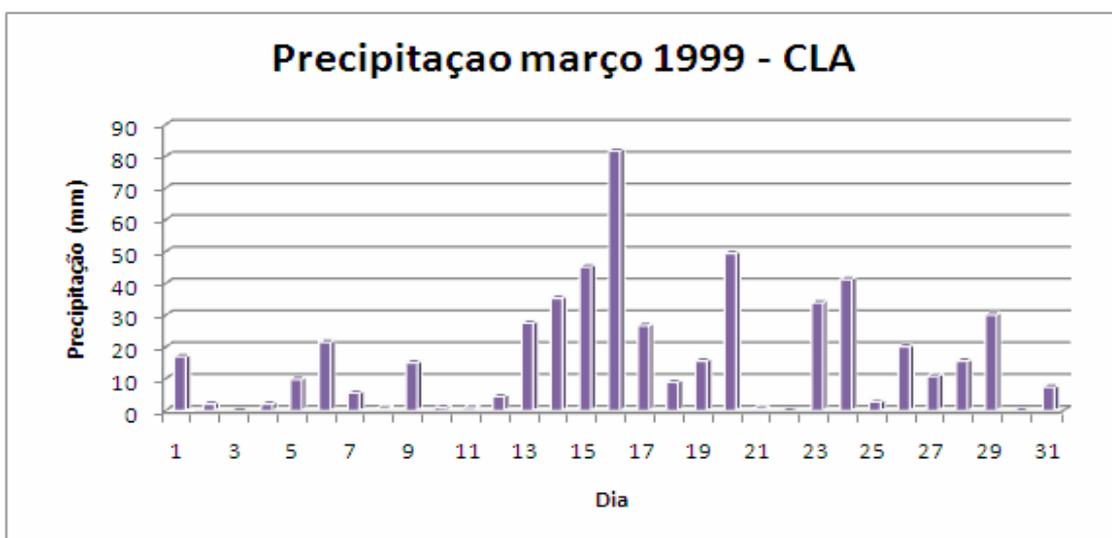


Figura A.15 – Precipitação diária março 1999 no CLA.

APÊNDICE B

Distribuição Estatística Normal 1996 - 1999.

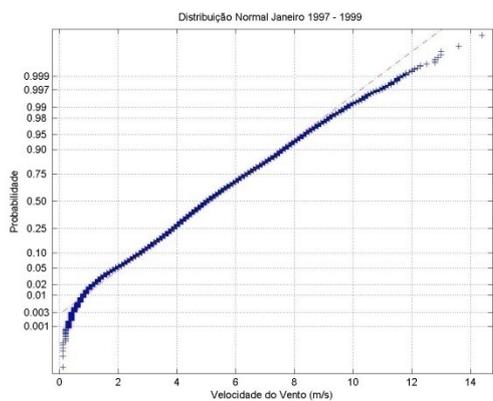


Figura B.1 - Distribuição Normal mês de janeiro.

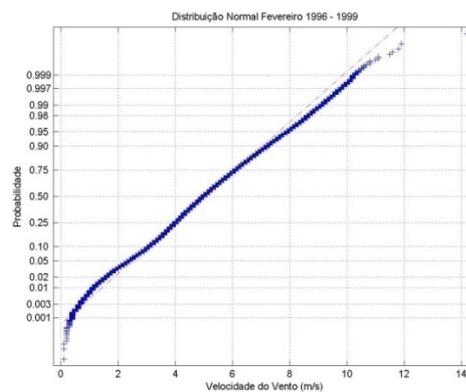


Figura B.2 - Distribuição Normal mês de fevereiro.

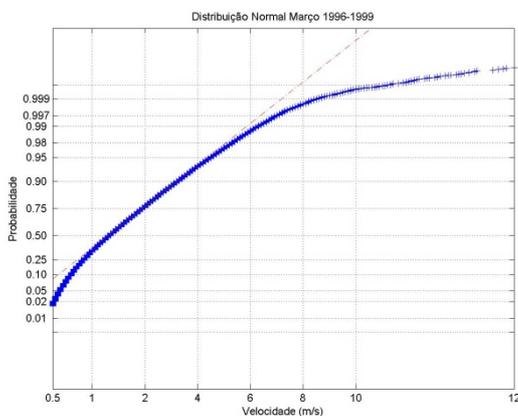


Figura B.3 - Distribuição Normal mês de março.

