

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**CONSISTÊNCIA DOS PERÍODOS DOMINANTES DAS
VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS DA
FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO NORTE DE MATO
GROSSO UTILIZANDO ANÁLISE DE FOURIER**

STÉFANO TEIXEIRA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO ROBERTO DE PAULO

Cuiabá-MT, Março de 2011.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**CONSISTÊNCIA DOS PERÍODOS DOMINANTES DAS
VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS DA
FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO NORTE DE MATO
GROSSO UTILIZANDO ANÁLISE DE FOURIER**

STÉFANO TEIXEIRA SILVA

*Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Física Ambiental da
Universidade Federal de Mato Grosso, como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Física Ambiental.*

ORIENTADOR: DR. SÉRGIO ROBERTO DE PAULO

Cuiabá-MT, Março de 2011.

FICHA CATALOGRÁFICA

S586c Silva, Stéfano Teixeira
Consistência dos períodos dominantes das variáveis micrometeorológicas da floresta de transição no norte de Mato Grosso utilizando análise de Fourier / Stéfano Teixeira Silva. – 2011.
xi, 101 f. : il. ; color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Pós-graduação em Física Ambiental, 2011.
Bibliografia: f. 98-101.

1. Micrometeorologia – Mato Grosso. 2. Variáveis micrometeorológicas – Séries de Fourier. 3. Floresta de transição - Micrometeorologia. I. Título.

CDU – 551.5(817.2)(043.3)

Ficha elaborada por: Rosângela Aparecida Vicente Söhn – CRB-1/931

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: CONSISTÊNCIA DOS PERÍODOS DOMINANTES DAS
VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS DA
FLORESTA DE TRANSIÇÃO NO NORTE DE MATO
GROSSO UTILIZANDO ANÁLISE DE FOURIER**

AUTOR: STÉFANO TEIXEIRA SILVA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 28 de fevereiro de 2011, pela
comissão julgadora:



Prof. Dr. Sérgio Roberto de Paulo – Orientador
Instituto de Física – UFMT



Prof. Dr. Marcelo Peres Rocha - Examinador Externo
Instituto de Geociências – Universidade de Brasília - UNB



Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior – Examinador Interno
Programa Nacional de Pós Doutorado – PNPd/CAPES

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Francisco Nascimento
e Sandra Mara por todo amor, dedicação e incentivo.
Aos meus irmãos Mizael e Chiquinho pela amizade verdadeira.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus por sua infinita bondade.
- Aos meus pais.
- Aos meus irmãos.
- Ao meu professor orientador Dr. Sérgio Roberto de Paulo.
- Ao professor coordenador do PPGFA Dr. José de Souza Nogueira.
- Aos meus amigos de convívio durante esses dois anos, principalmente no semestre da fazenda.
- A todos os professores, funcionários da administração e colaboradores do curso.
- Ao CNPq pela bolsa de estudo.

Apliquei o coração a esquadrihar e a informar-me com sabedoria de tudo quanto sucede debaixo do céu; este enfadonho trabalho impôs Deus aos filhos dos homens, para nele os afligir.

(Eclesiastes 1:13)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS	4
2.2. FLORESTA DE TRANSIÇÃO	5
2.3. MÉTODO DA COVARIÂNCIA DE VÓRTICES TURBULENTOS (EDDY COVARIANCE)	6
2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ESTUDO	7
2.4.1. Temperatura do ar	7
2.4.2. Umidade Relativa do ar	8
2.4.3. Energia Térmica ou Intensidade Radiante	8
2.4.4. Fluxos de Energia	9
2.4.5. Fluxo de CO ₂	9
2.4.6. Vento	10
2.5. SISTEMAS DINÂMICOS NÃO LINEARES	11
2.6. SÉRIES TEMPORAIS E TEORIA DA COMPLEXIDADE	12
3. MATERIAL E METODOS	15
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - LOCALIZAÇÃO	15
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DA VEGETAÇÃO	16
3.3 INSTRUMENTAÇÃO MICROMETEOROLÓGICA	16
3.4 MÉTODO	17
3.4.1 Análise de Fourier	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4.1 COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS ...	21
4.1.1. Temperatura do Ar	21

4.1.2. Umidade Relativa do Ar	23
4.1.3. Fluxo de Carbono.....	24
4.1.4. Fluxo de Calor Sensível.....	26
4.1.5. Fluxo de Calor Latente	27
4.1.6. Componente zonal da velocidade do vento (U_x)	29
4.1.7. Componente meridional da velocidade do vento (U_y).....	30
4.1.8. Componente vertical da velocidade do vento (U_z)	32
4.2 TEMPERATURA DO AR	33
4.3 INTENSIDADE RADIANTE	44
4.4 UMIDADE RELATIVA	51
4.5 FLUXO DE CARBONO	58
4.6 CALOR SENSÍVEL.....	66
4.7 CALOR LATENTE.....	72
4.8 COMPONENTE ZONAL DA VELOCIDADE DO VENTO (U_x).....	78
4.9 COMPONENTE MERIDIONAL DA VELOCIDADE DO VENTO (U_y).....	85
4.10 COMPONENTE VERTICAL DA VELOCIDADE DO VENTO (U_z).....	91
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Balanço radiativo da atmosfera e efeito estufa.	5
FIGURA 2: Localização do sítio de estudo e da torre experimental.	15
FIGURA 3: Planilha para o cálculo do dia médio (mês de setembro do ano de 2002).	18
FIGURA 4: Valores dos dias médios mensais da temperatura do ar durante o período de estudo (1999-2007).....	22
FIGURA 5: Valores dos dias médios mensais da umidade relativa do ar durante o período de estudo (1999-2007).	24
FIGURA 6: Valores dos dias médios mensais do fluxo de carbono durante o período de estudo (1999-2007).....	25
FIGURA 7: Valores dos dias médios mensais do fluxo de calor sensível durante o período de estudo (1999-2007).	27
FIGURA 8: Valores dos dias médios mensais do fluxo de calor latente durante o período de estudo (1999-2007).	28
FIGURA 9: Valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente zonal) durante o período de estudo (1999-2007).	30
FIGURA 10: Valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente meridional) durante o período de estudo (1999-2007).....	31
FIGURA 11: Valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente vertical) durante o período de estudo (1999-2007).	33
FIGURA 12: Registro da variável T medida durante o período chuvoso (janeiro de 2000) da floresta de Sinop.....	34
FIGURA 13: Comportamento do dia médio do mês de janeiro de 2000.....	34
FIGURA 14: Valores do coeficiente a_n para a variável T em janeiro de 2000.....	35
FIGURA 15: Valores do coeficiente b_n para a variável T em janeiro de 2000.....	36
FIGURA 16: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável T em janeiro de 2000.	37
FIGURA 17: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável T em janeiro de 2000.....	37

FIGURA 18: Valores do coeficiente a_n para a variável T em abril de 2002.....	38
FIGURA 19: Valores do coeficiente b_n para a variável T em abril de 2002.	38
FIGURA 20: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável T.....	43
FIGURA 21: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável T.	44
FIGURA 22: Valores do coeficiente a_n para o mês de agosto de 2002.	45
FIGURA 23: Valores do coeficiente a_n para o mês de maio de 2007.....	45
FIGURA 24: Valores do coeficiente b_n para o mês de agosto de 2002.	46
FIGURA 25: Valores do coeficiente b_n para o mês de maio de 2007.....	46
FIGURA 26: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável I.....	50
FIGURA 27: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável I.	50
FIGURA 28: Valores do coeficiente a_n para o mês de março de 2000.....	52
FIGURA 29: Valores do coeficiente a_n para o mês de julho de 2005.....	52
FIGURA 30: Valores do coeficiente b_n para o mês de março de 2000.....	53
FIGURA 31: Valores do coeficiente a_n para o mês de julho de 2005.....	53
FIGURA 32: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável UR.	57
FIGURA 33: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável UR.	57
FIGURA 34: Valores do coeficiente a_n para o mês de fevereiro de 2000.	59
FIGURA 35: Valores do coeficiente a_n para o mês de junho de 2007.....	59
FIGURA 36: Valores do coeficiente b_n para o mês de fevereiro de 2000.	60
FIGURA 37: Valores do coeficiente b_n para o mês de junho de 2007.....	60
FIGURA 38: Registro da variável F_c medida durante o período intermediário chuvoso-seco (maio de 2005) da floresta de Sinop.....	62
FIGURA 39: Comportamento do dia médio do mês de maio de 2005 para a variável F_c	62
FIGURA 40: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável F_c	65
FIGURA 41: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável F_c	65
FIGURA 42: Valores do coeficiente a_n para o mês de janeiro de 2006.....	67
FIGURA 43: Valores do coeficiente a_n para o mês de setembro de 2002.	67
FIGURA 44: Valores do coeficiente b_n para o mês de janeiro de 2006.	68
FIGURA 45: Valores do coeficiente b_n para o mês de setembro de 2002.	68
FIGURA 46: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável H em setembro de 2002.....	69

FIGURA 47: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável H em setembro de 2002.	69
FIGURA 48: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável H.	72
FIGURA 49: Valores do coeficiente a_n para o mês de outubro de 2002.	73
FIGURA 50: Valores do coeficiente a_n para o mês de maio de 2007.....	73
FIGURA 51: Valores do Coeficiente b_n para o mês de outubro de 2002.	74
FIGURA 52: Valores do Coeficiente b_n para o mês de maio de 2007.....	74
FIGURA 53: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável LE em outubro de 2002.	75
FIGURA 54: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável LE em outubro de 2002.....	75
FIGURA 55: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável LE.	78
FIGURA 56: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_x em setembro de 2005..	79
FIGURA 57: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_x em fevereiro de 2007..	80
FIGURA 58: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_x em setembro de 2005.	80
FIGURA 59: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_x em fevereiro de 2007.	81
FIGURA 60: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_x em fevereiro de 2007.....	81
FIGURA 61: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_x em fevereiro de 2007.....	82
FIGURA 62: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável U_x	84
FIGURA 63: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável U_x	84
FIGURA 64: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_y em fevereiro de 2007..	85
FIGURA 65: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_y em maio de 2005.	86
FIGURA 66: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_y em fevereiro de 2007.	86
FIGURA 67: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_y em maio de 2005.....	87
FIGURA 68: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_y em maio de 2005.	87
FIGURA 69: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_y em maio de 2005.....	88
FIGURA 70: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável U_y	90
FIGURA 71: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável U_y	90
FIGURA 72: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_z em abril de 2005.....	91

FIGURA 73: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_z em dezembro de 2005.	92
FIGURA 74: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_z em abril de 2005.....	92
FIGURA 75: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_z em dezembro de 2005.	93
FIGURA 76: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_z em dezembro de 2005.....	93
FIGURA 77: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_z em dezembro de 2005.	94
FIGURA 78: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável U_z	96
FIGURA 79: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável U_z	96

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Média mensal da temperatura máxima (°C), da temperatura mínima (°C) e da temperatura média mensal no período de 1999 - 2007.....	22
TABELA 2: Média mensal da umidade relativa máxima (%), da umidade relativa mínima(%) e da umidade relativa média mensal no período de 1999 - 2007.....	23
TABELA 3: Média mensal do fluxo de carbono máximo ($\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$),.....	25
TABELA 4: Média mensal do fluxo de calor sensível (W.m^{-2}) máximo,	26
TABELA 5: Média mensal do fluxo de calor latente (W.m^{-2}) máximo,.....	28
TABELA 6: Média mensal da velocidade do vento (componente zonal) (m/s) máxima, da velocidade do vento (componente zonal) mínima e da velocidade do vento (componente zonal) média no período de 2005-2007.....	29
TABELA 7: Média mensal da velocidade do vento (componente meridional) (m/s) máxima, da velocidade do vento (componente meridional) mínima e da velocidade do vento (componente meridional) média no período de 2005-2007.	31
TABELA 8: Média mensal da velocidade do vento (componente vertical) (m/s) máxima, da velocidade do vento (componente vertical) mínima e da velocidade do vento (componente vertical) média no período de 2005-2007.....	32
TABELA 9: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável T durante o período de estudo.	35
TABELA 10: Valores dos períodos mensais dos coeficientes a_n para a variável T durante o período de 1999-2007.	41
TABELA 11: Valores dos períodos mensais dos coeficientes b_n para T durante o período de 1999-2007.	42
TABELA 12: Valores dos períodos anuais e interanual para os coeficientes a_n e b_n da variável T.....	42
TABELA 13: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável I durante o período de 1999-2007.	48
TABELA 14: Valores dos períodos mensais dos coeficientes b_n para a variável I durante o período de 1999-2007.	49

TABELA 15: Valores dos períodos anuais e interanual para os coeficientes a_n e b_n da variável I.....	49
TABELA 16: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável UR durante o período de estudo.....	51
TABELA 17: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável UR durante o período de 1999-2007.	55
TABELA 18: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável UR durante o período de 1999-2007.	56
TABELA 19: Valores dos períodos anuais e interanual para os coeficientes a_n e b_n da variável UR.	56
TABELA 20: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável F_c durante o período de estudo.....	58
TABELA 21: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável F_c durante o período de 1999-2007	63
TABELA 22: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável F_c durante o período de 1999-2007	64
TABELA 23: Valores dos períodos anuais e interanual para os coeficientes a_n e b_n da variável F_c	64
TABELA 24: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável H durante o período de estudo.	66
TABELA 25: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n do fluxo de H durante o período de 1999-2007.	71
TABELA 26: Valores dos períodos anuais e interanual para o coeficiente a_n do fluxo de H.	71
TABELA 27: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável LE durante o período de 1999-2007.	77
TABELA 28: Valores dos períodos anuais e interanual para o coeficiente a_n da variável LE.	77
TABELA 29: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável velocidade do vento (componente zonal) durante o período de estudo.	79

TABELA 30: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável U_x durante o período de estudo.	83
TABELA 31: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável U_x durante o período de estudo.	83
TABELA 32: Valores dos períodos anuais e interanual para o coeficiente a_n e b_n da variável U_x	83
TABELA 33: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável U_y durante o período de estudo.	89
TABELA 34: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável U_y durante o período de estudo.	89
TABELA 35: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n e b_n da variável U_y durante o período de estudo.	89
TABELA 36: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável U_z durante o período de 1999-2007	95
TABELA 37: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável U_z durante o período de estudo.	95
TABELA 38: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n e b_n da variável U_z durante o período de 1999-2007.	95

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

a_0 - Valor medio dos dados micrometeorológicos

a_n e b_n - Coeficientes da série de Fourier

CO_2 – Dióxido de Carbono

C_p - calor específico do ar  pressão constante

d- dia

e - pressão real do vapor de água

e_s - pressão de saturação de vapor de gua

FFT - Fast Fourier Transform ou transformada rápida de Fourier

F_c – fluxo de carbono

H - Calor Sensível

h- hora

H_2O – Vapor d'gua

I – Intensidade Radiante ou Energia Térmica

IPCC- Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima

LBA- Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia

LE- Fluxos de Calor Latente

n- ordem ou ndice que indica o pico

T- Temperatura do ar

T- é o período

UR - Umidade relativa do ar

U_x – Componente zonal da velocidade do vento

U_y - Componente meridional da velocidade do vento

U_z - Componente vertical da velocidade do vento

w - é a velocidade vertical

Δt - é a quantidade de dias

λ - calor latente de vaporização

ρv - umidade absoluta

ρ_c - concentração de CO₂

ρ - densidade do ar,

σ - constante de Stefan-Boltzman ($5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

RESUMO

SILVA, S. T. *Consistência dos períodos dominantes das variáveis micrometeorológicas da floresta de transição no norte de Mato Grosso utilizando a Análise de Fourier*. Cuiabá, 2011. 99f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Este estudo foi realizado utilizando dados coletados no período de 1999-2007 numa região de floresta tropical de transição Amazônica-Cerrado, localizada aproximadamente a 50 km da cidade de Sinop, norte de Mato Grosso, Brasil (11°24,75' S, 55°19,50' W) com dados obtidos com o sistema de covariância de vórtices turbulentos (eddy covariance). O objetivo foi identificar e verificar se os períodos dominantes intradiários são coerentes com os encontrados em trabalhos anteriores, isto é, se eles se mantêm quando são consideradas médias horárias de dados de intervalos de tempo longos (mensais, anuais e interanuais) de temperatura (T), umidade relativa (UR), fluxo de carbono (F_c), fluxo de calor latente (LE), calor sensível (H) e componentes da velocidade do vento (U_x , U_y e U_z) utilizando Análise de Fourier, além de investigar o comportamento dos períodos dominantes frente às transformações não lineares dos dados de T. Os períodos dominantes encontrados foram de 24h, 12h, 8h, 6h, 4h, 4,8h e 3,4h. Esses valores mostram a dependência das variáveis com o ciclo da radiação solar e possivelmente com a dinâmica de abertura e fechamento dos estômatos, valores iguais de períodos dominantes encontrados para cada variável também sugerem um acoplamento estrutural entre elas.

Palavras-chave: variáveis micrometeorológicas, séries de Fourier, períodos dominantes.

ABSTRACT

SILVA, S. T. *Consistency domain periods of the micrometeorological variables of transitional forest in northern Mato Grosso, using Fourier Analysis*. Cuiabá, 2011. 99f. Dissertation (Master's degree in Environmental Physics) – Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

This study was conducted using data collected between 1999-2007 in a region of rain Amazon - Savanna transition forest, located approximately 50 km from the city of Sinop in northern Mato Grosso, Brazil ($11^{\circ}24.75' S$, $55^{\circ}19.50' W$) with data obtained with eddy covariance system. The objective was to identify and verify if the intraday dominant periods are consistent with those found in previous studies, that is, if they remain where they are considered hourly averages of data from longer time intervals (monthly, annual and interannual) temperature (T) relative humidity (UR), carbon flux (Fc), latent heat flux (LE), sensible heat (H) and wind velocity components (U_x , U_y and U_z) using Fourier analysis, and also to investigate the behavior of dominant periods in the face of non-linear transformations T data. The dominant periods found were 24h, 12h, 8h, 6h, 4h, 4,8h and 3.4 h. These values show the dependence of the variables with the cycle of solar radiation and possibly the dynamics of the opening and closing of stomata, equal values of dominant periods found for each variable also suggest a structural connection between them.

Keywords: micrometeorological variables, Fourier series, dominant periods.

1. INTRODUÇÃO

Em todo o mundo tem sido feitas muitas pesquisas a respeito de processos envolvidos no funcionamento de ecossistemas, mesmo assim pouco se sabe sobre a dinâmica própria deles. Isso se deve ao fato dos mesmos serem sistemas abertos e fora do equilíbrio, envolvendo processos determinísticos e estocásticos.

As leis físicas conseguem descrever apenas parcialmente o comportamento das variáveis micrometeorológicas, sendo assim uma análise delas ao longo do tempo seria importante para se compreender a dinâmica de funcionamento desses ecossistemas.

Em geral, nesta área de conhecimento, há muitos dados dispostos ao longo do tempo, e poucos ao longo do espaço, uma vez que os dados são obtidos predominantemente com equipamentos automatizados instalados em lugar fixo, logo: a análise através de séries temporais é uma ferramenta essencial para a compreensão da componente regular da variabilidade temporal.

O Brasil é um país que tem uma grande diversidade de ecossistemas e conforme é bastante conhecido, a região do Estado de Mato Grosso tem uma importância especial no que diz respeito à questão das mudanças climatológicas globais. Apesar de não contar com um parque industrial que contribua significativamente para a adição de gás carbônico na atmosfera, as queimadas no estado se constituem numa respeitável taxa de conversão de carbono sólido vegetal em CO₂, além do que (e talvez este seja o fator principal) a ocupação humana no estado tem convertido em grande escala regiões de floresta em áreas de plantio e criação de gado.

Um importante ecossistema do estado mato-grossense é a Floresta de Transição Amazônica-Cerrado. A compreensão dos processos envolvidos e da periodicidade das variáveis ajudaria a entender o funcionamento do mesmo.

A Floresta Amazônica é constituída por uma área contínua de floresta tropical tendo elevados índices de precipitação e um ecossistema caracterizado por sustentar extensa biodiversidade, a temperatura média anual é de 24°C com pequena variação nas estações, e uma precipitação média anual de 2000 mm. (VOURLITS et al., 2002). A maior parte (64%) da cobertura vegetal da Amazônia Legal é florestal, sendo que os cerrados e campos representam conjuntamente 25% e cerca de 12% da Amazônia está alterada pela ação antrópica (a maioria, área desmatada).

O desmatamento modifica interações físicas e químicas entre o solo, a vegetação e atmosfera, ou seja, quando a derrubada atinge grandes extensões, pode provocar sensíveis mudanças no sistema de circulação que compõe o clima (NOBRE e GASH, 1997).

As mudanças na dinâmica dos ecossistemas são preocupantes, pois os fenômenos naturais envolvidos são fenômenos complexos, ou seja, eles obedecem às condições da Teoria da Complexidade. Isso significa que pequenas alterações nas condições ambientais presentes podem resultar em fortes mudanças climáticas no futuro. Isso ocorre se os parâmetros físicos envolvidos nos múltiplos fenômenos ambientais estiverem perto de certos valores críticos.

São encorajadores os resultados recentes obtidos pelo Grupo de Pesquisa em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, na análise de dados mensais de temperatura, fluxo de calor latente e sensível coletados na torre de Sinop. Constatou-se, através da identificação das frequências dominantes realizados por PINHEIRO (2008) e MARIANO (2008) que para períodos intradiários, o fenômeno mais importante depois do ciclo diário da radiação solar, é o processo de abertura e fechamento dos estômatos. O ideal nesse momento é investir na modelagem desse fenômeno. Agora, é necessário aprofundar o estudo e o ideal é analisar outras variáveis e trabalhar com mais anos, além de testar a consistência dos resultados anteriores, trabalhando com médias horárias diárias.

O objetivo deste trabalho foi: identificar e verificar se os períodos dominantes intradiários são coerentes com os encontrados em trabalhos anteriores, isto é, se eles se mantêm quando são consideradas médias horárias de dados de intervalos de tempos longos (mensais, anuais e interanuais) dos seguintes dados micrometeorológicos: fluxos de carbono (F_c), calor latente (LE), calor sensível (H),

temperatura (T), componentes da velocidade do vento (U_x “componente zonal”, U_y “componente meridional” e U_z “componente vertical”), umidade relativa do ar (UR), coletados na floresta de transição no noroeste de Sinop-MT, utilizando análise de Fourier de dados coletados entre 1999-2007. Analisou-se também se os períodos dominantes se mantêm frente às transformações não lineares dos dados, por exemplo, quando valores são elevados a potências, neste caso vamos trabalhar com a temperatura elevada a quarta potência que é proporcional a Energia térmica ou Intensidade Radiante (I).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A Terra sempre esteve em constantes mudanças de temperatura em ciclos de milhares de anos de aquecimento e glaciação causados por fenômenos naturais. Com o advento da Revolução Industrial, a mudança de temperatura causada pelo homem através da poluição começou a se evidenciar por meio de alterações no microclima, com o aumento da temperatura nos grandes centros urbanos, por exemplo, e mais recentemente no macroclima, com a elevação do nível do mar, uma ameaça em escala global que pode causar escassez de alimentos e graves problemas sociais.