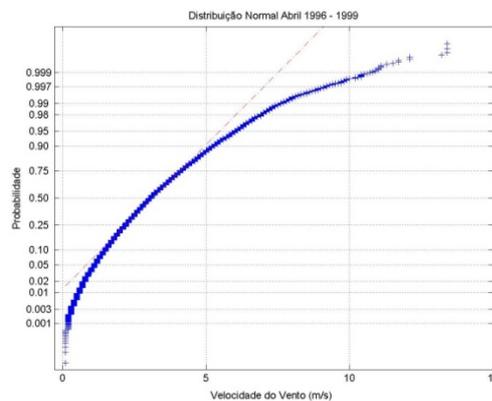


Figura B.4 - Distribuição Normal mês de abril.

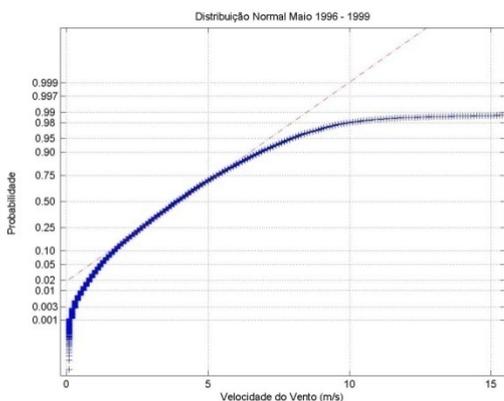


Figura B.5 - Distribuição Normal mês de maio.

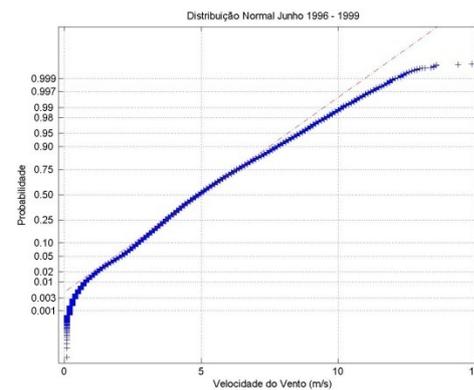


Figura B.6 - Distribuição Normal mês de junho.

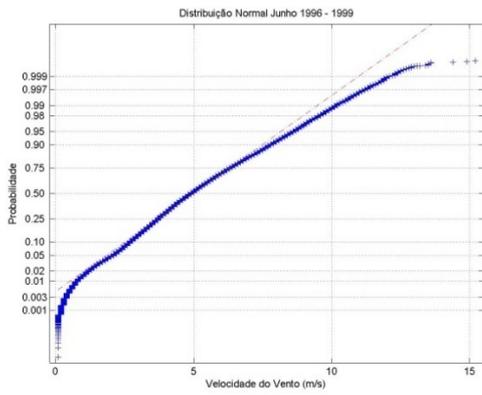


Figura B.7 - Distribuição Normal mês de julho.

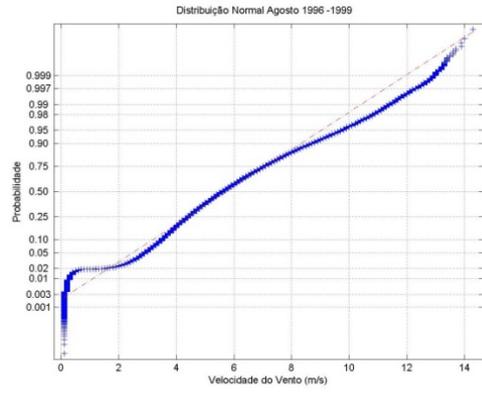


Figura B.8 - Distribuição Normal mês de agosto.

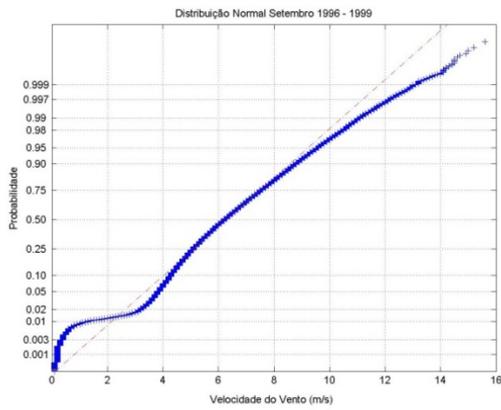


Figura B.9 - Distribuição Normal mês de setembro.

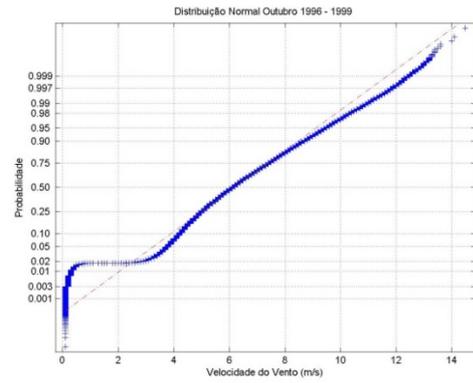


Figura B.10 - Distribuição Normal mês de outubro.

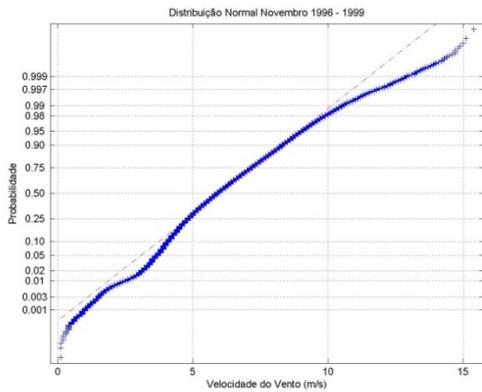


Figura B.11 - Distribuição Normal mês de novembro.

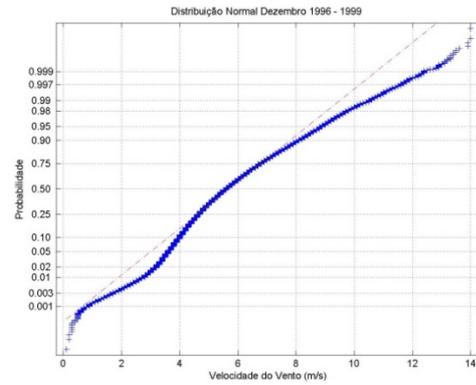


Figura B.12 - Distribuição Normal mês de dezembro.

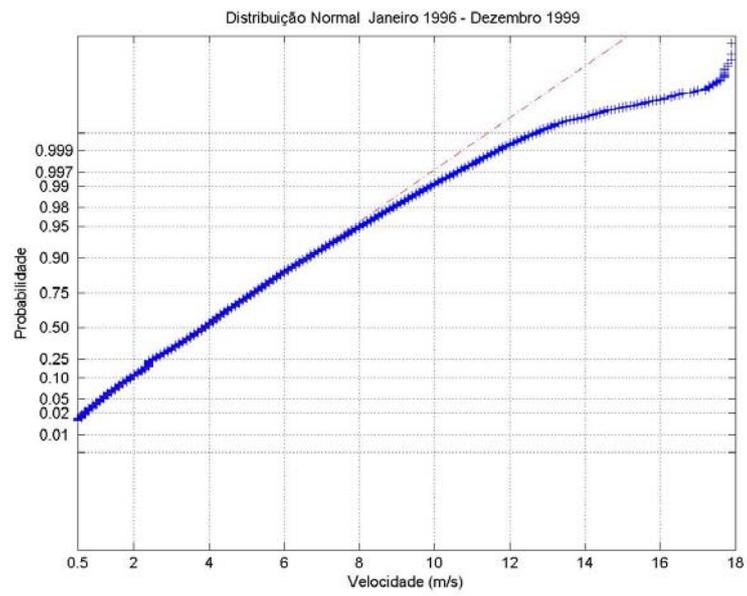


Figura B.13 - Distribuição Normal mês de janeiro 1996 a dezembro 1999.

Distribuição Estatística de Weibull 1996 - 1999.

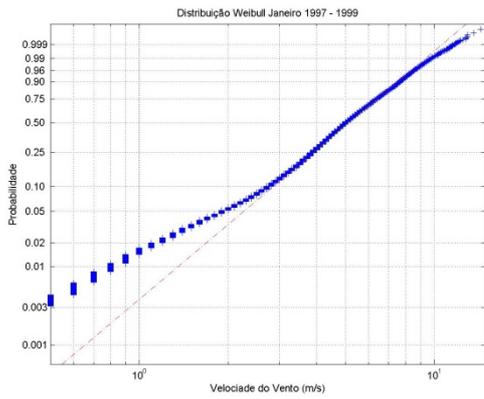


Figura B.14 - Distribuição Weibull mês de janeiro.

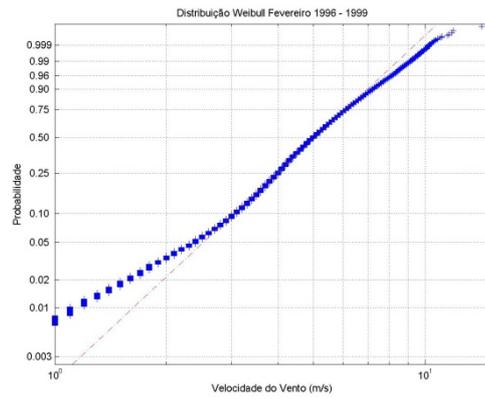


Figura B.15 - Distribuição Weibull mês de fevereiro.