Quando se fala em mudanças climatológicas é imperativo falar sobre o efeito estufa, que é um fenômeno natural benéfico para o planeta, ocasionado pelos gases constituintes da atmosfera terrestre que absorvem e reemitem a radiação infravermelha pelo sistema solo-planta, regulando a temperatura média do planeta, possibilitando a existência de vida na Terra. O problema em si, ao contrário do senso comum, não é o efeito estufa, pois este é natural e favorável ao seres vivos. A grande atenção deve ser voltada às alterações que ações antrópicas podem provocar nas concentrações dos gases atmosféricos, alterando o equilíbrio natural desse fenômeno (Figura 1).

Segundo o IPCC (2000) um dos principais gases do efeito estufa que teve seu aumento intensificado após a Revolução Industrial foi o CO₂, passando de concentrações de 285ppm para 365ppm. Os últimos resultados divulgados indicam que haverá elevação da temperatura por todo o planeta, dos níveis médios dos oceanos, de chuvas, secas prolongadas, inundações e fenômenos naturais extremos como furacões.



FIGURA 1: Balanço radiativo da atmosfera e efeito estufa.

Fonte: GDR- Grupo de detecção remota website.

A Amazônia tem um destaque especial no âmbito das mudanças climáticas globais por ser uma floresta que contém uma grande biodiversidade de fauna e flora, e pelos efeitos que as queimadas e mudanças de uso e ocupação do solo podem provocar no clima, hidrologia, ciclos biogeoquímicos, em escala regional e global. Devido a sua grande extensão, essa floresta exerce um papel importantíssimo no balanço de energia e ciclos da água e de carbono.

A compreensão da dinâmica que regula os ciclos naturais desta floresta pode ajudar nas pesquisas sobre mudanças climáticas.

2.2. FLORESTA DE TRANSIÇÃO

A floresta de transição ou éctonos são áreas de transição entre a floresta Amazônica e o Cerrado e/ou Mata Atlântica que apresenta característica de ambas as formações. À noroeste de Mato Grosso são encontradas extensas áreas de transição entre a floresta Amazônica e o Cerrado (SILVA, 2006; MONTEIRO et.al., 2004).

Essa floresta merece atenção especial no estado de Mato Grosso, pois ela representa cerca de 42% do território, numa região onde está o chamado arco do

desmatamento, que pode sofrer mudanças em sua composição e estrutura acarretando em alterações no microclima (MARIANO, 2008).

Segundo TANNUS (2004) o estudo de florestas de transição permite conhecer melhor as trocas de energia ainda pouco quantificadas, pois a compreensão do funcionamento dessas áreas é de fundamental importância para o entendimento dos mecanismos de deslocamentos dos biomas e o destino destes perante as mudanças ambientais.

2.3. MÉTODO DA COVARIÂNCIA DE VÓRTICES TURBULENTOS (EDDY COVARIANCE)

Para analisar e acompanhar os fluxos de energia e massa, este trabalho utilizou o método de covariância de vórtices turbulentos, este método permite a obtenção de dados do meio em que está instalado para estimar os fluxos de dióxido de carbono (CO₂), vapor d'água (H₂O) e fluxos de calor sensível, o método é o mais apropriado para estudar esses fenômenos físicos por se tratar de uma floresta em que as transferências ocorrem de maneira turbulenta. (AGUIAR, 2005).

O processo de convecção produz vórtices turbulentos devido às forças de atrito que agem entre a superfície e o vento. O tamanho destes vórtices varia de acordo com as características da superfície (topografia, distribuição da vegetação, etc), mas eles têm a tendência de serem maiores quanto maiores forem suas alturas em relação à superfície, e seu tamanho é inversamente proporcional a sua velocidade. O transporte turbulento é muito mais rápido do que o transporte por difusão, por isso, as trocas de massa e calor entre a superfície e a atmosfera são, essencialmente, feitas por transferência turbulenta (JONES, 1992).

Neste método, o fluxo vertical de uma propriedade qualquer transportada em um ponto é obtida pela correlação das flutuações na concentração daquela propriedade com as flutuações na direção vertical do vento, dessa maneira de acordo com o método, os fluxos de calor sensível, fluxos de calor latente e fluxos de carbono, são calculados de acordo com as Equações 1, 2 e 3.

$$\text{Fluxo de Calor Sensível:} \quad H = -\rho C_p \overline{W'T'} \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Fluxo de Calor Latente:} \quad LE = -\lambda \overline{W'\rho v'} \quad \text{Equação 2}$$

Fluxo de CO₂:
$$Fc = \overline{W'\rho_c'}$$
 Equação 3

Onde w é a velocidade vertical, T é temperatura potencial do ar, ρv é a umidade absoluta, ρ_c é a concentração de CO₂, ρ é a densidade do ar, C_p é o calor específico do ar à pressão constante λ é o calor latente de vaporização (GALLON, 2005).

O método de covariância de vórtices turbulentos é o mais utilizado para estimar as trocas de massa e energia entre os ecossistemas e a atmosfera, entretanto, esse método é falho quando existe a ausência de vento (ou este possui velocidade tão pequena que a turbulência gerada por ele não é percebida pelos sensores). Mudanças nas condições meteorológicas, por exemplo, podem acarretar em subestimativa ou superestimativa dos fluxos de massa e energia (FILHO, 2004).

2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ESTUDO

2.4.1. Temperatura do ar

A temperatura em si pode ser conceituada como sendo a medida do grau médio de agitação molecular e a temperatura do ar pode ser expressa de maneira simples como sendo a energia contida no meio (OMETTO, 1981). Ela está relacionada com a energia cinética média de translação medida em relação ao centro de massa do ar (HALLIDAY et. al. 1996).

Desde o nascer do sol, a superfície do solo recebe continuamente energia e à medida que há mudança no movimento aparente do sol, há um aumento da energia incidente e uma conseqüente elevação da temperatura da atmosfera, devido à maior emissão por parte do solo.

No decurso de um dia, as temperaturas mínimas e máximas ocorrem antes do nascer do sol e próximo ao meio dia, respectivamente, caracterizando um ciclo muito bem definido para esta variável, assim como todas as outras que tem o sol como maior influência em seu comportamento. A variação diária da temperatura do ar segue a variação do balanço de radiação.

2.4.2. Umidade Relativa do ar

Umidade do ar nada mais é do que a quantidade de vapor d'água presente no ar atmosférico.

Umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). Ela é um dos indicadores usados na meteorologia para se saber como o tempo se comportará (fazer previsões). Essa umidade presente no ar é decorrente de uma das fases do ciclo hidrológico, o processo de evaporação da água. O vapor de água sobe para a atmosfera e se condensa acumulando-se em forma de nuvens, mas uma parte passa a compor o ar que circula na atmosfera.

A umidade relativa do ar é definida de acordo com a Equação 4:

$$UR = \frac{e}{e_s} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

em que:

e = pressão real do vapor de água

e_s = pressão de saturação de vapor de água

Quando se diz, por exemplo, que a umidade relativa do ar é 80% significa que faltam 20% para que o ar fique saturado de vapor de água e haja um equilíbrio no fluxo de saída das moléculas de água para o ar e do ar para água.

2.4.3. Energia Térmica ou Intensidade Radiante

O Sol, a estrela mais próxima do planeta Terra, fornece energia suficiente para que haja processos cíclicos e interações biogeoquímicas, que favorecem a vida. Todos os corpos emitem radiação eletromagnética como consequência da agitação térmica das partículas que os constituem.

A Terra, ao receber radiação solar, direta ou difusa (ondas curtas), terá sua temperatura aumentada, emitindo consequentemente radiação de ondas longas, obedecendo à Lei de Stefan-Boltzmann (Equação 5): “a energia emitida por um

corpo I, em ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) é proporcional a quarta potência de sua temperatura absoluta T, em (K)” (Figura 2).

$$I = \sigma T^4 \quad \text{Equação 5}$$

em que:

$$\sigma = \text{constante de Stefan-Boltzman que vale } 5,6697 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}^4$$

2.4.4. Fluxos de Energia

A principal fonte de energia de um ecossistema é o Sol, esta energia é em parte usada para manutenção das funções vitais dos seres vivos e a maior parte liberada na forma de calor. A energia liberada pode ser na forma de calor sensível, destinado a aquecer o meio, ou calor latente, mudando substâncias de estado físico, como por exemplo a água (PALÚ, 2008). Essas duas variáveis também são objetos de estudo deste trabalho, pois são algumas das componentes do balanço de energia dentro da floresta.

O fluxo de calor sensível (H) utilizado para aquecer o ar atmosférico ocorre quando a radiação líquida disponível à superfície do solo ocasiona no ar atmosférico imediatamente ao contato com ela, uma transferência molecular de energia. No caso do ar atmosférico, esse transporte ocorre em uma camada de espessura extremamente reduzida em contato com a superfície do solo (OMETTO, 1981).

2.4.5. Fluxo de CO₂

O estudo dos fluxos e concentração de CO₂ tem se tornado cada vez mais importante. Muitos trabalhos já foram realizados no sentido de se observar e tentar quantificar os fluxos atmosféricos de CO₂ utilizando o método de eddy covariance, baseado na técnica de correlação de vórtices turbulentos, cuja metodologia tem sido empregada com sucesso no Brasil, em áreas de Florestas (GRACE et al., 1996; MALHI et al., 1998).

A região de Sinop tem suas florestas localizadas dentro do limite da Amazônia Legal, e tem nos seus ecossistemas um objeto de estudo valioso para entender a dinâmica de fluxo de CO₂.

O fluxo de CO₂ do solo para atmosfera é um importante componente do ciclo do carbono e estimativas exatas de perda de carbono em medições diárias de fluxos de CO₂ requerem caracterização da variabilidade temporal associada a este processo. Com a reconhecida influência que as variações históricas de CO₂ tem sobre o comportamento global da temperatura, fica evidente a necessidade de se modelar esta variável.

2.4.6. Vento

O movimento do ar em relação à superfície terrestre é definido como vento. É gerado pela ação de gradientes horizontais de pressão atmosférica, sobre influência do movimento de rotação da Terra, da força centrífuga ao seu movimento e do atrito com a superfície, também é influenciado pelo contraste oceanico-continental e topográfico (VAREJÃO-SILVA, 2006).

O vento é uma das variáveis meteorológicas mais importantes e menos estudadas. No caso da agricultura, é conhecida a sua influência na aplicação de defensivos e em estudos voltados à propagação de doenças, polinização e práticas com quebra-vento. Além disso, a cada dia, o vento vem sendo mais utilizado como fonte de energia renovável (energia eólica).

Numa cultura vegetal, o vento pode ocasionar o efeito mecânico de agitação das árvores, dos galhos e, conseqüentemente, a queda de flores e frutos. Além do que, a massa de ar pode vir associada à alta energia das partículas constituintes (quentes) e com baixo teor em vapor d'água, provocando uma rápida seca fisiológica na planta, ou, se associada a baixa energia das partículas constituintes (fria), ocasiona, nas células do vegetal, uma situação de energia interna incompatível com as funções celulares, diminuindo ou aumentando a transpiração e a absorção de CO₂ (OMETTO, 1981; MUNHOZ e GARCIA, 2008).

O vento desempenha um papel importante no desenvolvimento das plantas, facilitando as trocas de calor, de dióxido de carbono e do vapor d'água entre a atmosfera e a vegetação, porém os ventos em grandes intensidades são bastante

temidos, podendo provocar grandes catástrofes e prejuízos na agropecuária (PALÚ, 2008).

O anemômetro sônico instalado na torre de Sinop é capaz de fornecer a velocidade do vento nas três direções, a saber, as componentes, zonal, meridional e vertical da velocidade do ar (objetos de estudo deste trabalho).

2.5. SISTEMAS DINÂMICOS NÃO LINEARES

A ciência clássica estuda sistemas fechados e em equilíbrio priorizando a ordem e a estabilidade, enquanto que a Teoria da Complexidade (ou Teoria de Sistemas Não Lineares) estuda fenômenos em sistemas abertos e fora do equilíbrio, sendo os ecossistemas sistemas abertos que estabelecem trocas de energia, matéria e quantidade de movimento com o entorno, logo os mesmos podem ser considerados sistemas dinâmicos não lineares.

Um sistema dinâmico pode ser representado por um sistema de equações diferenciais que evolui no tempo, podendo ser expresso da seguinte forma:

$$\dot{\mathbf{x}} = f(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in R^n$$

Dessa forma um campo vetorial \mathbf{x} está sendo submetido a uma mudança imposta por f . Essa função é determinada pelo problema em questão. Se essa função for não linear, trata-se de um sistema dinâmico não linear.

Os modelos matemáticos são muito úteis, mas às vezes se torna necessário analisar sistemas sem que se conheçam detalhes sobre sua dinâmica, como no caso de dados obtidos experimentalmente. Assim, nem sempre é possível criar um modelo simplificado que represente o problema.

A resolução de sistemas dinâmicos não lineares de forma analítica é muito difícil; uma alternativa para o estudo de sistemas dinâmicos que não possuem um modelo matemático estabelecido é a análise de séries temporais que podem ser obtidas diretamente de um experimento (KANTZ e SCHEREIBER, 2000; LIU, 2010).

Uma característica importante de um sistema não linear é sua periodicidade, a tendência a um período (ciclo) em relação ao tempo, ao espaço, ou a ambos. De acordo com este ponto de vista, pode-se considerar o ecossistema como um sistema não linear, acoplado por um conjunto de diferentes funções. O elemento básico das

séries temporais é o ciclo: uma completa descrição do sistema deve conter as frequências de todos os seus ciclos dominantes. Ou seja, uma maneira de caracterizar um sistema pode ser a constatação de possíveis frequências de um processo organizado de acordo com a sua relativa importância (PLATT e DENMAN, 1975).

2.6. SÉRIES TEMPORAIS E TEORIA DA COMPLEXIDADE

Um conjunto de observações dispostas no tempo é denominado como série temporal (MORETTIN e TOLOI, 2006).

Uma série temporal, também denominada série histórica, é uma seqüência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico. A característica mais importante deste tipo de dado é que as observações vizinhas são dependentes. Ao analisar uma série temporal, deseja-se modelar o fenômeno estudado para descrever seu comportamento, fazer estimativas e avaliar quais os fatores que influenciaram o comportamento da série, definindo relações de causa e efeito entre duas ou mais séries (DINIZ et al., 2008).

Séries temporais trazem consigo um padrão característico das variáveis e, quando se analisa uma variável do ponto de vista unidimensional, existe um número grande de variáveis interdependentes envolvidas (NICOLIS e PRIGOGINE, 1989).

Pode-se dizer que os sistemas utilizados na Teoria do Caos são os dinâmicos não-lineares, são sistemas determinísticos com sensibilidade às condições iniciais, que originam resultados aparentemente aleatórios.

Quando se deseja experimentalmente analisar um sistema complexo pode-se fazê-lo através de séries temporais. À primeira vista, pode parecer o estudo de uma única variável, porém essa variável conta com um grande conjunto de informações, devido a sua correlação (acoplamento) com outras variáveis que são importantes para a dinâmica do sistema. Nos sistemas complexos geralmente temos um número de variáveis, que quando combinadas entre si ou uma a uma, podem fornecer informações precisas sobre o referido acontecimento. Em modelos matemáticos, geralmente buscamos o estado preferencial da variável, e a este ponto chamamos de atrator (NICOLIS e PRIGOGINE, 1989).

Atualmente, a idéia de dinâmicas diferenciáveis e encontro de padrões tem avançado consideravelmente para propiciar entendimento de comportamentos irregulares de fenômenos físicos e químicos. Em particular, estas idéias têm ajudado na compreensão do princípio da turbulência em fluidos mecânicos (ECKMANN e RUELLE, 1985).

Existem vários métodos para identificar e medir o comportamento caótico em séries temporais experimentais, dependendo do que se quer caracterizar na trajetória. As técnicas incluem análise visual simples da série temporal representada por um gráfico no tempo da trajetória ou do atrator reconstruído para série temporal; análise de frequência das séries temporais (através da análise de Fourier); análise de estabilidade usando expoente de Lyapunov; análise de entropia, entre outras (KINSNER, 2006).

Segundo BALDOCHI et al. (2001) séries temporais de variáveis micrometeorológicas, como as que estão sendo estudadas neste trabalho, estão sujeitas a influências mútuas que se caracterizam por periodicidades próprias, assim sendo é de se esperar que apresentem um ciclo bem definido de 24 horas que corresponde a influência do ciclo de rotação da Terra.

A determinação da componente periódica da variabilidade temporal de variáveis micrometeorológicas é importante, pois ela está diretamente ligada a processos determinísticos relacionados a leis e fenômenos que podem ser descritos, na maioria das vezes, por expressões matemáticas. Um passo para compreensão da variabilidade temporal das mesmas é a determinação das principais frequências dessas variáveis (ABARBANEL et al., 1993).

A análise de Fourier Clássica tem sido muito utilizada para estimar frequências em dados meteorológicos, o objetivo básico da análise é aproximar uma função do tempo em uma função trigonométrica de séries temporais resultantes de processos estocásticos, este é um procedimento para descobrir periodicidades desconhecidas em uma dada série temporal (MORETTIN e TOLOI, 2006).

A análise de Fourier é um método tradicional de análise de série temporal sendo uma poderosa ferramenta em revelar a periodicidade dessas séries. A idéia básica é que os dados podem ser representados como uma soma de ondas senoidais e

cossenoidais, ela nos mostra como certas frequências (frequências dominantes) são mais importantes para o sistema dinâmico em estudo (LIU, 2010).

Em geral, a análise de Fourier é um método utilizado para séries temporais estacionárias, ou seja, aquelas séries que se desenvolvem no tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante, refletindo alguma forma de equilíbrio estável (LAI e YE, 2002).

Uma característica da análise de Fourier é transformar uma série temporal com uma família de variáveis aleatórias numa soma de frequência de senos e cossenos, dessa forma pode-se quantificar as variáveis associadas a uma determinada frequência ou períodos. O método serve para examinar espectros característicos da turbulência atmosférica e registros do clima.

Um indício de quais variáveis fazem parte do espaço de fase que descreve o comportamento de um atrator, seja ele estranho ou não, de alguma variável micrometeorológicas seriam as variáveis que apresentarem os mesmos períodos ou frequências dominantes dentro da análise de Fourier, isso também nos mostraria quais variáveis podem estar acopladas dentro do sistema.

A análise de Fourier através da determinação dos períodos principais (frequências dominantes) é uma boa ferramenta para análise de séries temporais, desde que a série não seja contaminada por ruídos, pois o ruído faz com que a série apresente frequências em todo o espectro.

A realização da análise de Fourier neste trabalho para as variáveis micrometeorológicas da floresta de transição em Sinop é a continuação de uma investigação que vem sendo realizada para descrição do comportamento da referida floresta.

3. MATERIAL E METODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - LOCALIZAÇÃO

Os dados utilizados neste estudo foram coletados numa floresta de terra firme a 423m de altitude localizada a 50 km NE de Sinop, Norte de Mato Grosso (distante aproximadamente 500 Km da capital, Cuiabá), Brasil ($11^{\circ}24,75'S$, $55^{\circ}19,50'W$), pertencente à fazenda Maracaí (área aproximada de 20 Km^2), numa Floresta de Transição Cerrado-Amazônia (MIRANDA et al., 2005). Foi instalado um sistema de covariância de vórtices turbulentos (eddy covariance), com instrumentos dispostos em alturas diferentes, numa torre de 42 metros que efetuava as médias e flutuações das variáveis em estudo. A torre pertence ao projeto Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera (LBA) coordenada pelo Grupo de Pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental – UFMT (Figura 2).

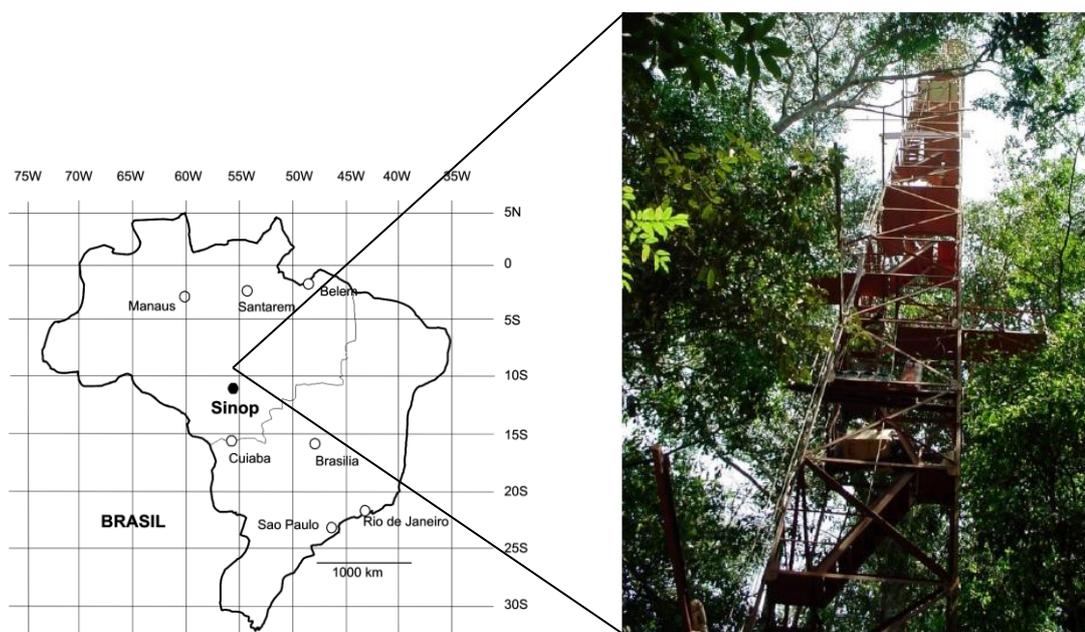


FIGURA 2: Localização do sítio de estudo e da torre experimental.
Fonte: Adaptado de VOURLITIS (2001).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DA VEGETAÇÃO

Segundo VOURLITIS et al. (2005) a área de estudo é constituída por uma Floresta Tropical de Transição, com um dossel contínuo, composto de árvores de 28 a 30 m de altura, a 423 metros do nível do mar.

O clima da região segundo classificação climática de Köppen é o Aw tropical, quente e úmido (VIANELLO e ALVES, 1991).

A vegetação local contém espécies características da floresta tropical de transição com espécies arbóreas, semidecíduais, como *Tovomita schomburkii*, *Qualea paraensis*, e *Brosimum lactescens* (MIRANDA et al., 2005).

O solo é classificado como um neossolo quartzarênico órtico típico A moderado álico, sendo um solo extremamente arenoso, que apresenta na profundidade de 50 cm uma textura com 84% de areia, 4% de silte e 12% de argila. Este solo tem elevada porosidade e drena rapidamente a água após a precipitação (i.e., dentro de 4-7 dias) (PRIANTE FILHO et al., 2004). A região possui estações bem definidas, a saber: seca (junho a agosto), úmida (dezembro a março), seca-úmida (setembro a novembro), úmida-seca (março a maio).

3.3 INSTRUMENTAÇÃO MICROMETEOROLÓGICA

As medidas de temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) foram realizadas por psicrômetros (HMP 35, Vaisala, Inc., Helsinki, Finland) instalados a 42 m. Os valores medidos dos fluxos de calor latente (LE) e calor sensível (H) foram determinados usando o método de covariância de vórtices turbulentos, este determina diretamente os fluxos, calculando a correlação entre os desvios temporais de alta frequência da temperatura e da umidade do ar.