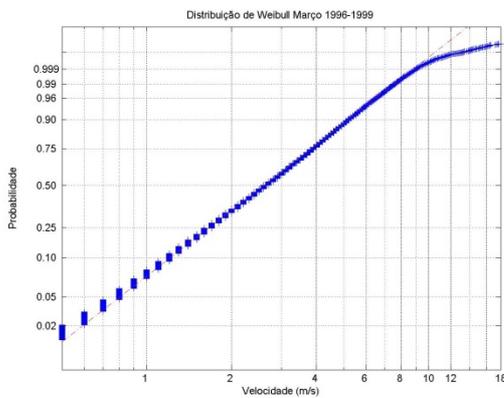


Figura B.16 - Distribuição Weibull mês de março.

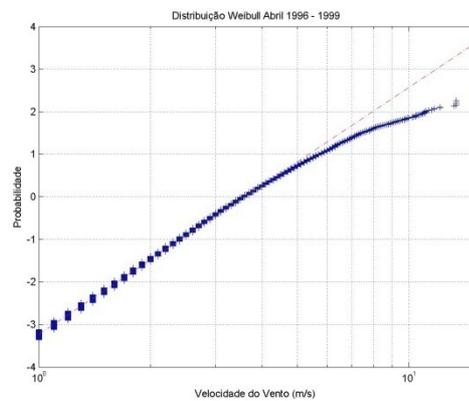


Figura B.17 - Distribuição Weibull mês de abril.

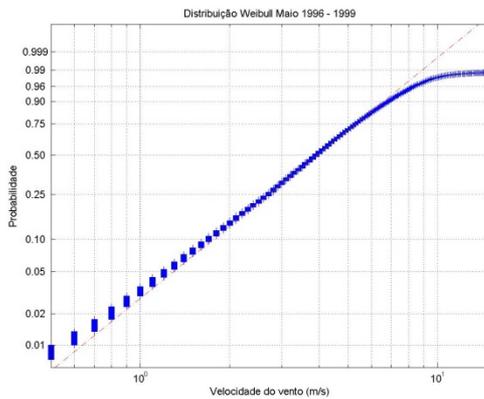


Figura B.18 - Distribuição Weibull mês de maio.

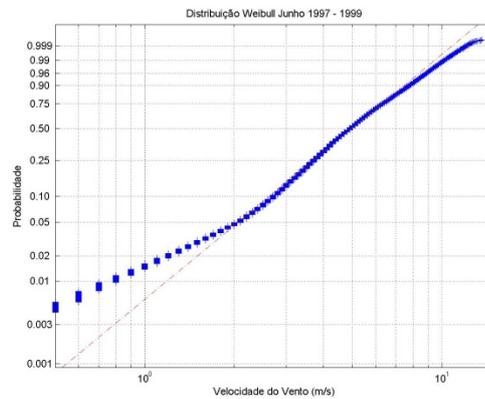


Figura B.19 - Distribuição Weibull mês de junho.

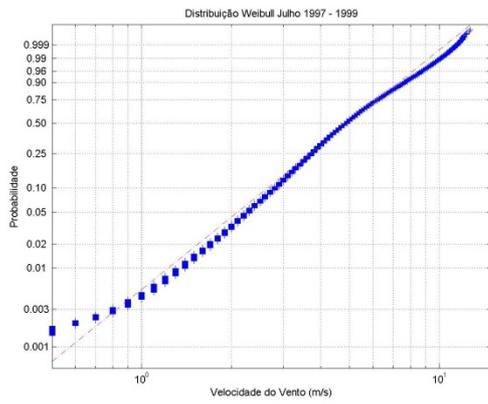


Figura B.20 - Distribuição Weibull mês de julho.

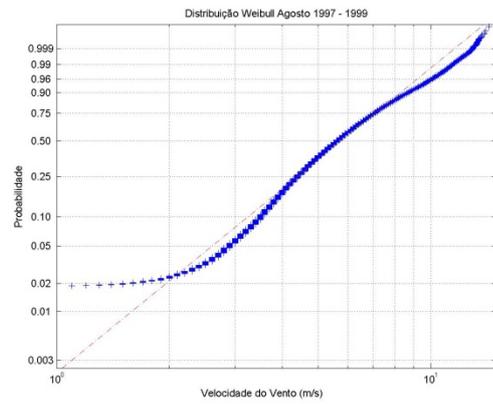


Figura B.21 - Distribuição Weibull mês de agosto.

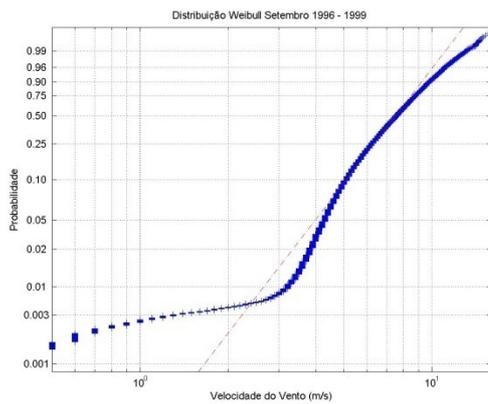


Figura B.22 - Distribuição Weibull mês de setembro.

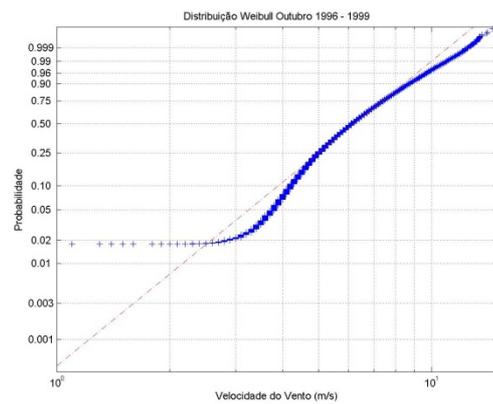


Figura B.23 - Distribuição Weibull mês de outubro.

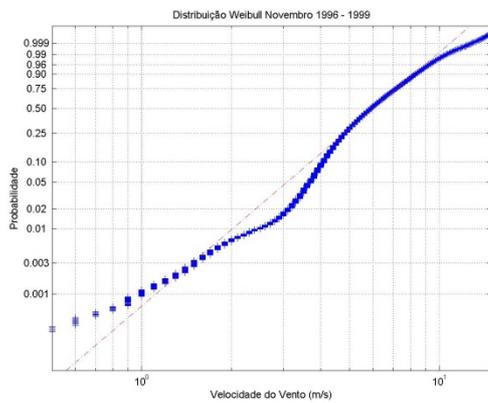


Figura B.24 - Distribuição Weibull mês de novembro.

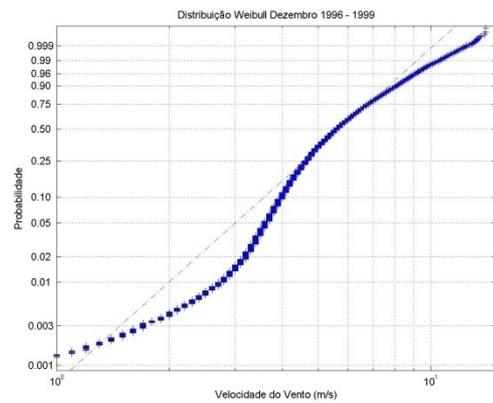


Figura B.25 - Distribuição Weibull mês de dezembro.

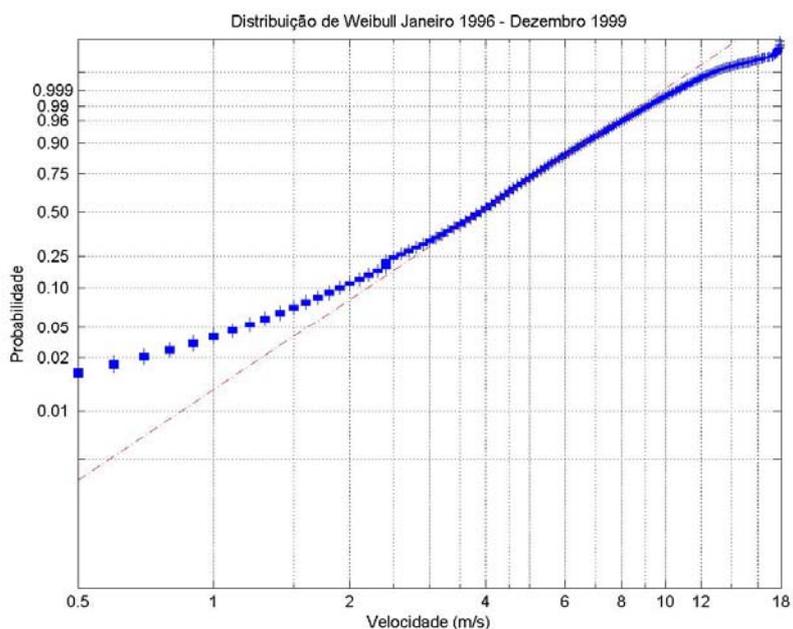


Figura B.26 - Distribuição Weibull mês de janeiro 1997 a dezembro 1999.

Tabela B.1 – Coeficientes da Distribuição Beta – janeiro a dezembro 1996-1999.