Para as medidas das componentes da velocidade do vento (do ano de 1999-2005) utilizou-se de um anemômetro-termômetro sônico tridimensional (SWS-211/3K, Applied Technologies, Inc., Boulder, Colorado, E.U.A.), o qual possui resposta rápida de 10Hz e, para medida do fluxo de CO₂, um analisador infravermelho de gases de caminho aberto (LI-7500, LICOR Inc, Lincon USA), com base no sistema adotado pela Divisão de Difusão de Turbulência Atmosférica

(NOAA – ATDD), operando também a uma frequência de 10Hz e uma sensibilidade de $6,8 \mu\text{mol.m}^{-3}$. Os equipamentos foram montados a uma altura de 12-14 m acima do topo da floresta.

O sistema de aquisição de dados era composto por um datalogger (CR 10X, Campbell Scientific, Inc., Ogden, Utah), e por um conversor analógico/digital (datapacker).

A partir de 2005 o sistema foi modificado, o anemômetro sônico tridimensional foi substituído por outro (CSAT3: 3-D anemometer sonic, Campbell, USA) e passou a ser constituído por um datalogger (CR-5000: Campbell, USA).

3.4 MÉTODO

No estudo foram utilizadas as seguintes variáveis: fluxo de carbono (F_c), fluxos de calor latente (LE), fluxos de calor sensível (H), temperatura (T) e intensidade radiante (I), umidade relativa (UR) e componentes da velocidade do vento (U_x , U_y e U_z) com dados dos anos de 1999 a 2007. Os dados foram separados mês a mês e colocados em planilhas eletrônicas.

Para cada variável analisada foram realizadas médias horárias mensais com dados registrados de 30 em 30 minutos (00h00min as 23h30min) e depois calculados os coeficientes a_n e b_n para cada mês constituindo assim uma análise mensal. A figura 3 apresenta um exemplo de planilha para o cálculo do dia médio (mês de setembro do ano de 2002), o dia médio neste trabalho corresponde a média dos dados registrados em cada horário.

Também foi realizada uma análise anual e interanual utilizando o dia médio, para tal, fez-se uso das médias horárias mensais e calculou-se um dia médio por ano para cada variável. De posse do dia médio anual, uma média horária interanual foi realizada, que corresponde ao comportamento médio das variáveis durante o período de estudo e dessa forma procedeu-se o cálculo dos coeficientes da série de Fourier para identificar os períodos anuais e interanuais. Para a realização das médias priorizou-se, em todos os meses, os dias que continham o maior número de registros, ou seja, aqueles que apresentavam menores falhas de registros ou leituras do equipamento.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Dia médio							
												L	M	N	O	P	Q	R	S
Julian Day	Hour	RH	T	Fc	H	LE	Ux	Uy	Uz	Hour	RH	Temperat	Fc	Hs	LE	Ux	Uy	Uz	
2	244	00:00	74,43188	22,56196	5,410031	-13,921	8,419572					00:00	74,43188	22,56196	5,410031	-13,921	8,419572		
3	244	00:30	76,31813	22,50196	4,981226	-12,3204	6,549293					00:30	76,31813	22,50196	4,981226	-12,3204	6,549293		
4	244	01:00	79,37933	22,6108	3,875517	-16,7919	1,006921					01:00	79,37933	22,6108	3,875517	-16,7919	1,006921		
5	244	01:30	79,89533	22,59877	6,096124	-14,4507	-27,9546					01:30	79,89533	22,59877	6,096124	-14,4507	-27,9546		
6	244	02:00	80,26667	22,54439	6,94853	-11,482	11,97168					02:00	80,26667	22,54439	6,94853	-11,482	11,97168		
7	244	02:30	81,07933	22,60044	5,147744	-16,3893	0,918543					02:30	81,07933	22,60044	5,147744	-16,3893	0,918543		
8	244	03:00	82,042	22,59286	3,759843	-15,9051	1,533954					03:00	82,042	22,59286	3,759843	-15,9051	1,533954		
9	244	03:30	83,094	22,55094	3,949296	-12,3435	1,97567					03:30	83,094	22,55094	3,949296	-12,3435	1,97567		
10	244	04:00	84,88733	22,43951	4,151268	-8,49525	0,976817					04:00	84,88733	22,43951	4,151268	-8,49525	0,976817		
11	244	04:30	85,41067	22,37296	3,2064	-7,81247	-0,59707					04:30	85,41067	22,37296	3,2064	-7,81247	-0,59707		
12	244	05:00	85,054	22,44826	4,575469	-7,29903	0,815528					05:00	85,054	22,44826	4,575469	-7,29903	0,815528		
13	244	05:30	84,72286	22,32641	2,335872	-9,00959	-0,22461					05:30	84,72286	22,32641	2,335872	-9,00959	-0,22461		
14	244	06:00	85,62286	22,29613	4,02498	-5,66501	0,059664					06:00	85,62286	22,29613	4,02498	-5,66501	0,059664		
15	244	06:30	85,31714	22,55505	4,11818	1,434256	-0,64696					06:30	85,31714	22,55505	4,11818	1,434256	-0,64696		
16	244	07:00	81,86143	22,88928	2,981006	-2,3175	0,007122					07:00	81,86143	22,88928	2,981006	-2,3175	0,007122		
17	244	07:30	77,95643	23,38119	2,329117	23,55677	0,890511					07:30	77,95643	23,38119	2,329117	23,55677	0,890511		
18	244	08:00	71,73333	23,38301	1,714947	52,72023	10,26515					08:00	71,73333	23,38301	1,714947	52,72023	10,26515		
19	244	08:30	63,35625	24,6685	2,367789	74,92514	35,11617					08:30	63,35625	24,6685	2,367789	74,92514	35,11617		
20	244	09:00	55,20588	25,29865	-1,99397	71,5911	29,69278					09:00	55,20588	25,29865	-1,99397	71,5911	29,69278		
21	244	09:30	47,65412	25,9685	-9,28422	124,506	88,72758					09:30	47,65412	25,9685	-9,28422	124,506	88,72758		
22	244	10:00	41,55294	26,48515	-12,2755	132,705	158,9976					10:00	41,55294	26,48515	-12,2755	132,705	158,9976		
23	244	10:30	37,55353	26,7896	-12,1267	128,8786	165,6054					10:30	37,55353	26,7896	-12,1267	128,8786	165,6054		
24	244	11:00	34,63588	26,80075	-13,175	156,8339	250,1196					11:00	34,63588	26,80075	-13,175	156,8339	250,1196		
25	244	11:30	32,03647	27,1325	-8,59338	192,4172	305,2292					11:30	32,03647	27,1325	-8,59338	192,4172	305,2292		
26	244	12:00	29,60529	27,31206	-10,082	226,694	332,9275					12:00	29,60529	27,31206	-10,082	226,694	332,9275		
27	244	12:30	28,29294	27,36787	-5,96221	212,9886	279,8676					12:30	28,29294	27,36787	-5,96221	212,9886	279,8676		
28	244	13:00	27,39529	27,57453	-7,37782	183,8063	238,9515					13:00	27,39529	27,57453	-7,37782	183,8063	238,9515		
29	244	13:30	26,96824	27,64425	-4,68507	130,4626	229,7097					13:30	26,96824	27,64425	-4,68507	130,4626	229,7097		
30	244	14:00	26,09647	27,43626	-5,81764	91,75208	206,9648					14:00	26,09647	27,43626	-5,81764	91,75208	206,9648		
31	244	14:30	26,25882	27,39313	-5,26024	90,88532	175,9185					14:30	26,25882	27,39313	-5,26024	90,88532	175,9185		
32	244	15:00	26,53706	27,60162	-3,89566	62,44692	156,304					15:00	26,53706	27,60162	-3,89566	62,44692	156,304		
33	244	15:30	27,46588	27,69523	-1,55119	20,96939	128,4981					15:30	27,46588	27,69523	-1,55119	20,96939	128,4981		
34	244	16:00	28,68824	27,71395	-0,54191	0,129415	97,26087					16:00	28,68824	27,71395	-0,54191	0,129415	97,26087		
35	244	16:30	30,93824	27,64447	1,964831	-13,5707	73,01522					16:30	30,93824	27,64447	1,964831	-13,5707	73,01522		
36	244	17:00	33,66588	27,19336	3,491803	-21,0901	32,3812					17:00	33,66588	27,19336	3,491803	-21,0901	32,3812		
37	244	17:30	37,64765	26,43198	6,338562	-36,1069	33,39479					17:30	37,64765	26,43198	6,338562	-36,1069	33,39479		
38	244	18:00	42,67	25,95056	7,561833	-49,3958	22,14028					18:00	42,67	25,95056	7,561833	-49,3958	22,14028		
39	244	18:30	49,38	25,1984	6,138073	-42,7341	14,87143					18:30	49,38	25,1984	6,138073	-42,7341	14,87143		
40	244	19:00	54,80813	24,67973	6,451125	-27,6202	-1,487					19:00	54,80813	24,67973	6,451125	-27,6202	-1,487		
41	244	19:30	59,84438	24,17281	4,32263	-31,058	-10,6292					19:30	59,84438	24,17281	4,32263	-31,058	-10,6292		
42	244	20:00	62,70375	23,74699	4,471187	-20,7348	2,651344					20:00	62,70375	23,74699	4,471187	-20,7348	2,651344		
43	244	20:30	64,16125	23,59504	4,723459	-11,1126	-0,26422					20:30	64,16125	23,59504	4,723459	-11,1126	-0,26422		
44	244	21:00	67,57563	23,38483	4,751266	-25,8929	8,762091					21:00	67,57563	23,38483	4,751266	-25,8929	8,762091		
45	244	21:30	69,50625	23,21813	4,020622	-15,4941	-0,16579					21:30	69,50625	23,21813	4,020622	-15,4941	-0,16579		
46	244	22:00	70,69313	23,12891	4,837391	-11,5754	-3,95396					22:00	70,69313	23,12891	4,837391	-11,5754	-3,95396		
47	244	22:30	71,74375	23,03096	4,320263	-11,5517	-2,16934					22:30	71,74375	23,03096	4,320263	-11,5517	-2,16934		
48	244	23:00	71,90063	22,94496	5,369048	-4,58213	-0,69024					23:00	71,90063	22,94496	5,369048	-4,58213	-0,69024		
49	244	23:30	73,41625	22,74737	6,864318	-16,8216	18,3495					23:30	73,41625	22,74737	6,864318	-16,8216	18,3495		
50	245	00:00	90,66154	21,89923	3,332448	-6,21129	-1,6396					23:30	73,41625	22,74737	6,864318	-16,8216	18,3495		
51	245	00:30	90	21,80308	4,101954	-10,2621	-1,13907												

FIGURA 3: Planilha para o cálculo do dia médio (mês de setembro do ano de 2002).

Para o cálculo dos coeficientes utilizou-se de um programa escrito em linguagem C++ desenvolvido pelo próprio Grupo de Pesquisa em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso.

Alguns meses foram descartados por ausências e falhas na aquisição dos dados, de forma que no ano de 2004, por exemplo, não foi possível análise de dado algum.

O método de análise de séries temporais (Análise de Fourier) foi aplicado para identificação dos períodos dominantes; uma vez identificados os picos nos gráficos correspondentes às transformadas de Fourier dos dados, associamo-los a fenômenos naturais plausíveis.

3.4.1 Análise de Fourier

A série de Fourier permite representar qualquer sinal periódico em uma somatória de ondas senoidais cujas frequências são múltiplos da frequência do sinal considerado.

As análises de séries temporais que se propõem a identificar as frequências de ciclos regulares – ou seja, não fractais, como a periodicidade diária da radiação solar ($1,16 \times 10^{-5}$ Hz) – geralmente são baseadas na análise de Fourier.

Análises de séries temporais convencionais sugerem que as flutuações temporais de variáveis climáticas e fluxos de energia e massa ocorrem em escalas de tempo que podem ser analisadas através de seus ciclos (BALDOCCHI, 2001).

Comumente, na área das Ciências Ambientais, são empregados métodos que utilizam a chamada “transformada rápida de Fourier”, ou “fast Fourier transform” (FFT), tal como o “espectro de potências” (“power spectra”) (BALDOCCHI, 1988; PLATT e DENMAN, 1975). Contudo, o Grupo de Física Ambiental da UFMT tem obtido melhores resultados, utilizando a análise de Fourier como uma série de senos e cossenos (ARFKEN, 1977). Essa análise tem apresentado picos mais nítidos, para os dados de Sinop, que aqueles obtidos com o espectro de potências (MARIANO, 2008). A série de Fourier como uma série de senos e cossenos pode ser dada pela Equação 6:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^L a_n \cos\left(\frac{n\pi t}{L}\right) + \sum_{n=1}^L b_n \text{sen}\left(\frac{n\pi t}{L}\right) \quad \text{Equação 6}$$

Onde t é um instante de tempo, $f(t)$ corresponde à série temporal que representa os valores medidos (ao longo do tempo) de uma variável micrometeorológica, L corresponde à metade do número de dados da série. Os coeficientes a_0 , a_n e b_n são característicos da série de dados coletados. Cada a_n e b_n correspondem a uma frequência específica indicando com que intensidade a série temporal correspondente aos dados varia sendo as informações que eles fornecem complementares. As componentes $a_n \cos\left(\frac{n\pi t}{L}\right)$ e $b_n \text{sen}\left(\frac{n\pi t}{L}\right)$ são conhecidos como componentes harmônicos do sinal e a_n e b_n correspondem as amplitudes das

componentes harmônicos, os mesmos podem ser calculados pelas equações 7 e 8 respectivamente:

$$a_n = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^{2L} f(t_i) \cos\left(\frac{i\pi n}{L}\right) \quad \text{Equação 7}$$

$$b_n = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^{2L} f(t_i) \text{sen}\left(\frac{i\pi n}{L}\right) \quad \text{Equação 8}$$

Onde $f(t_i)$ corresponde ao valor da medida de uma variável.

A Equação 9 foi utilizada para calcular os períodos dominantes das variáveis em estudo:

$$T = \frac{\Delta t}{n} \quad \text{Equação 9}$$

em que:

T = é o período que desejamos encontrar.

Δt = é a quantidade de dias correspondente a cada série temporal analisada (na nossa análise $\Delta t = 1$).

n = é a ordem do coeficiente correspondente ao pico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na série em estudo (1999-2007) foram feitas, para cada variável, médias horárias mensais correspondendo a um dia médio por mês. Após a realização das mesmas, foi feita também uma média horária anual correspondendo a um dia médio por ano, bem como uma média horária interanual.

Depois de calculadas as médias, os dados foram submetidos ao programa Fourier.exe para o cálculo dos coeficientes a_n e b_n das séries de Fourier, para só então serem feitos gráficos com os respectivos coeficientes obtidos para cada variável, com a análise dos gráficos foi possível a identificação dos períodos mais importantes e, então utilizou-se a equação 4 para o cálculo dos mesmos.

A seguir serão apresentados gráficos e tabelas com os resultados obtidos para cada variável em estudo.

4.1 COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS

4.1.1. Temperatura do Ar

A média mensal das temperaturas máximas diárias, como mostra a tabela 1, ficou entre 28,45°C e 34,54°C, com valor médio de 31,95°C \pm 1,76°C. A média mensal das temperaturas mínimas diárias ficou situada entre 17,55°C e 23,10°C, com valor médio de 21,24°C \pm 1,81°C. A média mensal das temperaturas diárias ficou situada entre 25,11°C e 27,98°C, com valor médio de 26,59°C \pm 0,93°C. SILVA (2010) trabalhando com dados da mesma floresta obteve médias estacionais de 26,02 e 24,19°C, nas estações chuvosa e seca.

TABELA 1: Média mensal da temperatura máxima (°C), da temperatura mínima (°C) e da temperatura média mensal no período de 1999 - 2007.

Meses	Temperatura máxima mensal	Temperatura mínima mensal	Temperatura média mensal
janeiro	28,45	22,00	25,23
fevereiro	29,72	22,77	26,25
março	29,77	22,65	26,21
abril	31,58	22,46	27,02
maio	32,72	20,34	26,53
junho	31,86	18,36	25,11
julho	34,44	17,55	25,99
agosto	34,54	20,10	27,32
setembro	33,77	21,00	27,39
outubro	34,05	21,90	27,98
novembro	33,01	22,62	27,81
dezembro	29,49	23,10	26,29
Máximo	34,54	23,10	27,98
Mínimo	28,45	17,55	25,11
Média	31,95	21,24	26,59

A figura 4 apresenta os valores dos dias médios mensais, onde podemos observar uma tendência de maiores valores de T para o ano de 2005.

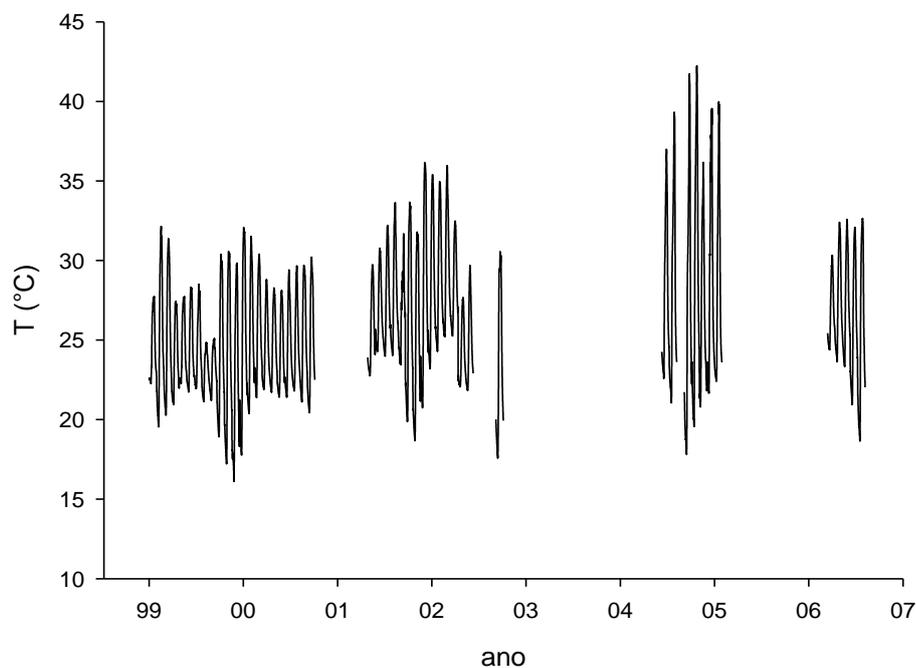


FIGURA 4: Valores dos dias médios mensais da temperatura do ar durante o período de estudo (1999-2007).

4.1.2. Umidade Relativa do Ar

A média mensal da umidade relativa máxima diária, como mostra a tabela 2, ficou entre 91,75% e 91,80%, com valor médio de $87,63\% \pm 3,45\%$. A média mensal da umidade relativa mínima diária ficou situada entre 39,33% e 71,94%, com valor médio de $58,83\% \pm 10,69\%$. A média mensal da umidade relativa diária ficou situada entre 60,73% e 81,43%, com valor médio de $73,23\% \pm 6,61\%$.

SILVA (2010) trabalhando com dados da mesma floresta obteve médias estacionais de 84,40% e 64,72%, nas estações chuvosa e seca, respectivamente.

TABELA 2: Média mensal da umidade relativa máxima (%), da umidade relativa mínima(%) e da umidade relativa média mensal no período de 1999 - 2007.

Meses	Umidade relativa máxima mensal	Umidade relativa mínima mensal	Umidade relativa média mensal
janeiro	91,00	69,90	80,45
fevereiro	91,11	69,38	80,24
março	90,35	62,29	76,32
abril	85,81	61,38	73,59
maio	86,10	55,54	70,82
junho	90,03	41,68	65,85
julho	81,95	49,99	65,97
agosto	82,13	39,33	60,73
setembro	85,17	56,30	70,73
outubro	86,52	62,10	74,31
novembro	90,49	66,14	78,31
dezembro	90,91	71,94	81,43
Máximo	91,80	71,94	81,43
Mínimo	91,75	39,33	60,73
Média	87,63	58,83	73,23

A figura 5 apresenta os valores dos dias médios mensais, onde podemos observar facilmente tendências sazonais dos valores de UR durante o período de estudo.

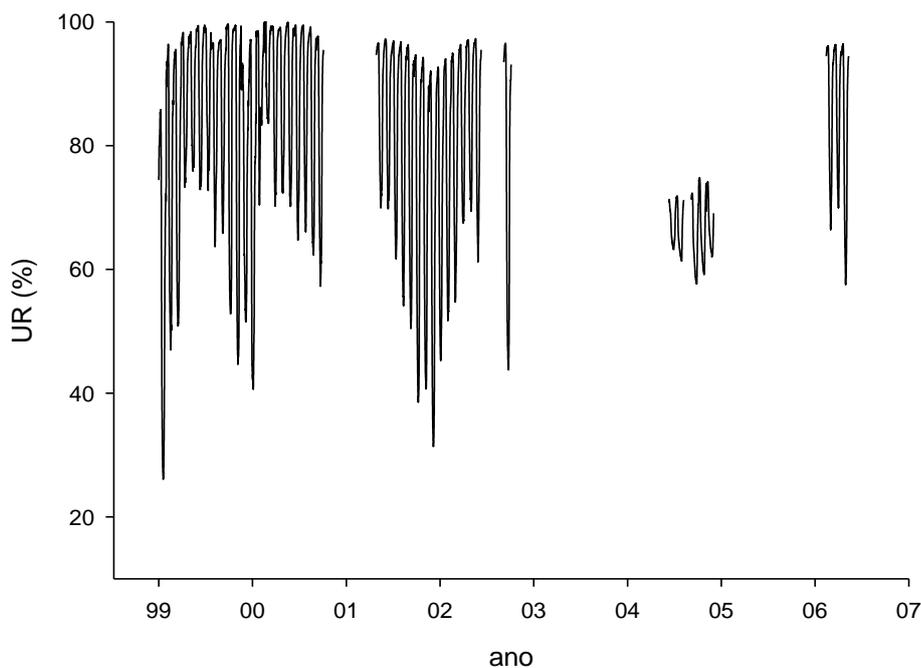


FIGURA 5: Valores dos dias médios mensais da umidade relativa do ar durante o período de estudo (1999-2007).

4.1.3. Fluxo de Carbono

A média mensal do fluxo de carbono máximo diário, como mostra a tabela 3, ficou entre $8,60\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $30,75\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, com valor médio de $18,14\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1} \pm 7,10\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. A média mensal do fluxo de carbono mínimo ficou situada entre $-31,69\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $-12,65\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, com valor médio de $-23,84\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1} \pm 6,34\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

A figura 6 apresenta os valores dos dias médios mensais do fluxo de carbono, a média mensal do fluxo de carbono diário ficou situada entre $-7,44\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e $1,65\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, com valor médio de $-2,85\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1} \pm 2,2\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Em área de savana CHEN et al. (2008) encontraram valor médio parecidos com os valores apresentados, em que o fluxo médio diário foi $-2,04 \pm 3,49 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

TABELA 3: Média mensal do fluxo de carbono máximo ($\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$), do fluxo de carbono mínimo ($\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e do fluxo de carbono médio mensal no período de 1999 - 2007.

Meses	Fluxo de carbono máximo mensal	Fluxo de carbono mínimo mensal	Fluxo de carbono médio mensal
janeiro	14,93	-29,81	-7,44
fevereiro	21,71	-31,69	-4,99
março	30,75	-27,46	1,65
abril	19,11	-29,40	-5,15
maio	19,44	-23,67	-2,12
junho	8,60	-12,65	-2,02
julho	10,31	-15,30	-2,50
agosto	12,22	-18,29	-3,04
setembro	13,92	-19,09	-2,58
outubro	20,53	-21,71	-0,59
novembro	15,64	-29,61	-6,99
dezembro	30,50	-27,39	1,55
Máximo	30,75	-12,65	1,65
Mínimo	8,60	-31,69	-7,44
Média	18,14	-23,84	-2,85

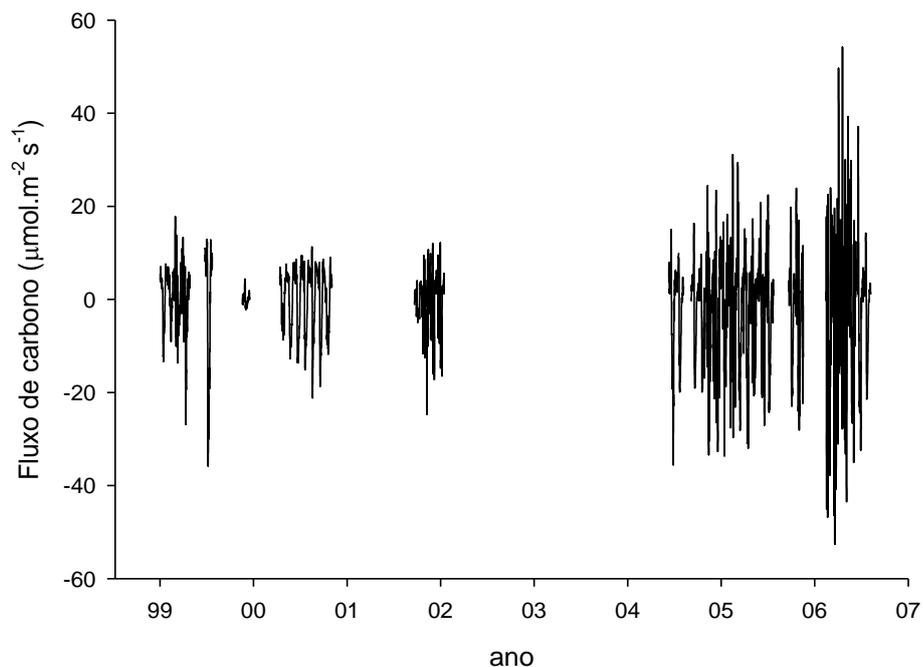


FIGURA 6: Valores dos dias médios mensais do fluxo de carbono durante o período de estudo (1999-2007).

4.1.4. Fluxo de Calor Sensível

A média mensal do fluxo de calor sensível diário máximo, como mostra a tabela 4, ficou entre $136,90\text{W.m}^{-2}$ e $190,35\text{W.m}^{-2}$, com valor médio de $158,17\text{W.m}^{-2} \pm 16,43\text{W.m}^{-2}$. A média mensal do fluxo de calor sensível mínimo diário ficou situada entre $-22,46\text{W.m}^{-2}$ e $-12,07\text{W.m}^{-2}$, com valor médio de $-17,75\text{W.m}^{-2} \pm 2,74\text{W.m}^{-2}$. A figura 7 apresenta os valores dos dias médios mensais do fluxo de calor sensível, a média mensal do fluxo de calor sensível diário ficou situada entre $59,02\text{W.m}^{-2}$ e $86,65\text{W.m}^{-2}$, com valor médio de $70,21\text{W.m}^{-2} \pm 7,90\text{W.m}^{-2}$. SILVA (2010) trabalhando com dados da mesma floresta obteve médias estacionais de $17,7\text{W.m}^{-2}$ e $37,1\text{W.m}^{-2}$, nas estações chuvosa e seca, respectivamente.

TABELA 4: Média mensal do fluxo de calor sensível (W.m^{-2}) máximo, do fluxo de calor sensível (W.m^{-2}) mínimo e do fluxo de calor sensível médio no período de 1999 - 2007.

Meses	Fluxo de calor sensível máximo mensal	Fluxo de calor sensível mínimo mensal	Fluxo de calor sensível médio mensal
janeiro	149,16	-15,14	67,01
fevereiro	162,17	-16,47	72,85
março	182,63	-18,87	81,88
abril	147,58	-16,14	65,72
maio	147,25	-12,07	67,59
junho	141,24	-17,96	61,64
julho	169,75	-22,46	73,65
agosto	165,33	-20,85	72,24
setembro	136,90	-18,85	59,02
outubro	156,50	-19,84	68,33
novembro	190,35	-17,06	86,65
dezembro	149,25	-17,33	65,96
Máximo	190,35	-12,07	86,65
Mínimo	136,90	-22,46	59,02
Média	158,17	-17,75	70,21

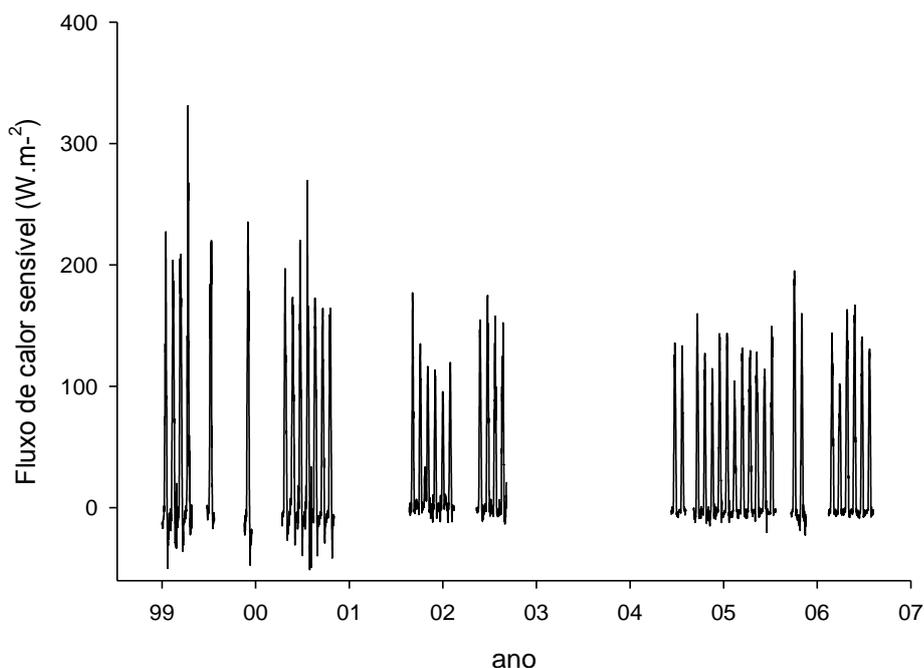


FIGURA 7: Valores dos dias médios mensais do fluxo de calor sensível durante o período de estudo (1999-2007).

4.1.5. Fluxo de Calor Latente

A média mensal do fluxo de calor latente diário máximo, como mostra a tabela 5, ficou entre $190,35\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ e $398,73\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, com valor médio de $320,63\text{W}\cdot\text{m}^{-2} \pm 55,20\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. A média mensal do fluxo de calor latente mínimo diário ficou situada entre $-40,05\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ e $-0,06\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, com valor médio de $-23,45\text{W}\cdot\text{m}^{-2} \pm 12,53\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. A figura 8 apresenta os valores dos dias médios mensais do fluxo de calor sensível, a média mensal do fluxo de calor latente diário ficou situada entre $85,72\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ e $187,05\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, com valor médio de $148,59\text{W}\cdot\text{m}^{-2} \pm 28,05\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. AGUIAR (2005) verificou que em floresta Amazônica em Ji-Paraná o fluxo de calor latente apresentou médias de $115,5\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ durante a estação chuvosa e de $92,9\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ na seca, indicando uma diminuição de 19,6% na seca.

TABELA 5: Média mensal do fluxo de calor latente ($W.m^{-2}$) máximo, do fluxo de calor latente ($W.m^{-2}$) mínimo e do fluxo de calor latente médio no período de 1999 - 2007.

Meses	Fluxo de calor latente máximo mensal	Fluxo de calor latente mínimo mensal	Fluxo de calor latente médio mensal
janeiro	314,52	-33,55	140,48
fevereiro	398,73	-24,62	187,05
março	355,83	-22,79	166,52
abril	358,40	-40,05	159,17
maio	343,47	-20,98	161,25
junho	343,54	-4,77	169,39
julho	318,66	-0,06	159,30
agosto	311,53	-21,91	144,81
setembro	255,06	-39,94	107,56
outubro	295,69	-18,88	138,40
novembro	190,35	-18,92	85,72
dezembro	361,74	-34,93	163,40
Máximo	398,73	-0,06	187,05
Mínimo	190,35	-40,05	85,72
Média	320,63	-23,45	148,59

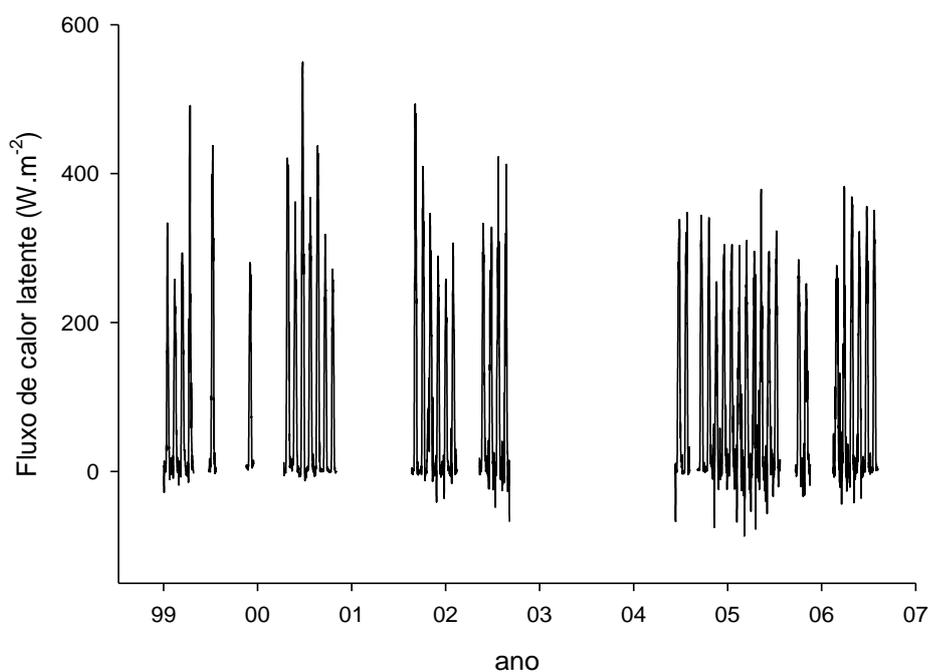


FIGURA 8: Valores dos dias médios mensais do fluxo de calor latente durante o período de estudo (1999-2007).

4.1.6. Componente zonal da velocidade do vento (U_x)

A média mensal da velocidade do vento (componente zonal) máxima diária, como mostra a tabela 6, ficou entre 0,25m/s e 1,79m/s com valor médio de 1,01 m/s \pm 0,5m/s. A média mensal da velocidade do vento (componente zonal) mínima diária ficou situada entre -1,05m/s e 0,57m/s, com valor médio de -0,04m/s \pm 0,55m/s. A figura 9 apresenta os valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente zonal), a média mensal velocidade do vento (componente zonal) diária ficou situada entre -0,39m/s e 1,15m/s com valor médio de 0,48 \pm 0,5m/s.

TABELA 6: Média mensal da velocidade do vento (componente zonal) (m/s) máxima, da velocidade do vento (componente zonal) mínima e da velocidade do vento (componente zonal) média no período de 2005-2007.

Meses	Velocidade do vento (componente zonal) máximo mensal	Velocidade do vento (componente zonal) mínimo mensal	Velocidade do vento (componente zonal) médio mensal
janeiro	*	*	*
fevereiro	0,25	-1,03	-0,39
março	0,88	0,04	0,46
abril	0,88	0,14	0,51
maio	1,26	0,47	0,86
junho	1,79	0,29	1,04
julho	1,72	0,57	1,15
agosto	1,52	0,48	1,00
setembro	0,96	-0,01	0,47
outubro	0,65	-0,19	0,23
novembro	0,65	-0,19	0,23
dezembro	0,56	-1,05	-0,24
Máximo	1,79	0,57	1,15
Mínimo	0,25	-1,05	-0,39
Média	1,01	-0,04	0,48

* ausência de dados

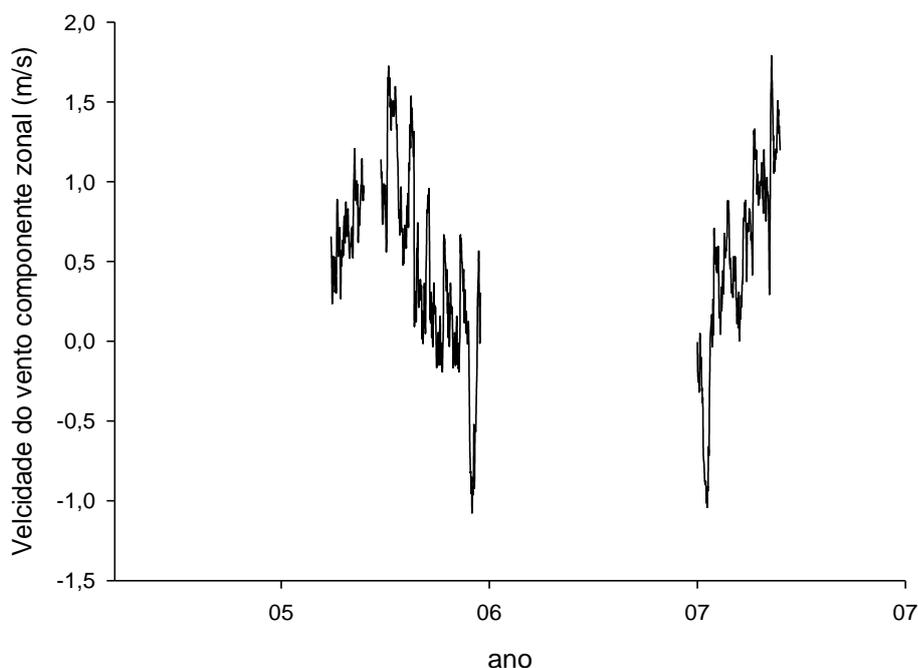


FIGURA 9: Valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente zonal) durante o período de estudo (1999-2007).

4.1.7. Componente meridional da velocidade do vento (U_y)

A média mensal da velocidade do vento (componente meridional) máxima diária, como mostra a tabela 7, ficou entre 0,60m/s e 1,69m/s, com valor médio de 1,01m/s \pm 0,43m/s. A média mensal da velocidade do vento (componente meridional) mínima diária ficou situada entre -0,39m/s e 0,05m/s com valor médio de -0,18m/s \pm 0,12m/s. A figura 10 apresenta os valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente meridional), a média mensal velocidade do vento (componente meridional) diária ficou situada entre 0,14m/s e 0,87m/s com valor médio de 0,41m/s \pm 0,26m/s.

TABELA 7: Média mensal da velocidade do vento (componente meridional) (m/s) máxima, da velocidade do vento (componente meridional) mínima e da velocidade do vento (componente meridional) média no período de 2005-2007.

Meses	Velocidade do vento (componente meridional) máximo mensal	Velocidade do vento (componente meridional) mínimo mensal	Velocidade do vento (componente meridional) médio mensal
janeiro	*	*	*
fevereiro	0,66	-0,21	0,22
março	1,01	-0,13	0,44
abril	0,67	-0,30	0,18
maio	1,14	-0,21	0,47
junho	1,60	-0,19	0,70
julho	1,61	-0,08	0,76
agosto	1,69	0,05	0,87
setembro	0,68	-0,39	0,14
outubro	0,60	-0,24	0,18
novembro	0,60	-0,24	0,18
dezembro	0,83	-0,08	0,38
Máximo	1,69	0,05	0,87
Mínimo	0,60	-0,39	0,14
Média	1,01	-0,18	0,41

*ausência de dados

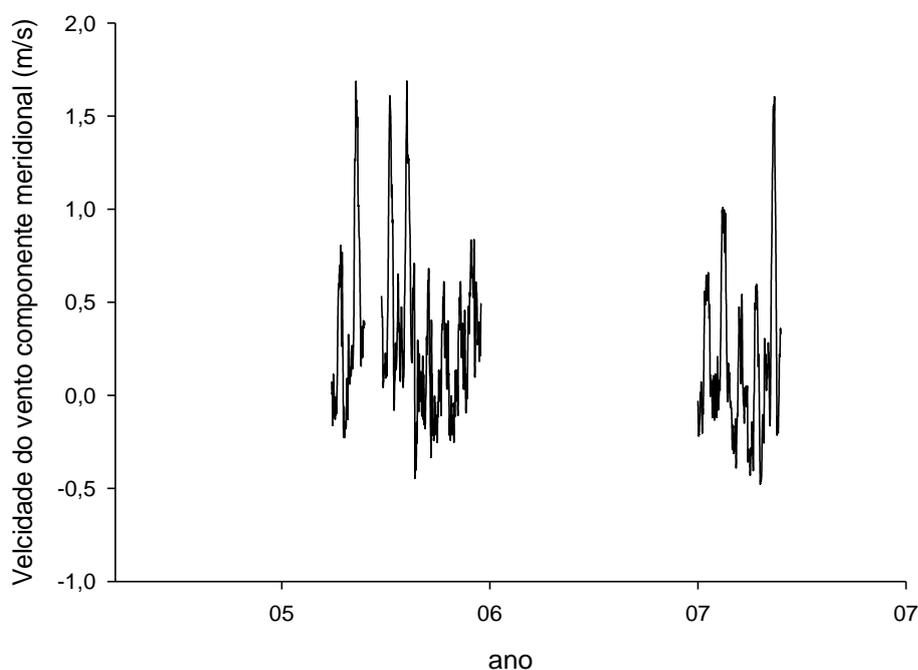


FIGURA 10: Valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente meridional) durante o período de estudo (1999-2007).

4.1.8. Componente vertical da velocidade do vento (U_z)

A média mensal da velocidade do vento (componente vertical) máxima diária, como mostra a tabela 8, ficou entre 0,04m/s e 0,12m/s, com valor médio de 0,06m/s \pm 0,02m/s. A média mensal da velocidade do vento (componente vertical) mínima diária ficou situada entre -0,16m/s e -0,06m/s, com valor médio de -0,10m/s \pm 0,03m/s. A figura 11 apresenta os valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente vertical), a média mensal da velocidade do vento (componente vertical) diária ficou situada entre -0,05m/s e 0,02m/s, com valor médio de -0,02m/s \pm 0,01m/s.

TABELA 8: Média mensal da velocidade do vento (componente vertical) (m/s) máxima, da velocidade do vento (componente vertical) mínima e da velocidade do vento (componente vertical) média no período de 2005-2007.

Meses	Velocidade do vento (componente vertical) máximo mensal	Velocidade do vento (componente vertical) mínimo mensal	Velocidade do vento (componente vertical) médio mensal
janeiro	*	*	*
fevereiro	0,07	-0,12	-0,03
março	0,06	-0,14	-0,04
abril	0,04	-0,13	-0,05
maio	0,04	-0,13	-0,05
junho	0,07	-0,16	-0,05
julho	0,04	-0,10	-0,03
agosto	0,09	-0,07	0,01
setembro	0,04	-0,09	-0,02
outubro	0,06	-0,06	0,00
novembro	0,06	-0,06	0,00
dezembro	0,12	-0,08	0,02
Máximo	0,12	-0,06	0,02
Mínimo	0,04	-0,16	-0,05
Média	0,06	-0,10	-0,02

* ausência de dados

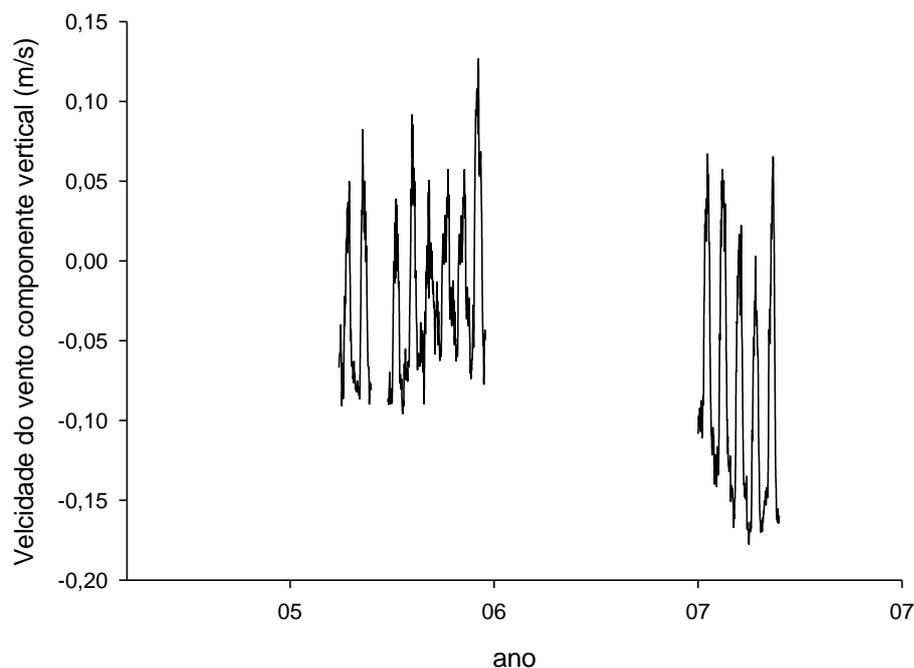


FIGURA 11: Valores dos dias médios mensais da velocidade do vento (componente vertical) durante o período de estudo (1999-2007).

4.2 TEMPERATURA DO AR

Neste item serão apresentados os resultados referentes à variável temperatura do ar (T). A figura 12 mostra o registro das temperaturas no mês de janeiro de 2000 (período chuvoso); em que o eixo das ordenadas representa a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e o eixo das abcissas representa as medidas ao longo do tempo (dias). Já a figura 13 mostra o dia médio do mês de janeiro de 2000, este dia médio foi utilizado para o cálculo dos coeficientes a_n e b_n da série de Fourier.

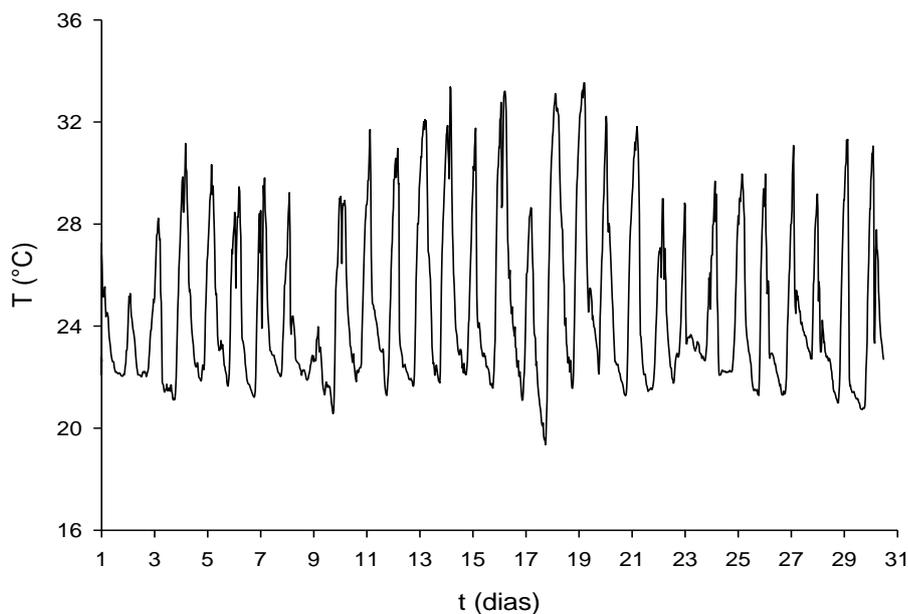


FIGURA 12: Registro da variável T medida durante o período chuvoso (janeiro de 2000) da floresta de Sinop.