Parâmetros da distribuição Beta				
	p		ci	
Jan	0,9853	17,5884	0,9697	17,241
			1,0008	17,936
Fev	0,9941	17,9383	0,9800	17,619
			1,0083	18,258
Mar	0,9998	17,9471	0,9911	17,750
			1,0086	18,145
Abr	0,9891	17,6064	0,9727	17,233
			1,0055	17,980
Mai	1,0042	18,0526	0,9959	17,864
			1,0126	18,241
Jun	1,0073	18,1383	0,9979	17,926
			1,0167	18,351
Jul	0,9948	17,9221	0,9855	17,712
			1,0040	18,132
Ago	1,0002	18,0125	0,9904	17,791
			1,0100	18,234
Set	0,9955	17,8734	0,9852	17,642
			1,0058	18,105
Out	0,998	17,9919	0,9902	17,814
			1,0058	18,169
Nov	1,0027	18,1602	0,9937	17,955
			1,0118	18,366
Dez	0,9932	17,9622	0,9814	17,694
			1,0050	18,231
total	0,9996	17,9947	0,9967	17,958
			1,0025	18,061

APÊNDICE C

Perfil da Variância das Componentes Principais

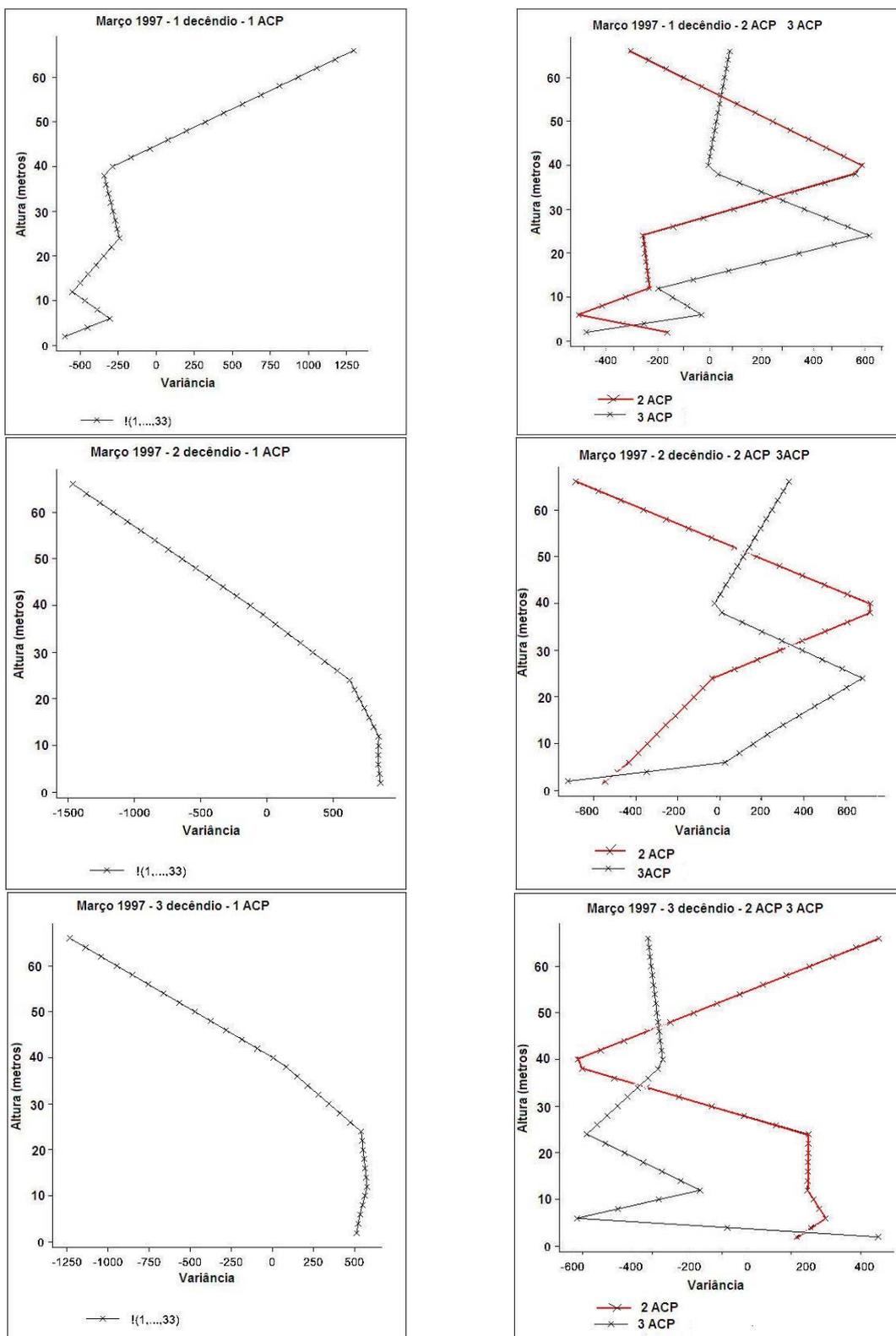


Figura C.1 – Variâncias ACP por decêndio para o mês de março 1997.