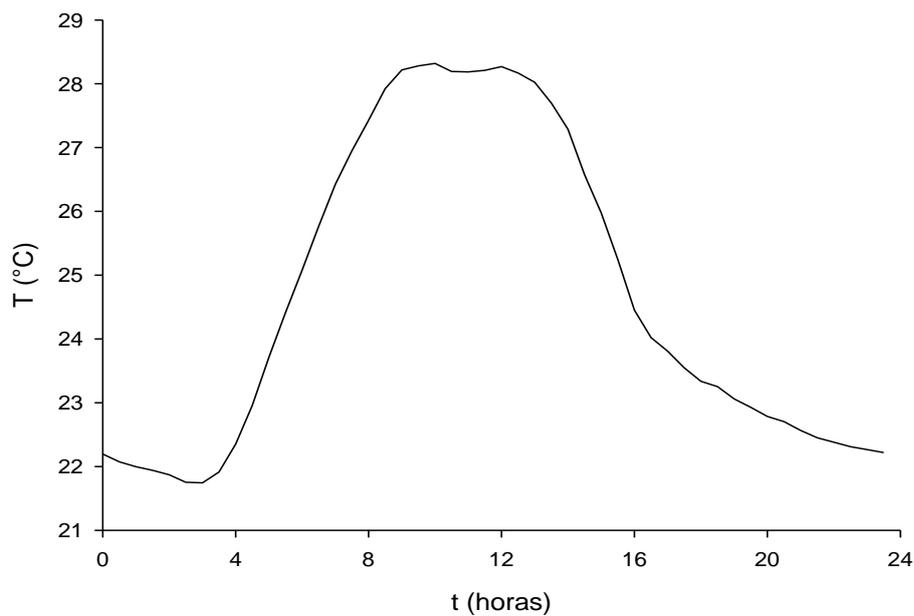


FIGURA 13: Comportamento do dia médio do mês de janeiro de 2000.

A tabela 9 mostra o número de dias utilizados em cada mês para a realização das médias. É possível verificar que alguns meses não foram analisados devido à ausência de dados e que para o ano de 2006 não foi possível análise de dado algum.

Verifica-se também que alguns meses não têm seus dias completos, havendo mês em que apenas doze dias foram utilizados para média (junho de 2003, por exemplo).

TABELA 9: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável T durante o período de estudo.

Ano	Meses											
	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1999	*	*	*	*	*	*	*	14	15	25	15	18
2000	31	15	15	30	31	25	13	15	25	16	30	31
2001	31	27	31	30	31	*	*	*	*	*	*	*
2002	31	27	31	30	27	30	31	31	30	31	20	31
2003	14	20	*	*	*	12	*	*	*	*	*	*
2005	*	*	*	30	26	*	24	20	16	31	30	*
2007	*	27	31	30	31	24	*	*	*	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos.

De posse dos dias médios efetuou-se o cálculo dos coeficientes a_n e b_n , os picos do gráfico da figura 14 revelam os principais períodos para o coeficiente a_n .

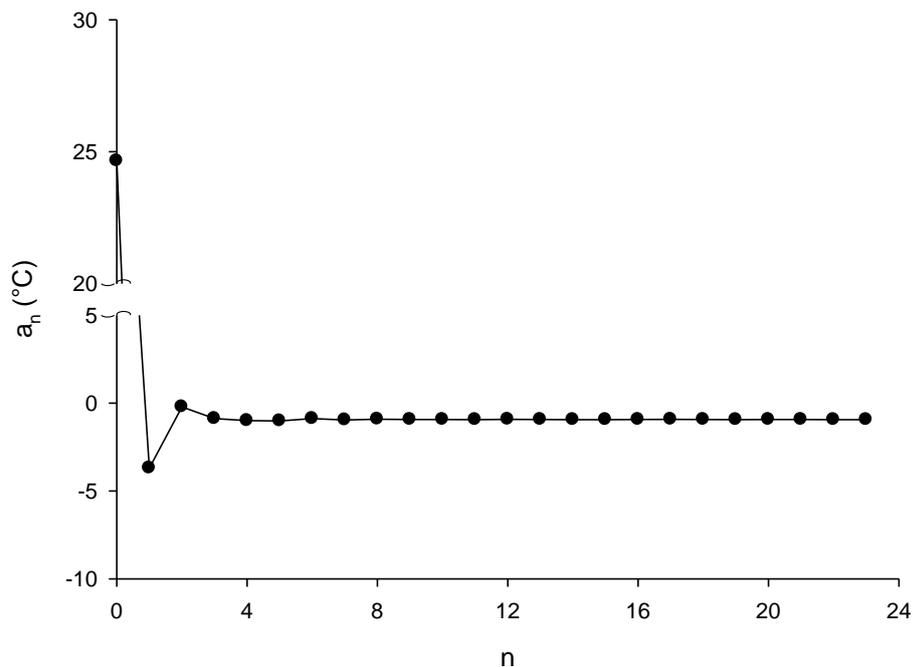


FIGURA 14: Valores do coeficiente a_n para a variável T em janeiro de 2000.

Nos gráficos que serão apresentados para identificação dos principais períodos, o eixo das ordenadas representa os valores dos coeficientes e o eixo das abcissas representa a ordem n dos picos. Para a figura 14 os picos se encontram em $n=1$ e 2 , ao aplicarmos a equação 4 encontraremos períodos de 24 e 12 horas para o coeficiente relacionado ao cosseno da série.

Na figura 15 os períodos encontrados são de 24h e 12h para o coeficiente b_n da mesma série analisada (janeiro de 2000). Note que o pico de ordem $n=5$ não constitui um período dominante e que a escala na figura 15 está ampliada em relação à a_n por conta da ausência do valor médio da série (coeficiente a_0),

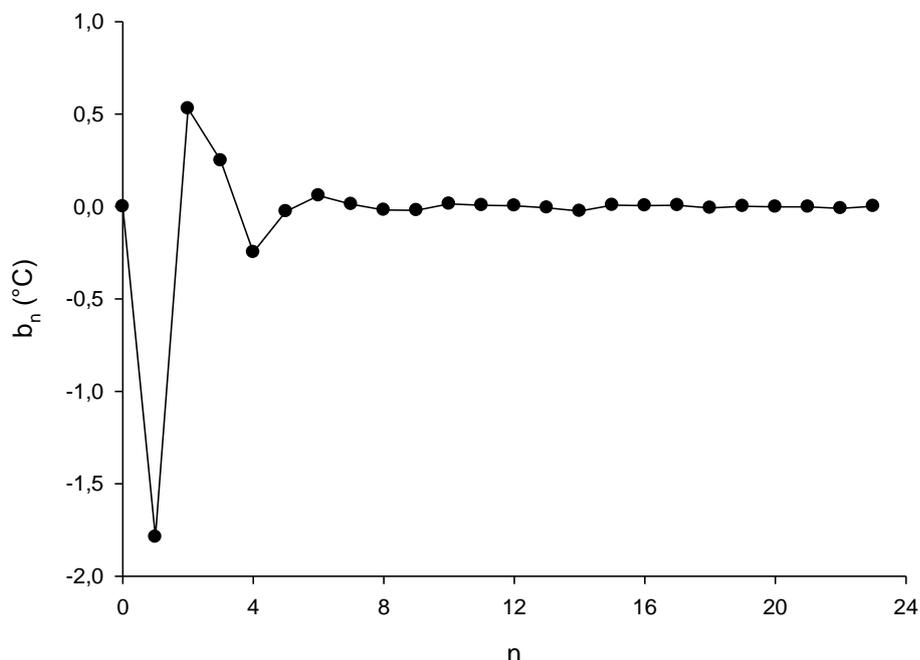


FIGURA 15: Valores do coeficiente b_n para a variável T em janeiro de 2000.

Ao colocarmos junto os coeficientes a_n e b_n no mesmo gráfico fica nítido como os picos menores coincidem. A figura 16 mostra um exemplo em que os coeficientes a_n e b_n são configurados juntos mostrando os picos coincidentes e o quanto os valores deles tem mesma ordem de grandeza. A figura 17 apresenta valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n em relação ao valor máximo mostrando também a coincidência dos picos, para tal utilizou-se a seguinte fórmula de transformação, em que qualquer variável aleatória normal X é convertida numa variável normal padronizada Z .

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad \text{Equação 10}$$

em que: σ é o desvio padrão e μ é a média aritmética.

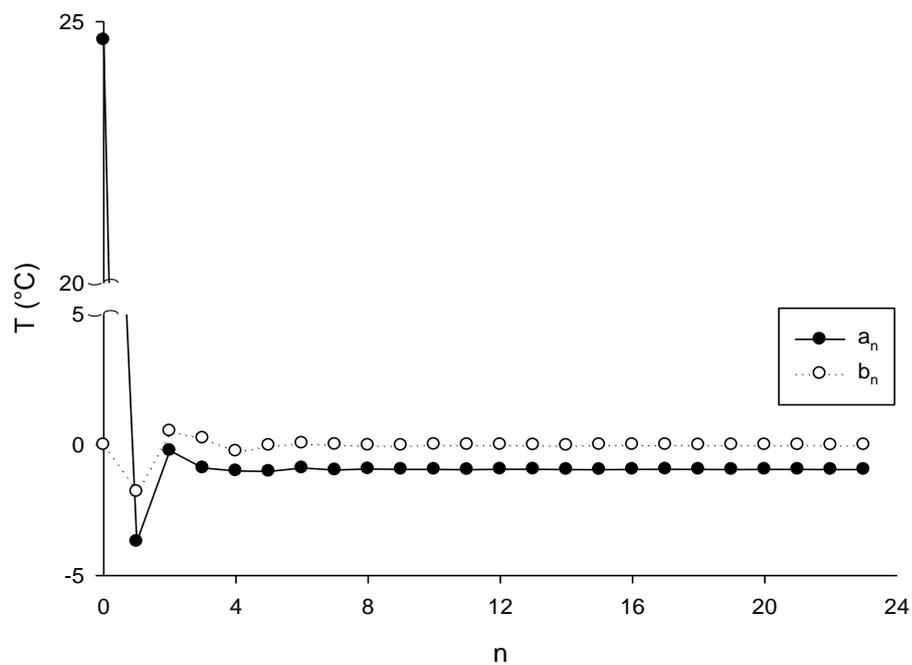


FIGURA 16: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável T em janeiro de 2000.

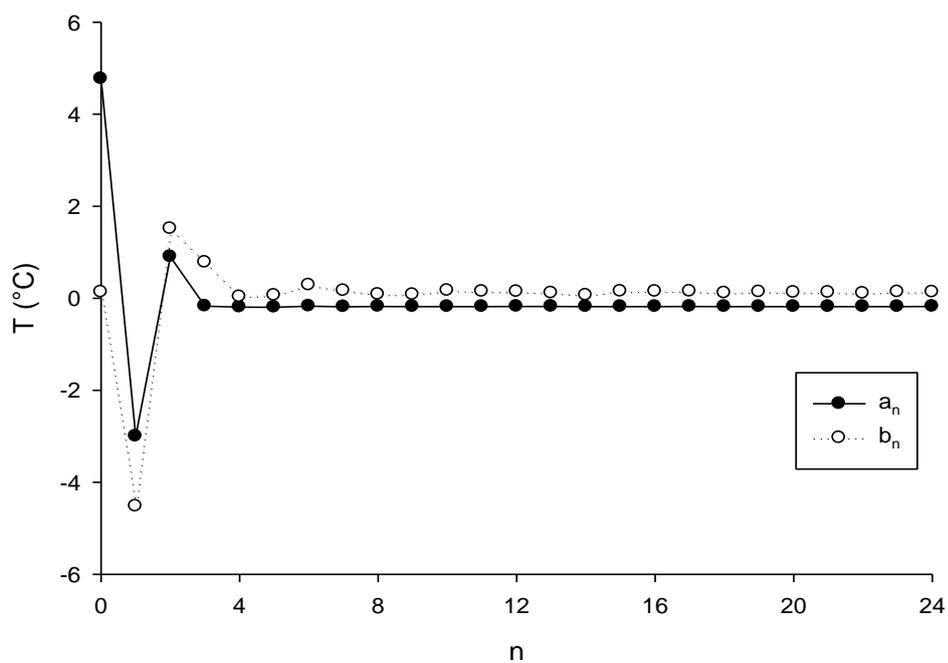


FIGURA 17: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável T em janeiro de 2000.

As figuras 18 e 19 mostram gráficos dos coeficientes a_n e b_n para o mês de abril de 2002. Para os coeficientes a_n e b_n os picos se encontram em $n=1$ e 2 revelando periodicidades de 24 e 12 horas.

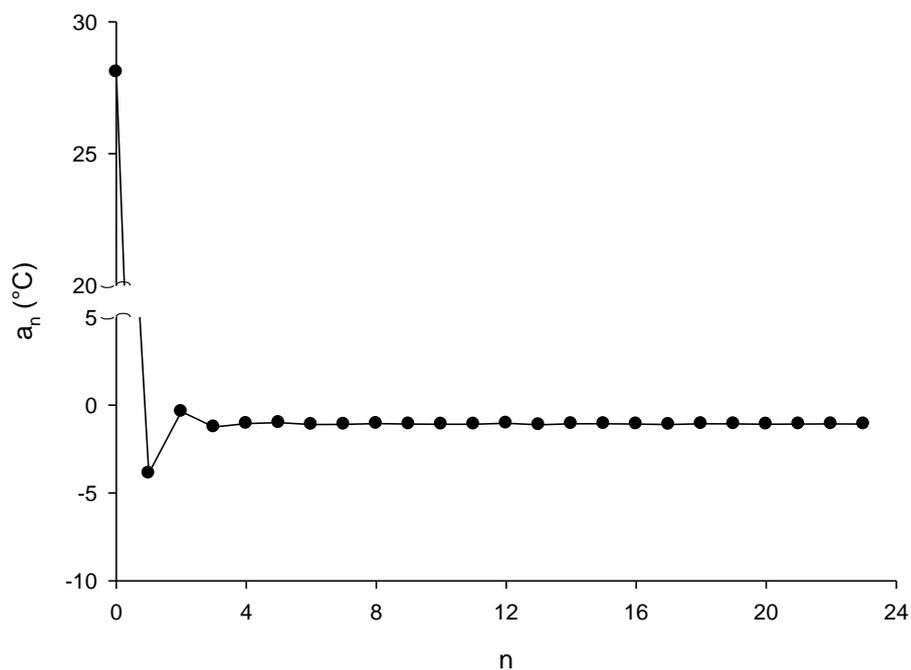


FIGURA 18: Valores do coeficiente a_n para a variável T em abril de 2002.

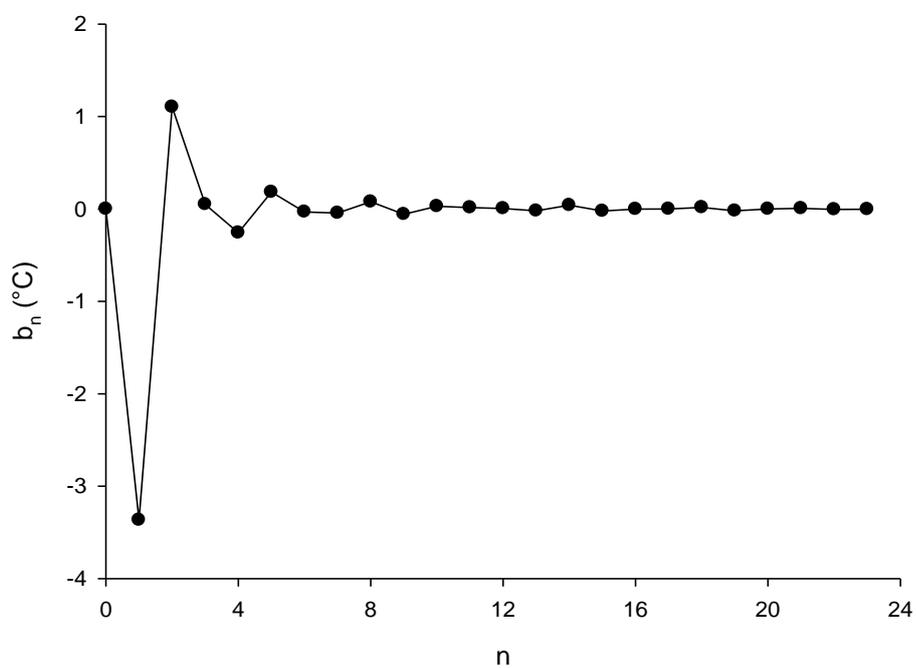


FIGURA 19: Valores do coeficiente b_n para a variável T em abril de 2002.

MARIANO (2008) salienta que o critério para identificação dos picos pode parecer subjetivo, mas a identificação de períodos correspondentes aos picos semelhantes em diferentes variáveis, como é o caso das variáveis que têm forte influência com o ciclo da radiação solar, é um indício de que essas variáveis estão acopladas e tem dependência semelhante com outras variáveis.

Para compreender o espectro de CO₂ e a troca de vapores de água, ao longo do ano, BALDOCCHI (2001) analisou alguns espectros e a influência de algumas variáveis e obteve periodicidades de 24h e 12h para a temperatura do ar em uma floresta temperada nos Estados Unidos.

Notadamente os ciclos encontrados para a variável em estudo sugerem que os mesmos correspondam ao ciclo diário e semi-diário da radiação solar; quanto ao período de 6h e 8h, MARIANO (2008) afirma que o mesmo pode estar relacionado ao tempo em que efetivamente as folhas ficam submetidas à radiação solar direta, já que, enquanto o Sol está relativamente próximo do horizonte, o dossel como um todo pode projetar sombra sobre a maioria das folhas, ficando estas submetidas apenas à radiação solar difusa. O período de 4,8 horas encontrado por PINHEIRO (2008) relacionado ao tempo de abertura e fechamento dos estômatos não foi encontrado, em compensação períodos menores de 4h e 3,4h apareceram ainda que esporadicamente.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de 1999 até 2007 para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 10 e os períodos mensais para o coeficiente b_n encontram-se na tabela 11. Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para os dois coeficientes encontram-se na tabela 12. Os períodos anuais e interanual foram obtidos pelo mesmo procedimento usado para os cálculos dos períodos mensais.

Os períodos dominantes para a variável temperatura revelados pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h, 8h, 6h, sendo os períodos de 8h e 6h melhor caracterizado para o coeficiente b_n . Ao que parece não existe uma dependência sazonal desses períodos, pois eles são encontrados em boa parte das análises em qualquer época do ano.

Esses períodos são condizentes com trabalhos já realizados na mesma floresta por PINHEIRO (2008) e MARIANO (2008). Dessa forma constata-se que esses

períodos se mantêm quando são consideradas médias horárias de dados de intervalos de tempos longos (mensais, anuais e interanuais) indicando que os mesmos fazem parte da dinâmica do sistema não sendo, portanto, os períodos menores (6h, 4h e 3,4h) devido a ruídos no sinal de origem.

TABELA 10: Valores dos períodos mensais dos coeficientes a_n para a variável T durante o período de 1999-2007.

Meses	Ano						
	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2007
janeiro	*	24h;12h	24h;12h	24h	24h	*	*
fevereiro	*	24h;12h;3,4h	24h;12h;8h	24h;12h;8h	24h;12h	*	24h;12h
março	*	24h;12h;6h	24h;12h	24h;12h;8h	*	*	24h;12h
abril	*	24h;12h;6h	24h;12h	24h	*	24h;12h;6h	24h;12h
maio	*	24h;12h	24h;12h	6h	24h;12h	24h;8h	24h;12h
junho	*	24h;12h	*	24h;12h	*	*	24h;12h
julho	*	24h;12h;6h	*	24h;12h	*	24h	*
agosto	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h	*	24h	*
setembro	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h	*	24h;12h	*
outubro	24h;12h;6h	24h;12h;6h	*	24h;12h	*	24h;12h;6h	*
novembro	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h	*	24h;12h;6h	*
dezembro	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 11: Valores dos períodos mensais dos coeficientes b_n para T durante o período de 1999-2007.

Meses	Ano						
	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2007
janeiro	*	24h;12h	24h;12h;8h;6h	24h;12h	24h;12h	*	*
fevereiro	*	24h;12h;4h	24h;12h	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h
março	*	24h;8h	24h;12h	24h;12h	*	*	24h;12h;6h
abril	*	24h;8h	24h;12h;8h;6h	24h;12h;6h	*	24h;12h;8h	24h;12h
maio	*	24h;12h;8h;6h	24h;12h;8h;6h	24h;3,4h	24h;12h;8h;6h	24h;12h;6h;4h	24h;12h;6h
junho	*	24h;12h;8h;6h;4h	24h;12h;6h	24h;12h;8h;6h;4h		*	24h;12h;8h;6h;4h
julho	*	24h;12h;8h;6h;4h	*	24h;12h;8h;6h	*	24h;12h;8h;6h	*
agosto	24h;12h;8h;6h	24h;12h;8h;6h;4h	*	24h;12h;8h;6h	*	12h;8h;6h	*
setembro	24h;12h;6h	24h;12h;8h;6h;4h	*	24h;12h;6h	*	24h;12h	*
outubro	24h;12h;8h;6h	24h;12h;8h;6h	*	24h;12h;6h	*	24h;12h	*
novembro	24h;8h;6h	24h;12h;8h;6h	*	24h	*	24h;12h	*
dezembro	24h;12h;6h	24h;12h;8h	*	24h	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 12: Valores dos períodos anuais e interanual para os coeficientes a_n e b_n da variável T.

Ano	Período	
	a_n	b_n
1999	24h;12h	24h;12h;6h
2000	24h;12h	24h;12h;6h
2001	24h;12h	24h;12h;6h
2002	24h;12h	24h;12h;6h
2003	24h;12h	24h;12h;6h
2005	24h;12h	24h;12h;6h
2007	24h;12h	24h;12h;6h
1999-2007	24h;12h	24h;12h;6h

As figuras 20 e 21 mostram que dependência teria os valores de a_n e b_n com o mês do ano. No eixo horizontal encontram-se os meses e no vertical os valores dos coeficientes, que foram distribuídos sem considerar o ano de cada dado, tal qual Pinheiro (2008). Foram verificados os valores dos coeficientes dos períodos principais (24h, 12h, 6h) encontrados da relação interanual da variável temperatura, este critério será adotado também para as demais variáveis. Assim foi possível verificar o efeito da sazonalidade sobre os coeficientes para cada mês.

Na figura 20, os valores dos coeficientes a_n para o período de 12 horas não variam muito com os meses indicando que os mesmos se mantêm numa média ao longo do tempo, já para o período de 24 horas os coeficientes tem alterações sazonais em seus valores.

Os valores dos coeficientes b_n (Figura 21) parecem ter uma relação com a estação do ano para o período de 24 horas apresentando valores menores nos períodos seco e período intermediário seco-chuvoso, assim esses coeficientes para este período estariam supostamente também sofrendo alterações sazonais em seus valores semelhantes a própria variação sazonal da variável. Já os períodos de 12h e 6h não apresentam uma grande variabilidade ao longo do tempo.

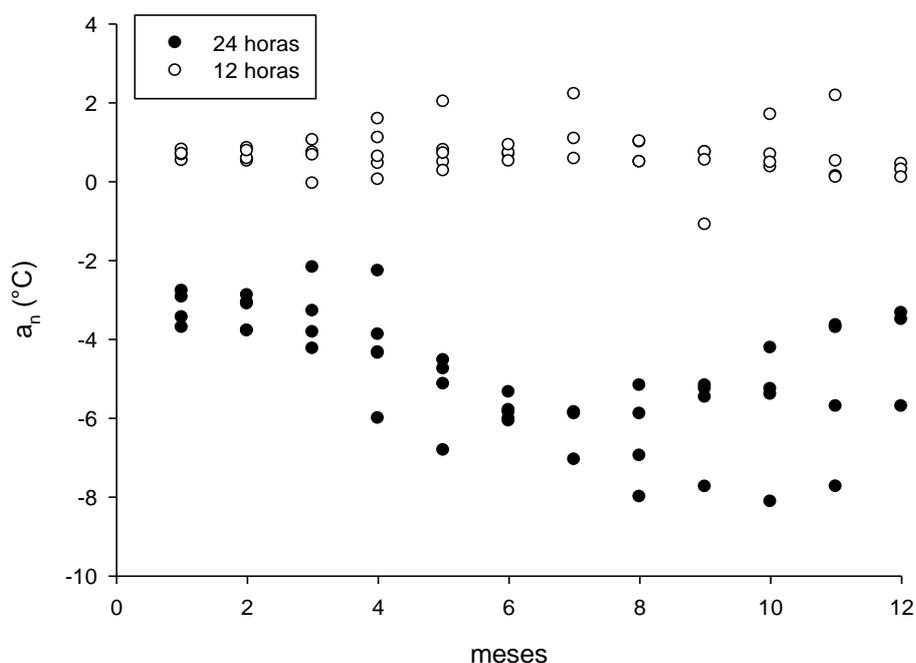


FIGURA 20: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável T.

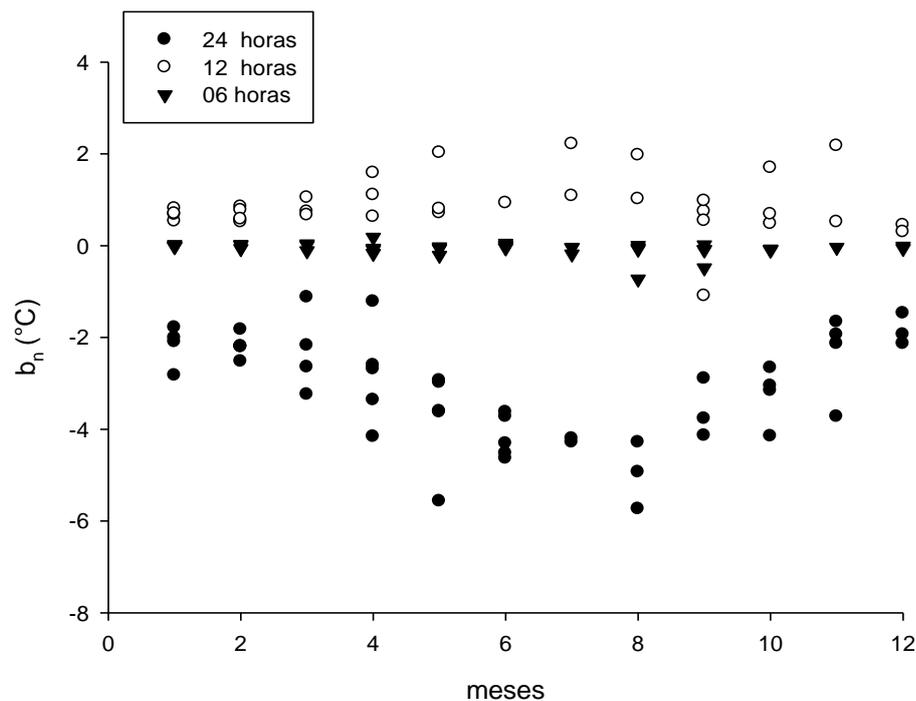


FIGURA 21: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável T.

4.3 INTENSIDADE RADIANTE

Agora serão apresentados os resultados referentes à variável Intensidade Radiante (I). O objetivo da análise dessa variável é verificar se as frequências dominantes se mantêm frente às transformações não lineares dos dados, por exemplo, quando valores são elevados a potências, neste caso trabalhou-se com a temperatura elevada a quarta potência, que é proporcional a Intensidade Radiante (Lei de Stefan-Boltzman).

Os dados utilizados na análise da temperatura foram usados para análise da presente variável. Portanto a tabela 9 exposta anteriormente nos dá novamente a informação a respeito da quantidade de dias e meses utilizados para confecção das médias mensais, anuais e interanual.

As figuras 22 e 23 apresentam os gráficos onde podemos detectar os picos e assim encontrar os períodos para os coeficientes a_n calculados em agosto de 2002 e maio de 2007, esses meses se encontram entre os períodos seco e intermediário chuvoso-seco, respectivamente.

Na figura 22, os picos se encontram em $n=1$ e 2, bem como na figura 23 o que denota períodos de 24h, 12h.

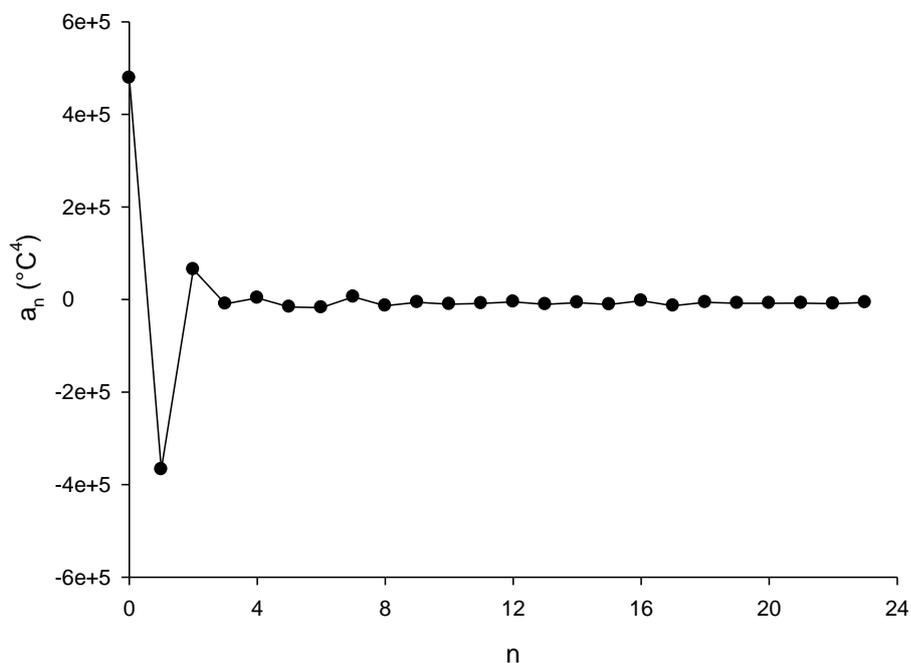


FIGURA 22: Valores do coeficiente a_n para o mês de agosto de 2002.

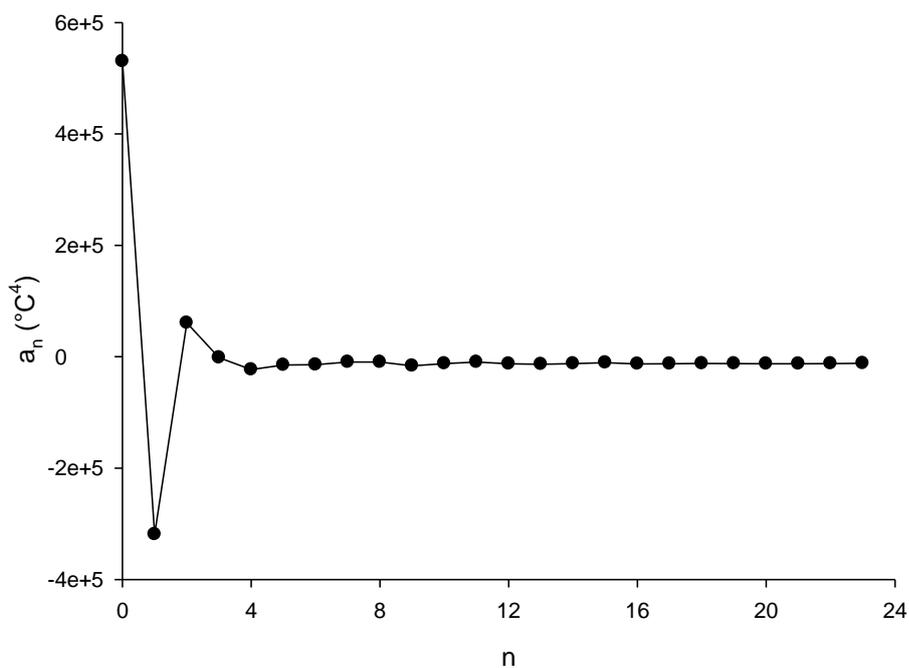


FIGURA 23: Valores do coeficiente a_n para o mês de maio de 2007.

As figuras 24 e 25 a seguir, mostram os gráficos que representam os períodos para os coeficientes b_n dos mesmos meses anteriores. Em ambas os picos se encontram em $n=1, 2$ e 4 , o que dá períodos de 24h, 12h e 6h .

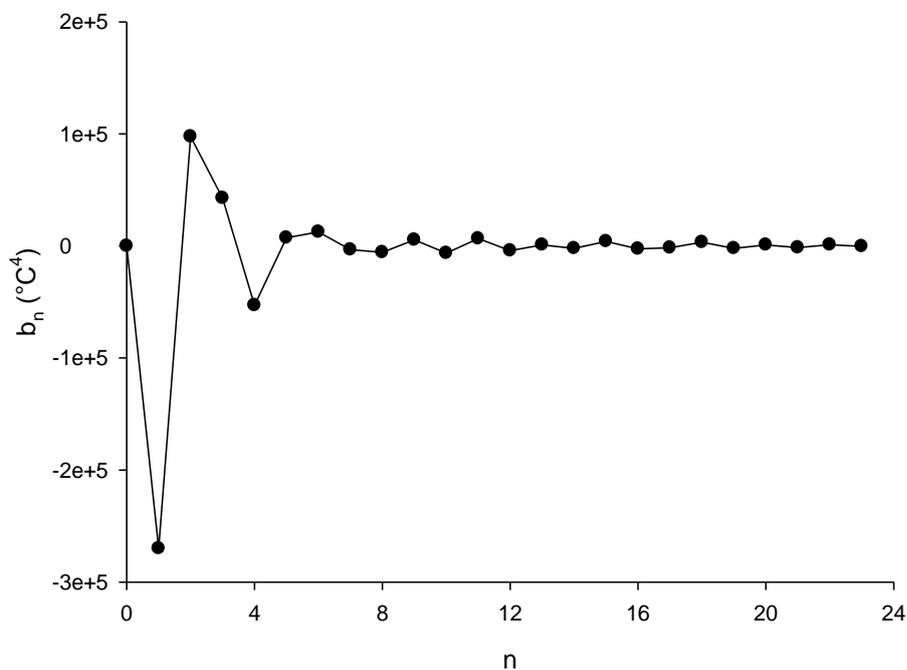


FIGURA 24: Valores do coeficiente b_n para o mês de agosto de 2002.

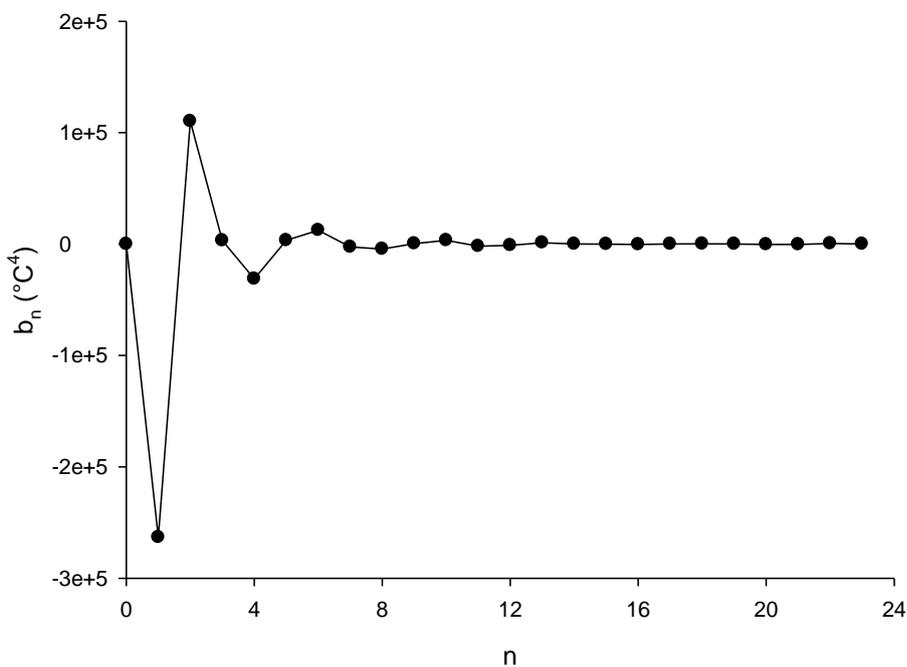


FIGURA 25: Valores do coeficiente b_n para o mês de maio de 2007.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de estudo para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 13 e os períodos mensais para o coeficiente b_n encontram-se na tabela 14. Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para os dois coeficientes encontram-se na tabela 15.

Os períodos dominantes para a variável intensidade radiante obtidos pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h, 8h, 6h, 4h para os coeficientes da série de Fourier, com alguns períodos menores (4,8h e 3,4h) sendo encontrados durante a análise.

Assim como para temperatura, análise mostrou ter melhor precisão para períodos menores através do coeficiente b_n .

A análise de Fourier para essa variável apresentou períodos dominante iguais aos da temperatura, revelando que eles se mantêm quando ocorrem transformações não lineares dos dados. Também fica evidente que os picos se tornam mais definidos por conta da ampliação na escala, pois os valores dos coeficientes são maiores e, agora aparecem os períodos menores até mesmo para a_n (o que não se evidenciou em T).

TABELA 13: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável I durante o período de 1999-2007.

Meses	Ano						
	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2007
janeiro	*	24h;12h	24h;12h	24h	24h	*	*
fevereiro	*	24h;4h;3,4h	24h;12h;8h	24h	24h;12h;8h	*	24h;12h
março	*	24h;12h;6h;4,8h	24h;12h;8h	24h	*	*	24h;12h
abril	*	24h;12h;6h	24h;12h	24h	*	24h;12h;8h	24h;12h
maio	*	24h;12h	24h;12h	6h;4h	*	24h;8h	24h;12h
junho	*	24h;12h	*	24h;12h	24h;12h;6h	*	24h;12h
julho	*	24h;12h	*	24h;12h	*	24h;8h;4,8h	*
agosto	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h	*	24h;12h;6h	*
setembro	24h;12h	24h;12h;8h	*	24h;12h	*	24h;12h;8h;6h	*
outubro	24h;12h	24h;12h;6h	*	24h;12h	*	24h;12h;6h	*
novembro	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h	*	24h;12h;8h	*
dezembro	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h;8h	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 14: Valores dos períodos mensais dos coeficientes b_n para a variável I durante o período de 1999-2007.

Meses	Ano						
	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2007
janeiro	*	24h;12h;6h	24h;12h	24h;12h	24h;12h	*	*
fevereiro	*	24h;12h;4h	24h;12h	24h;12h	24h;12h;8h	*	24h;12h
março	*	24h;8h;4,8h	24h;12h;8h	24h;12h	*	*	24h;12h
abril	*	24h;12h;8h	24h;12h;6h	24h;12h;6h	*	24h;12h	24h;12h
maio	*	24h;12h;6h;4h	24h;12h;6h;4h	24h;12h;8h;3,4h	*	24h;12h;8h;4h	24h;12h;6h
junho	*	24h;12h;6h	24h;12h;6h	24h;12h;6h	24h;12h	*	24h;12h;8h;6h;4h
julho	*	24h;12h;6h;4h	*	24h;12h;6h	*	24h;12h;6h	*
agosto	24h;12h;8h	24h;12h;6h	*	24h;12h;6h	*	24h	*
setembro	24h;12h;8h	24h;12h	*	24h;12h	*	6h	*
outubro	24h;12h;8h	24h;12h;6h	*	24h;12h;6h	*	24h;12h;8h	*
novembro	24h;12h;8h;6h	24h;12h	*	24h;12h;6h	*	24h;12h	*
dezembro	24h;12h;8h;6h;3,4h	24h;12h	*	24h;12h;6h	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos.

TABELA 15: Valores dos períodos anuais e interanual para os coeficientes a_n e b_n da variável I.

Ano	Período	
	a_n	b_n
1999	24h;12h	24h;12h;8h
2000	24h;12h	24h;12h;6h
2001	24h;12h	24h;12h
2002	24h;12h;8h	24h;12h;6h
2003	24h;12h	24h;12h;6h
2005	24h;12h;8h;6h	24h;12h;8h
2007	24h;12h	24h;12h;8h
1999-2007	24h;12h	24h;12;6h

As figuras 26 e 27 avaliam a dependência sazonal dos valores de a_n e b_n , respectivamente.

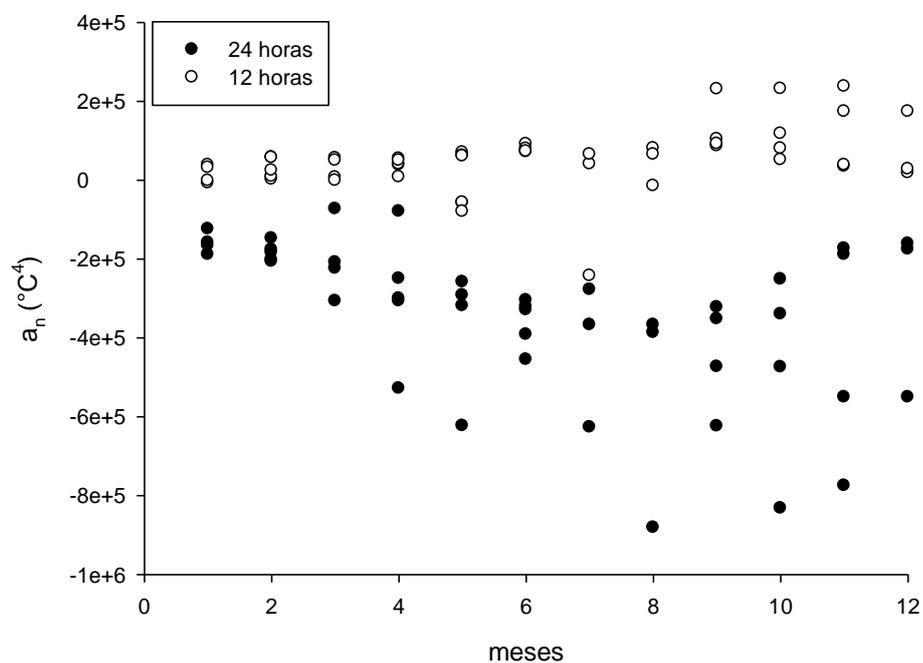


FIGURA 26: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável I.

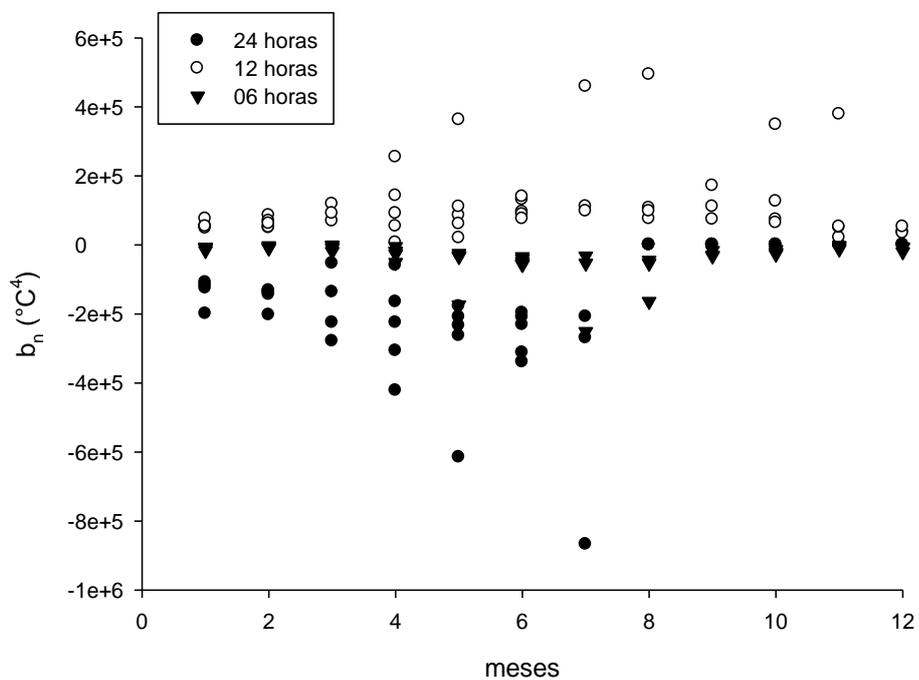


FIGURA 27: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável I.

Nas figuras 26 e 27 foram verificados os valores dos coeficientes dos períodos principais (24h, 12h, 6h) encontrados da relação interanual da variável intensidade radiante. Assim foi possível verificar o efeito da sazonalidade sobre os coeficientes encontrados em cada mês.

Nas figura 26 e 27, os valores dos coeficientes a_n e b_n mostram existir uma dependência sazonal para o período de 24 horas.

Os valores dos coeficientes para os períodos de 12h e 6h parecem estar em torno de uma média, a não ser em pontos esporádicos, isso pode ser devido ao fato dos valores dos coeficientes desta variável serem maiores do que os valores dos coeficientes da temperatura, neste caso a escala da presente variável não seria capaz de mostrar visualmente uma diferença grande entre os valores.

4.4 UMIDADE RELATIVA

A seguir serão apresentados os resultados referentes à variável umidade relativa (UR). A tabela 16 mostra a quantidade de dias e meses utilizados para confecção das médias mensais, anuais e interanual. Novamente em 2006 não houve análises por conta de dados falhos.

TABELA 16: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável UR durante o período de estudo.

Ano	Meses											
	jan	fev	Mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1999	*	*	*	*	*	*	*	14	15	25	15	18
2000	31	15	15	30	31	25	13	15	25	16	30	31
2001	31	27	31	30	31	*	*	*	*	*	*	*
2002	31	27	31	30	27	30	31	31	30	31	20	31
2003	14	20	*	*	*	12	*	*	*	*	*	*
2005	*	*	*	30	26	*	23	20	15	*	*	*
2007	31	27	31	*	*	*	*	*	*	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

As figuras 28 e 29 apresentam os gráficos onde podemos detectar os picos e assim encontrar os períodos para os coeficientes a_n calculados em março de 2000 e julho de 2005, esses meses se encontram entre os períodos intermediário chuvoso-

seco e seco, respectivamente. Na figura 28, os picos se encontram em $n=1, 2$ o que denota períodos de 24h e 12h. Já na figura 29, o pico se encontra em $n= 1$, indicando período de 24h apenas.