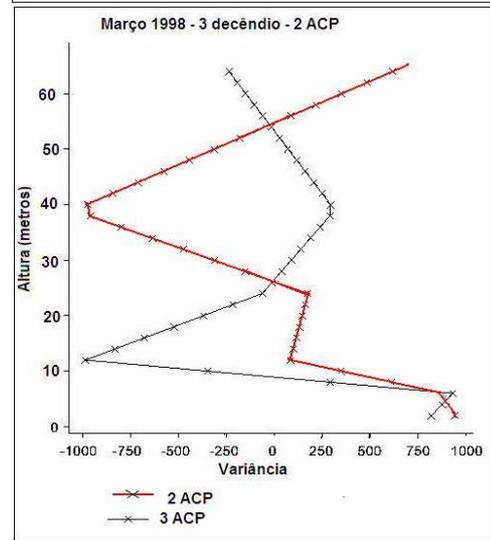
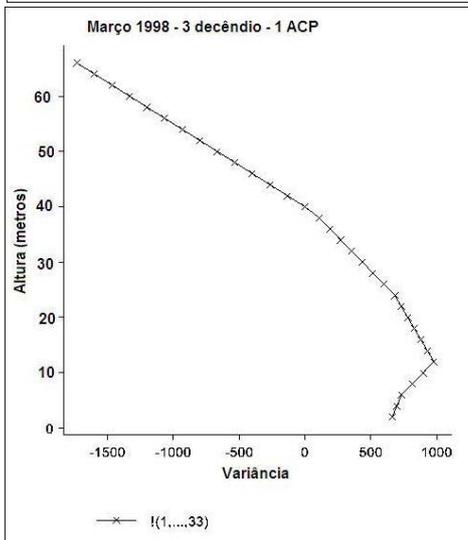
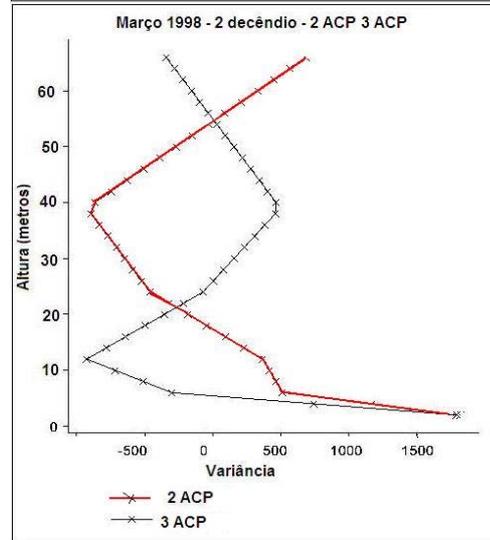
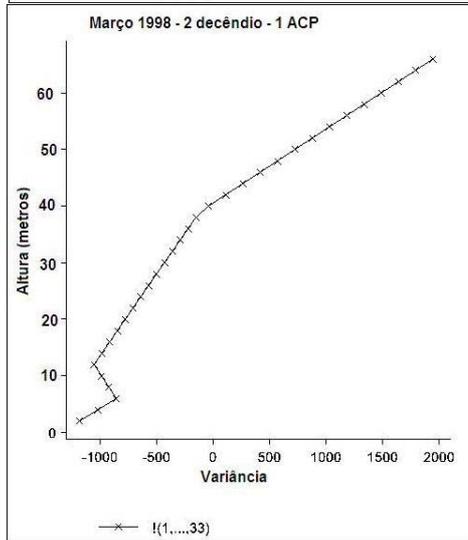
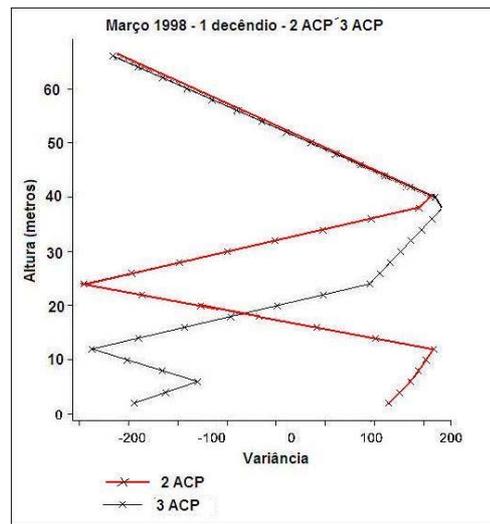
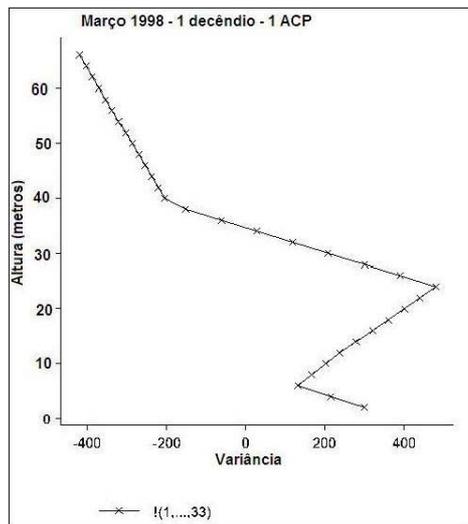


Figura C.2 – Variâncias ACP por decênio para o mês de março 1998.