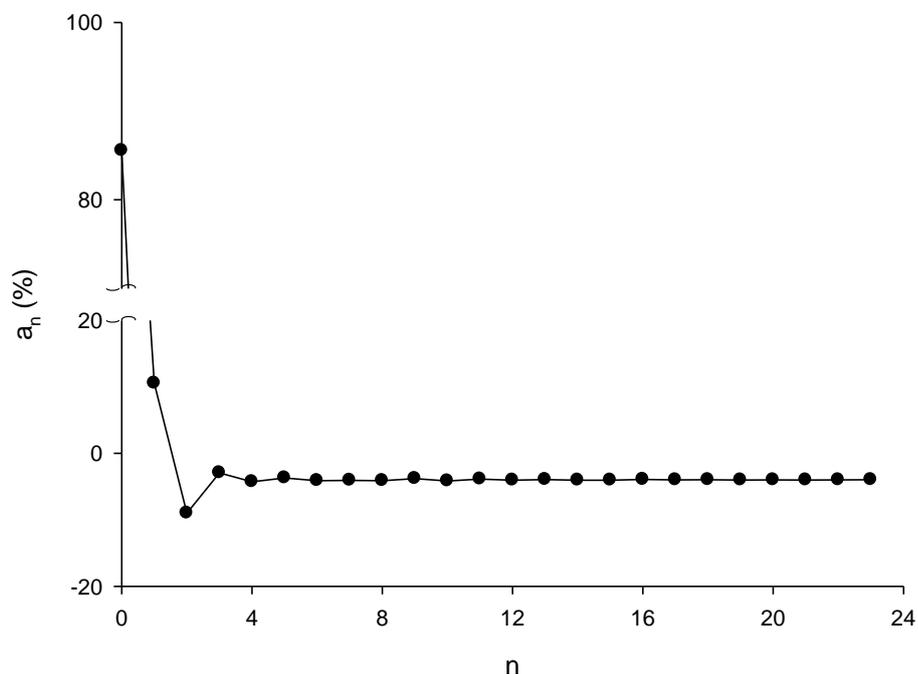


FIGURA 28: Valores do coeficiente a_n para o mês de março de 2000.

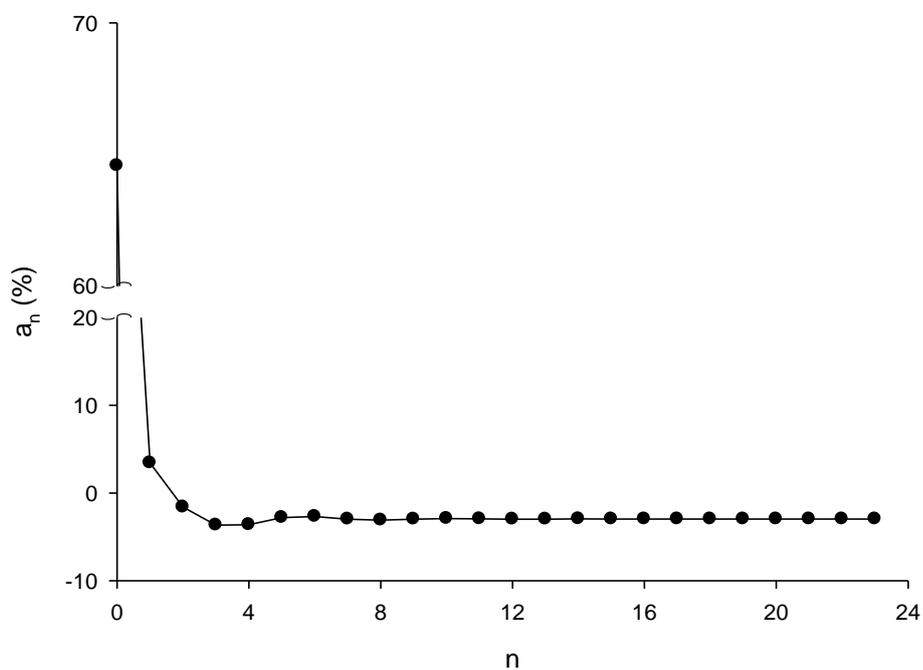


FIGURA 29: Valores do coeficiente a_n para o mês de julho de 2005.

Na figura 30 os picos se encontram em $n= 1, 2, 4$ e 6 o que dá períodos de 24h, 12h, 6h e 4h para b_n . Na figura 31 em $n= 1, 3$ e 4 temos períodos de 24h;8h;6h.

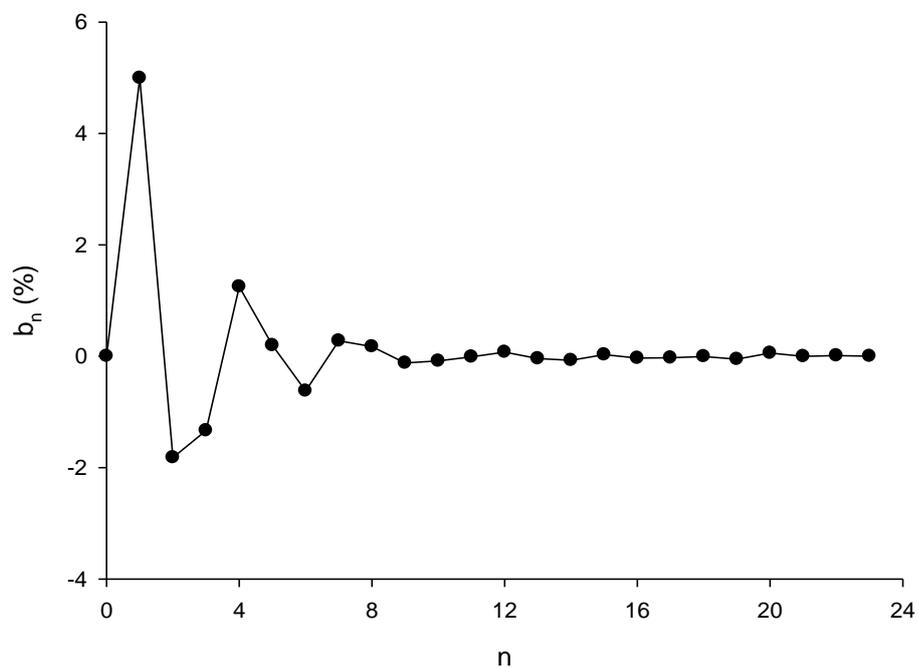


FIGURA 30: Valores do coeficiente b_n para o mês de março de 2000.

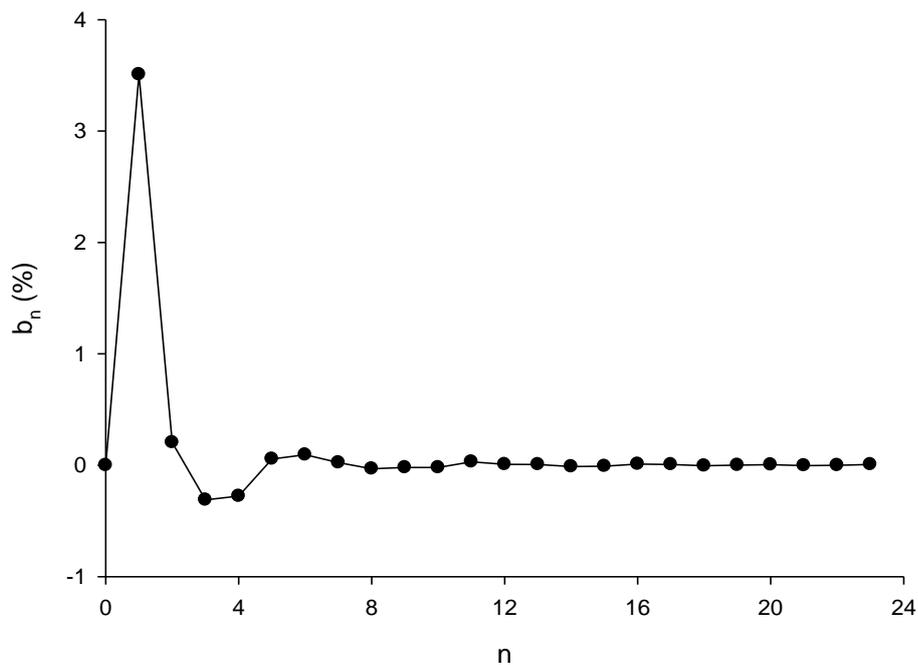


FIGURA 31: Valores do coeficiente a_n para o mês de julho de 2005.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de estudo para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 17 e os períodos mensais para o coeficiente b_n encontram-se na tabela 18. Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para os dois coeficientes encontram-se na tabela 19.

Os períodos dominantes para a variável UR obtidos pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h, 8h, 6h e 4h para os dois coeficientes, novamente com alguns períodos menores (4,8h e 3,4h) sendo encontrados durante a análise.

A UR é influenciada por alguns importantes controles climáticos como a temperatura, sendo inversamente proporcional a tensão de saturação do vapor de água que é proporcional a primeira, as variáveis são interdependentes dentro do sistema, logo, era de se esperar que apresentassem mesmos períodos principais, assim, a análise de Fourier para essa variável apresentou períodos dominante iguais aos da temperatura e intensidade radiante. Os fenômenos ligados a esses períodos assim como para temperatura e intensidade radiante são o ciclo da radiação solar e possivelmente a dinâmica estomatal.

TABELA 17: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável UR durante o período de 1999-2007.

Meses	Ano						
	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2007
janeiro	*	24h;12h	24h;12h	24h;12h;8h;6h;4h	24h;12h	*	24h;12h
fevereiro	*	24h;12h;4h;3,4h	24h;12h	24h;12h;6h	24h;12h;4h	*	24h;12h
março	*	24h;12h;8h	24h;12h	24h;12h;8h;6h;4h	*	*	24h;12h
abril	*	24h;12h;8h	24h;12h	24h;12h	*	24h	*
maio	*	24h;12h;6h	24h;12h	24h;12h	*	24h;8h	*
junho	*	24h;12h;6h	*	24h;12h	24h;12h	*	*
julho	*	24h;12h;6h	*	24h;12h	*	24h	*
agosto	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h	*	24h;8h;6h	*
setembro	24h;12h	24h;12h;4,8h	*	24h;12h	*	24h;6h	*
outubro	24h;12h	24h;12h;6h;4h	*	24h;12h	*	*	*
novembro	24h;12h	24h;12h;6h	*	24h;12h	*	*	*
dezembro	24h;12h	24h;12h	*	24h;12h	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 18: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável UR durante o período de 1999-2007.

Meses	Ano						
	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2007
janeiro	*	24h;12h;8h	24h;12h;6h	24h;12h	24h;12h;6h	*	24h;12h;6h
fevereiro	*	24h;12h;4h	24h;12h;6h	24h;12h;6h	24h;12h;6h	*	24h;12h;6h
março	*	24h;12h;6h;4h	24h;12h;6h	24h;12h;6h	*	*	24h;12h;6h
abril	*	24h;12h;6h	24h;12h;6h	24h;12h;6h	*	24h	*
maio	*	24h;12h;6h	24h;12h;6h;4h	24h;12h;6h	*	24h	*
junho	*	24h;12h;6h;4h;3,4h	*	24h;12h;6h	24h;12h;6h	*	*
julho	*	24h;12h;6h;4h	*	24h;12h;6h	*	24h;8h;6h	*
agosto	24h;12h;6h	24h;6h	*	24h;12h;6h	*	24h	*
setembro	24h;12h;6h	24h;12h;8h;6h	*	24h;12h;6h	*	24h	*
outubro	24h;12h;6h	24h;6h	*	24h;12h;6h	*	*	*
novembro	24h;8h;6h	24h;12h;6h	*	24h;12h	*	*	*
dezembro	24h;12h;8h	24h;12h	*	24h;12h	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 19: Valores dos períodos anuais e interanual para os coeficientes a_n e b_n da variável UR.

Ano	Coeficientes	
	a_n	b_n
1999	24h;12h	24h;12h;8h;6h
2000	24h;12h;6h	24h;12h;6h
2001	24h;12h	24h;12h;6h
2002	24h;12h	24h;12h;6h
2003	24h;12h	24h;12h;6h
2005	24h;	24h
2007	24h;12h	24h;12h;6h
1999-2007	24h;12h	24h;12h;6h

Nas figuras 32 e 33 foram verificados os valores dos coeficientes dos períodos principais (24h, 12h, 6h) encontrados da relação interanual da variável UR. Assim foi possível verificar o efeito da sazonalidade sobre os coeficientes.

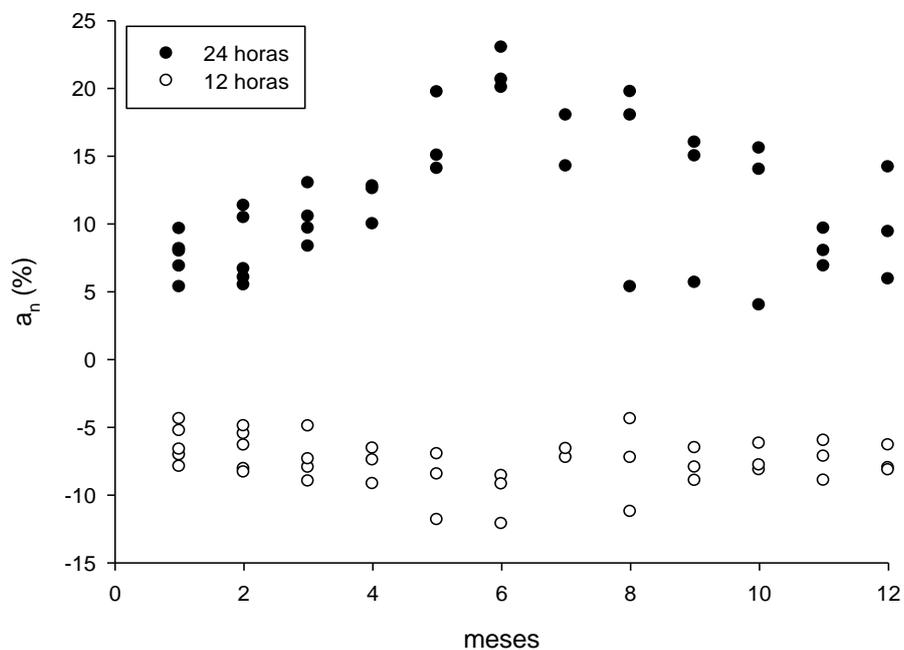


FIGURA 32: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável UR.

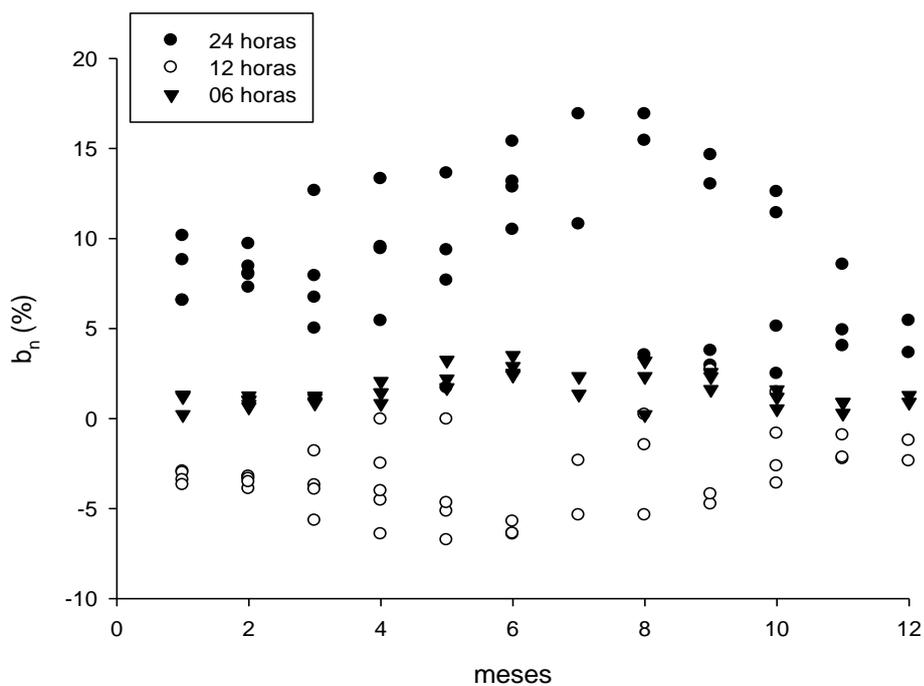


FIGURA 33: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável UR.

Através dos valores dos coeficientes a_n e b_n nas figuras 32 e 33 é possível verificar que os períodos de 24h e 12h são os que mais contribuem para variabilidade dos sinais estudados, enquanto para o período de 6 horas os valores se concentram em torno de uma média.

4.5 FLUXO DE CARBONO

A seguir serão apresentados os resultados referentes aos períodos dominantes da variável F_c . A tabela 20 mostra a quantidade de dias e meses utilizados para confecção das médias mensais, anuais e interanual. É possível ver que nesta variável há menos meses onde foram realizadas as análises por conta das falhas nos registros de dados e que no ano de 2003 não houve análises.

TABELA 20: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável F_c durante o período de estudo.

Ano	Meses											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1999	*	*	*	*	*	*	*	18	13	25	17	*
2000	*	15	*	*	*	*	15	*	*	*	*	15
2001	21	27	31	30	28	13	*	*	*	*	*	*
2002	*	*	*	*	*	23	15	25	30	*	*	*
2005	*	*	*	30	26	*	23	20	19	31	30	29
2006	31	19	19	14	16	*	*	30	*	*	*	*
2007	31	27	31	30	31	25	*	*	*	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

As figuras 34 e 35 apresentam os gráficos onde podemos detectar os picos e assim encontrar os períodos para os coeficientes a_n calculados em fevereiro de 2000 e junho de 2007, esses meses se encontram entre os períodos chuvoso e seco, respectivamente. Na figura 34 os picos se encontram em $n=1, 2, 4$ e 5 , o que denota períodos de 24h, 12h, 6h e 4,8h. Já na figura 35, o pico se encontra em $n= 1, 2, 3$ e 4 , indicando período de 24h, 12h, 8h, 6h.

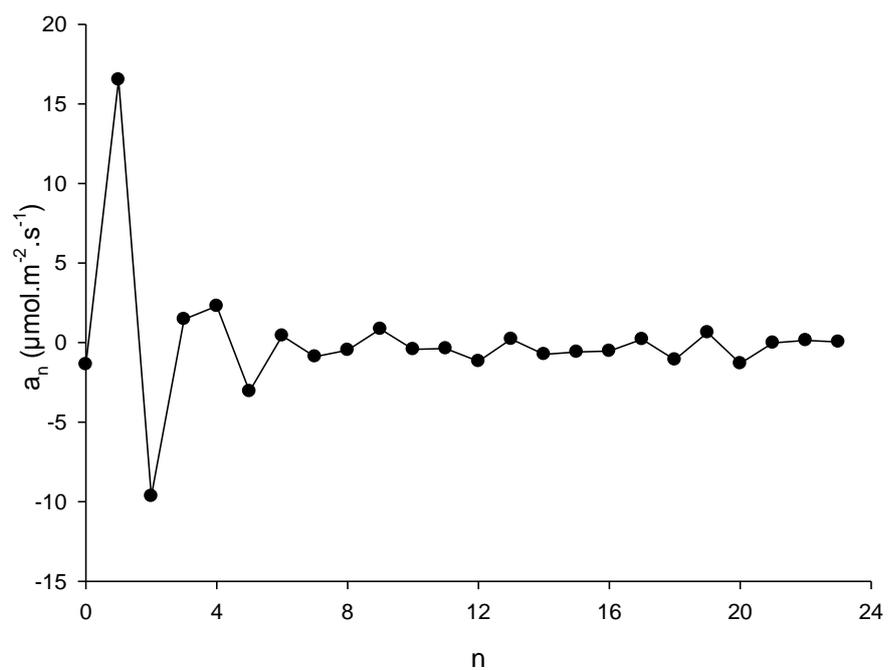


FIGURA 34: Valores do coeficiente a_n para o mês de fevereiro de 2000.

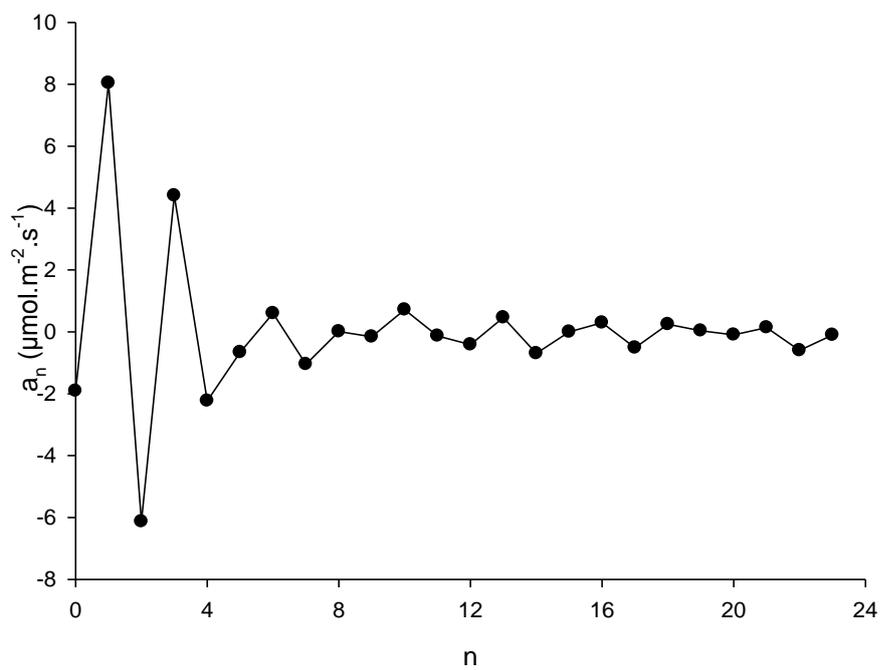


FIGURA 35: Valores do coeficiente a_n para o mês de junho de 2007.

Agora para o coeficiente b_n , na figura 36 os picos se encontram em $n= 3, 4$ e 5 o que dá períodos de 8h, 6h, 4,8h. Na figura 37 aparece picos em $n= 1, 2, 4$ e 5 indicando períodos de 24h, 12 h, 6h, 4,8h.

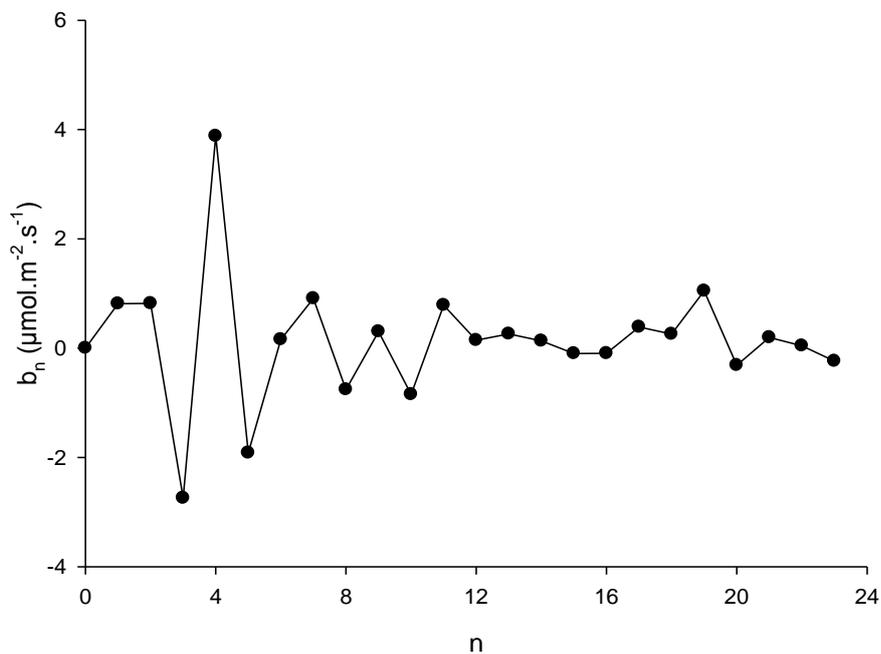


FIGURA 36: Valores do coeficiente b_n para o mês de fevereiro de 2000.