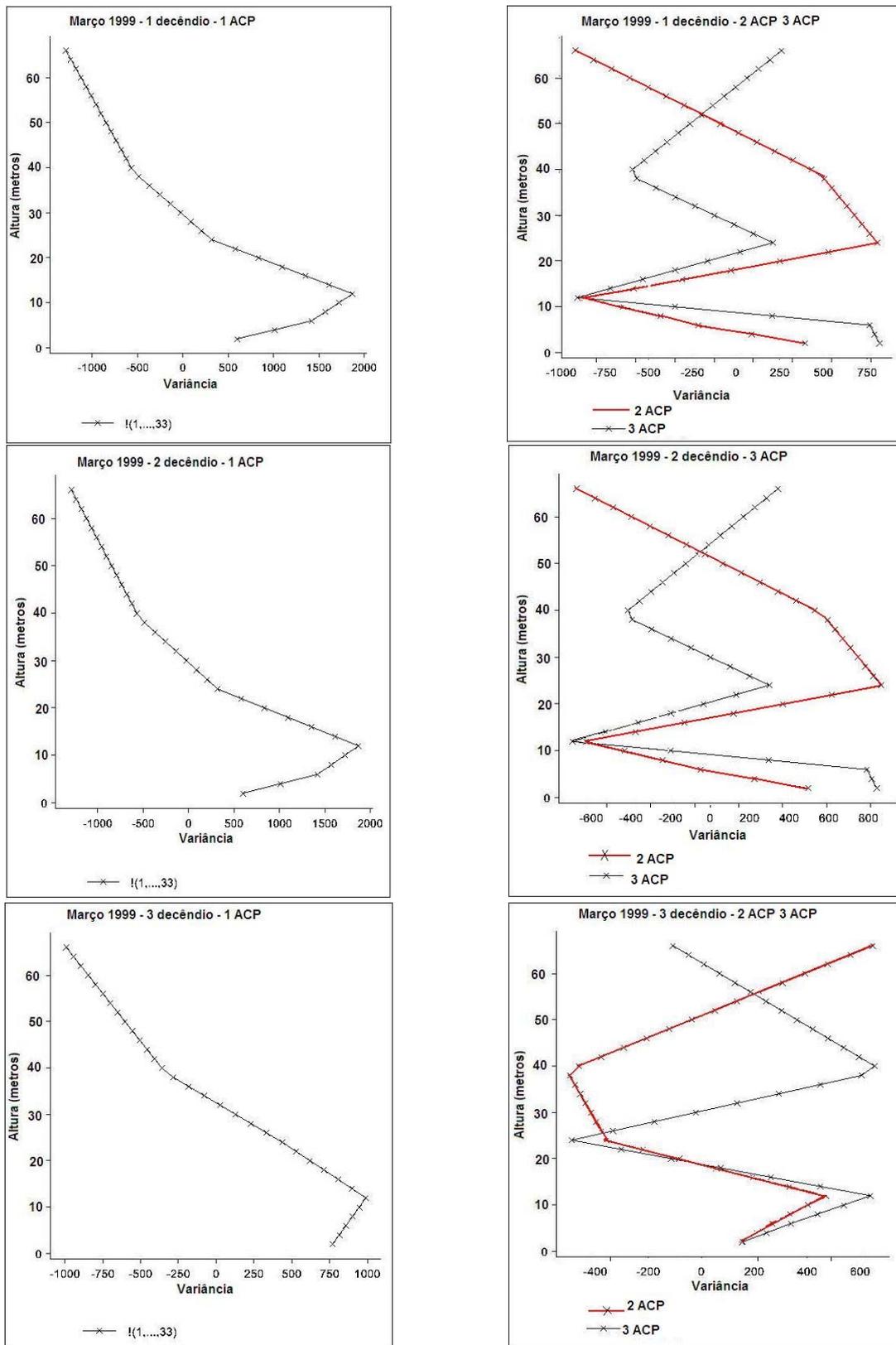


Figura C.3 – Variâncias ACP por decênio para o mês de março 1999.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)