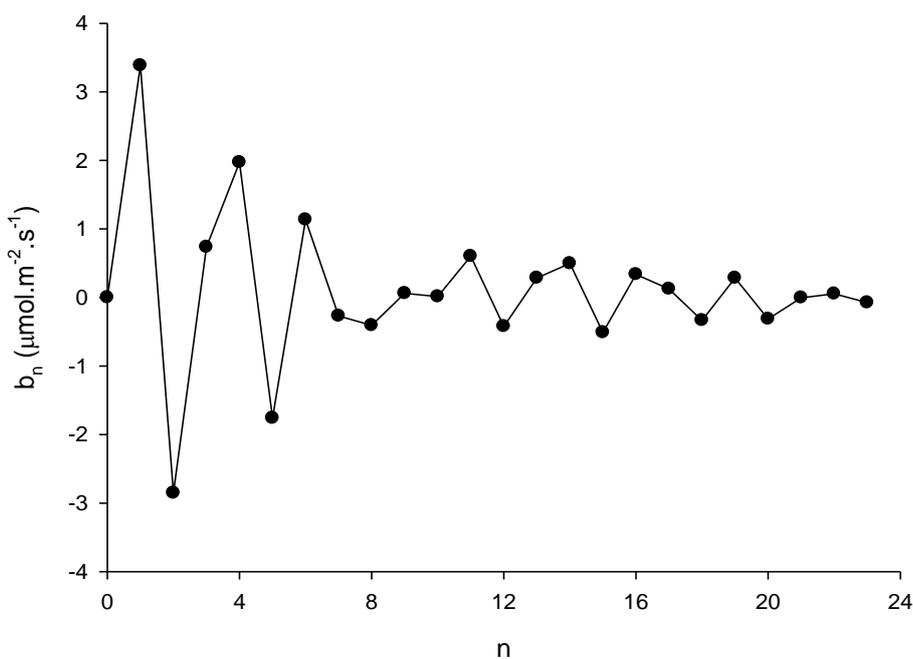


FIGURA 37: Valores do coeficiente b_n para o mês de junho de 2007.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de estudo para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 21 e os períodos mensais para o coeficiente b_n encontram-se na tabela 22. Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para os dois coeficientes encontram-se na tabela 23.

Os períodos dominantes para a variável F_c obtidos pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h, 8h, 6h, 4,8h, 4h e 3,4h. Os períodos menores (6h, 4,8h, 4h e 3,4h) foram encontrados durante a análise de forma mais evidente, do que nas outras variáveis analisadas anteriormente.

Do ponto de vista da Teoria da Complexidade e de acordo com CAPISTRANO (2007), o fluxo de CO_2 é uma variável que precisa de no mínimo sete variáveis para seu entendimento, sendo o seu comportamento diário bem mais irregular (maiores flutuações) do que a das outras variáveis.

A figura 38 mostra o registro da variável F_c medido durante o mês de maio do ano de 2005, para esse mês existe registro de 26 dias completos em seqüência, enquanto que a figura 39 nos mostra o comportamento do dia médio para o mesmo mês. O fluxo de CO_2 é, como pode ser visto através da figura 38, uma variável que pode conter mais ruídos no sinal, isso justifica o fato de não encontrarmos frequências dominantes em algumas séries, pois esses ruídos faz com que surjam frequências em todo o espectro.

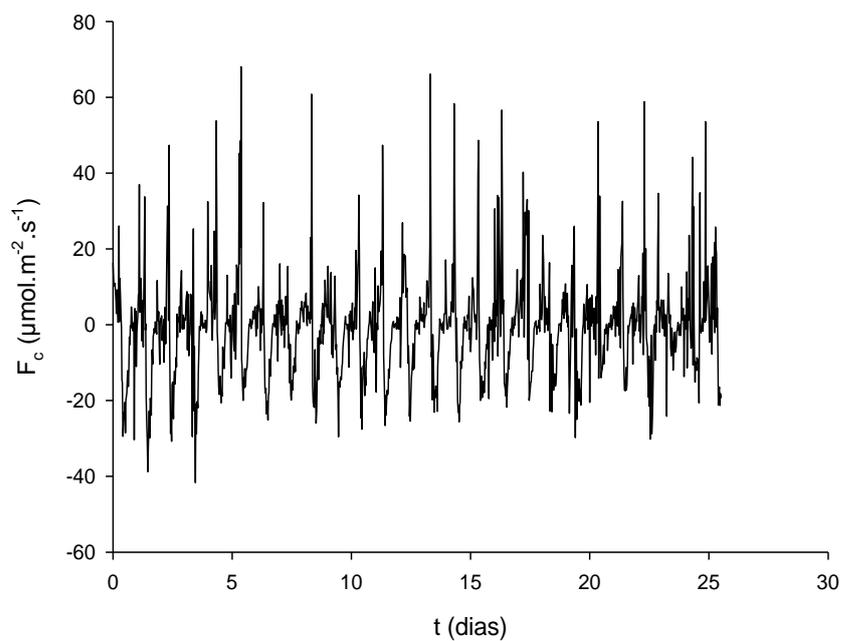


FIGURA 38: Registro da variável F_c medida durante o período intermediário chuvoso-seco (maio de 2005) da floresta de Sinop.

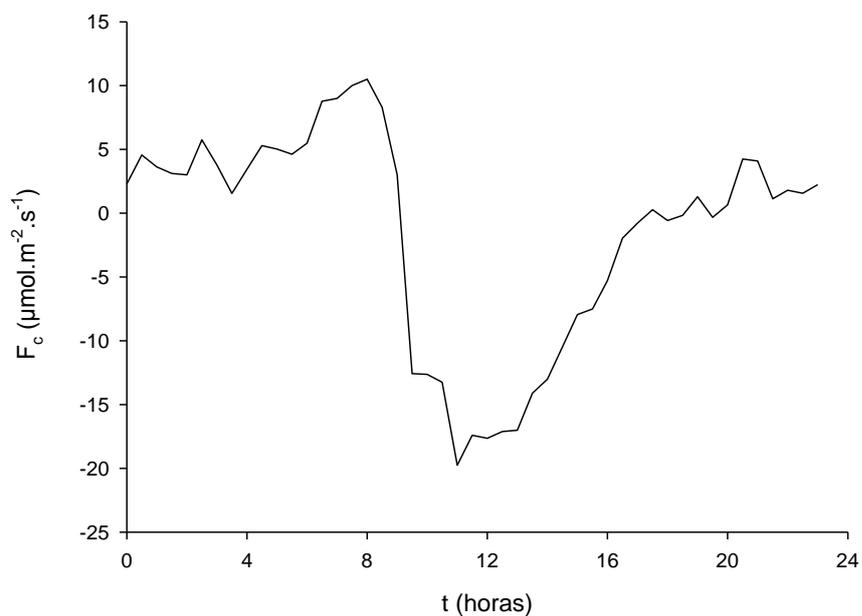


FIGURA 39: Comportamento do dia médio do mês de maio de 2005 para a variável F_c .

TABELA 21: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável F_c durante o período de 1999-2007

Mês	Ano						
	1999	2000	2001	2002	2005	2006	2007
janeiro	*	*	24h;12h	*	*	24h;12h;2,2h	#
fevereiro	*	24h;12h;6h;4,8h	24h;12h;6h	*	*	#	24h;12h;3,4h
março	*	*	24h;12h	*	*	24h;12h;6h;4h	24h
abril	*	*	24h;12h;6h;4,8h;4h	*	24h;12h;4,8h;3h	24h;12h;8h	#
maio	*	*	24h;12h;4h	*	24h;12h;8h;4,8h;4h	24h;12h;4,8h	24h;12h;3,4h
junho	*	*	24h;12h;4h	24h;12h;4,8h;3,4h	*	*	24h;12h;8h;6h
julho	*	24h;12h;8h;6h;3h;3,4h	*	24h;12h;6h;4h;3h	24h;12h;8h;6h	*	*
agosto	24h;12h;8h;4,8h	*	*	24h;12h;4h	24h;12h;8h;6h	24h;12h;4,8h	*
setembro	24h;12h	*	*	24h;12h;4h	24h;12h;2,6h	*	*
outubro	24h;12h;6h;1,8h	*	*	*	24h;12h;8h;4h;3h	*	*
novembro	24h;12h;8h	*	*	*	#	*	*
dezembro	*	24h; 12h	*	*	#	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

ausência de períodos dominantes

TABELA 22: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável F_c durante o período de 1999-2007

Meses	Ano						
	1999	2000	2001	2002	2005	2006	2007
janeiro	*	*	24h;12h	*	*	24h;8h;6h;4h;3h,4;3h	#
fevereiro	*	8h;6h;4,8h	12h;8h	*	*	#	#
março	*	*	#	*	*	4,8h;3,4h	#
abril	*	*	12h;8h;6h;4h;3,4h	*	24h12h;6h;4,8h	24h;8h	#
maio	*	*	12h;8h;6h;4h;3,4h	24h;8h;6h;12h;4,8h;1,8h	24h;12h;6h;4,8h	24h;12h;8h;6h	24h;12h;4,8h;3,4h
junho	*	*	24h;8h;6h;4h	24h;12h;8h;6h;4,8h;3,4h	*	*	24h;12h;6h;4,8h
julho	*	24h;12h;8h;6h;4,8h;3h	*	12h;3h	24h;12h;6h;4,8h	*	*
agosto	4h;4,8h	*	*	24h;12h;8h	24h;3h	24h;12h;3h	*
setembro	4h	*	*	24h;12h;8h;6h;4h;3h	12h;6h;3h	*	*
outubro	2h;1,7h	*	*	*	24h;12h;4,8h;2,2h	*	*
novembro	12h;8h;6h;4,8h;4h	*	*	*	#	*	*
dezembro	*	24h;8h;6h;4h	*	*	#	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido a mau funcionamento de equipamentos; #ausência de períodos dominantes

TABELA 23: Valores dos períodos anuais e interanual para os coeficientes a_n e b_n da variável F_c .

Ano	Período	
	a_n	b_n
1999	24h;12h;8h	6h;4,8h
2000	12h;6h;4,8h;3,4h	24h;8h;6h;4h
2001	24h;12h	#
2002	24h;12h	12h
2005	24h;12h;8h;3,4h	24h
2006	24h;12h;4,8h;4h	24h
2007	#	#
1999-2007	24h;12h;3,4h	24h;12h

Nas figuras 40 e 41 foram verificados os valores dos coeficientes dos períodos principais (24h, 12h e 3,4h) encontrados da relação interanual da variável fluxo de carbono.

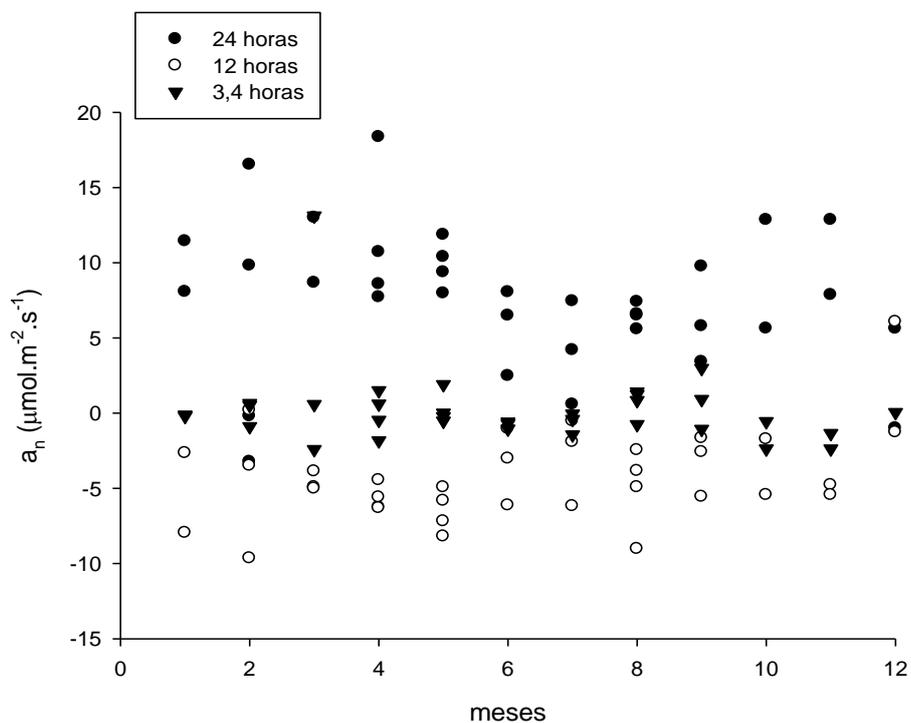


FIGURA 40: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável F_c .

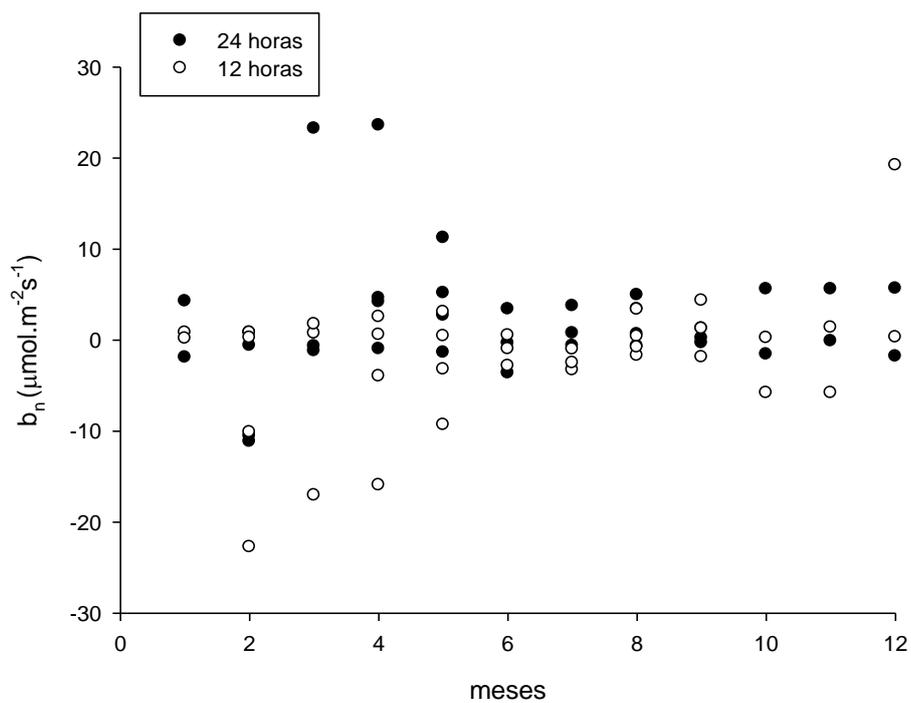


FIGURA 41: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável F_c .

Assim foi possível verificar o efeito da sazonalidade sobre os coeficientes encontrados em cada mês. Na figura 40, os valores dos coeficientes a_n durante o período seco são relativamente menores (parece ser uma tendência nas variáveis). Os valores dos coeficientes b_n não parece ter uma dependência sazonal significativa.

A análise de Fourier para essa variável apresentou períodos dominante iguais aos das variáveis anteriores.

4.6 CALOR SENSÍVEL

A tabela 24 mostra a quantidade de dias e meses utilizados para confecção das médias mensais, anuais e interanual pra a variável H.

TABELA 24: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável H durante o período de estudo.

Ano	Meses											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1999	*	*	*	*	*	*	*	18	13	25	17	*
2000	*	15	*	*	*	*	15	*	*	*	*	15
2001	21	27	31	30	28	13	*	*	*	*	*	*
2002	*	*	*	*	*	23	15	25	30	31	*	*
2003	*	20	14	15	15	*	*	*	*	*	*	*
2005	*	*	*	30	26	*	23	20	19	31	30	29
2006	31	19	19	14	16	*	*	30	*	*	*	*
2007	31	27	31	30	31	25	*	*	*	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

As figuras 42 e 43 apresentam os gráficos onde podemos detectar os picos e assim encontrar os períodos para os coeficientes a_n . Esses meses se encontram entre os períodos chuvoso (janeiro) e intermediário seco-chuvoso (setembro). Na figura 42 os picos se encontram em $n=1, 2$ e 3 , o que denota períodos de 24h, 12h, 8h. Na figura 43 os picos se encontram em $n=1, 2, 3$ e 4 o que denota períodos de 24h, 12h, 8h e 6h.

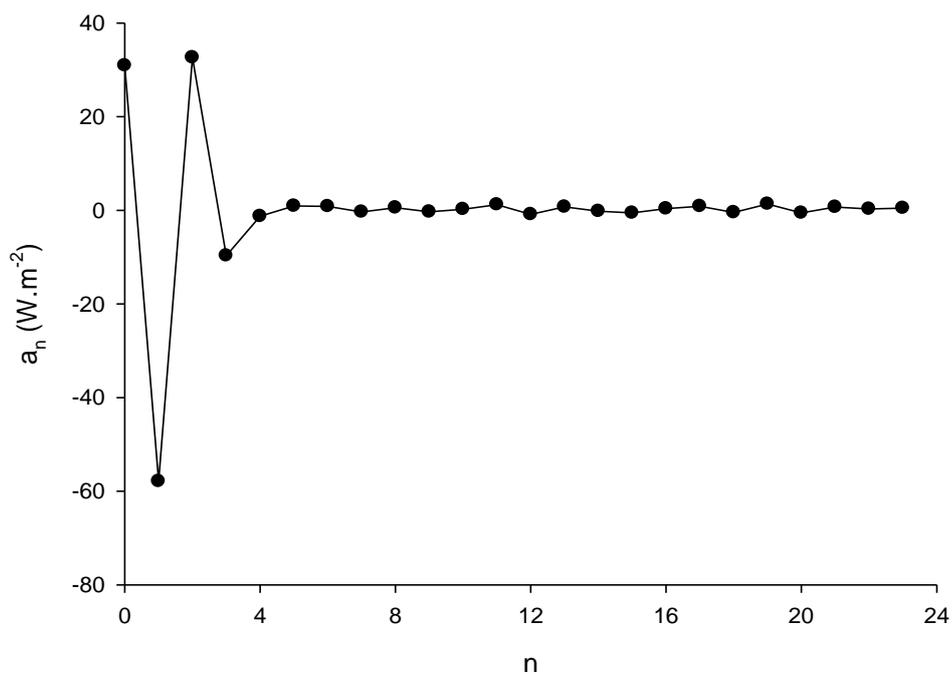


FIGURA 42: Valores do coeficiente a_n para o mês de janeiro de 2006.

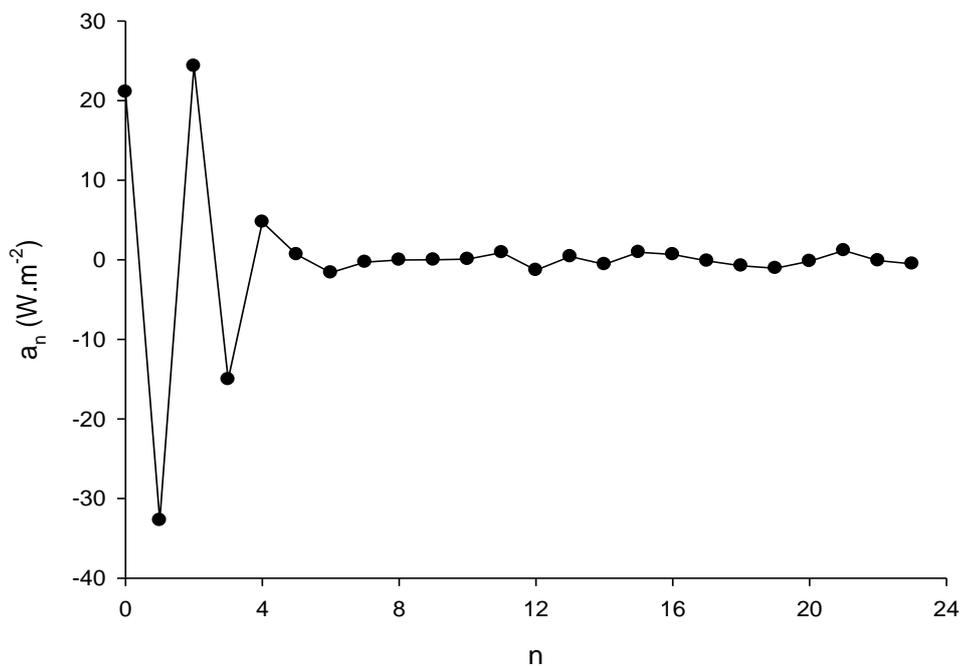


FIGURA 43: Valores do coeficiente a_n para o mês de setembro de 2002.

Agora para o coeficiente b_n , na figura 44 e 45 os gráficos parecem indicar frequências em todo o espectro, mas ao confeccionarmos os gráficos de a_n e b_n na

mesma escala (Figura 46), percebemos que nenhum dos picos da figura 45, por exemplo, configura períodos principais da grandeza, assim como na figura 47 onde são apresentado os coeficientes com valores normalizados.

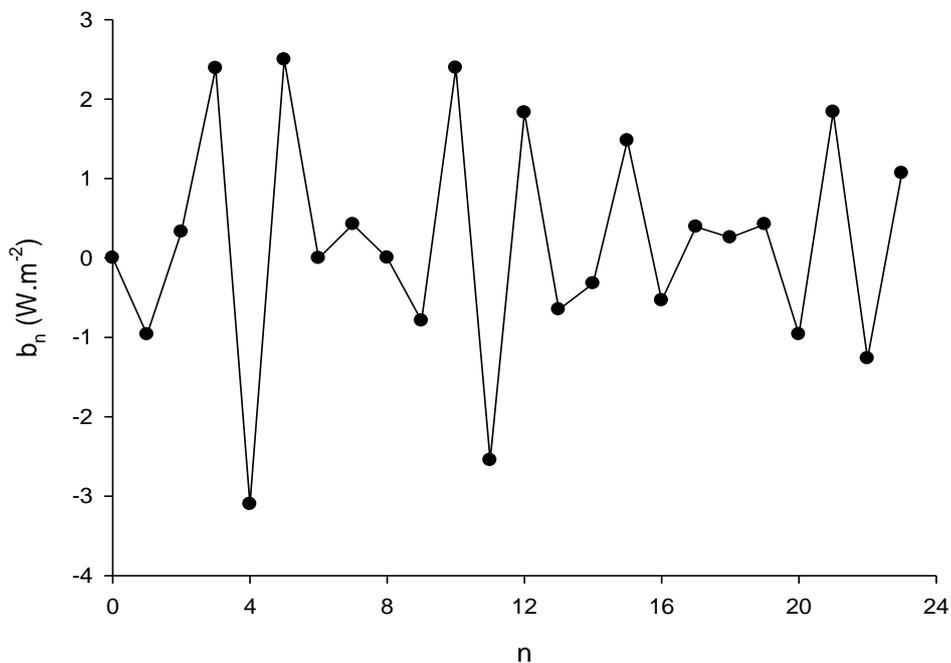


FIGURA 44: Valores do coeficiente b_n para o mês de janeiro de 2006.

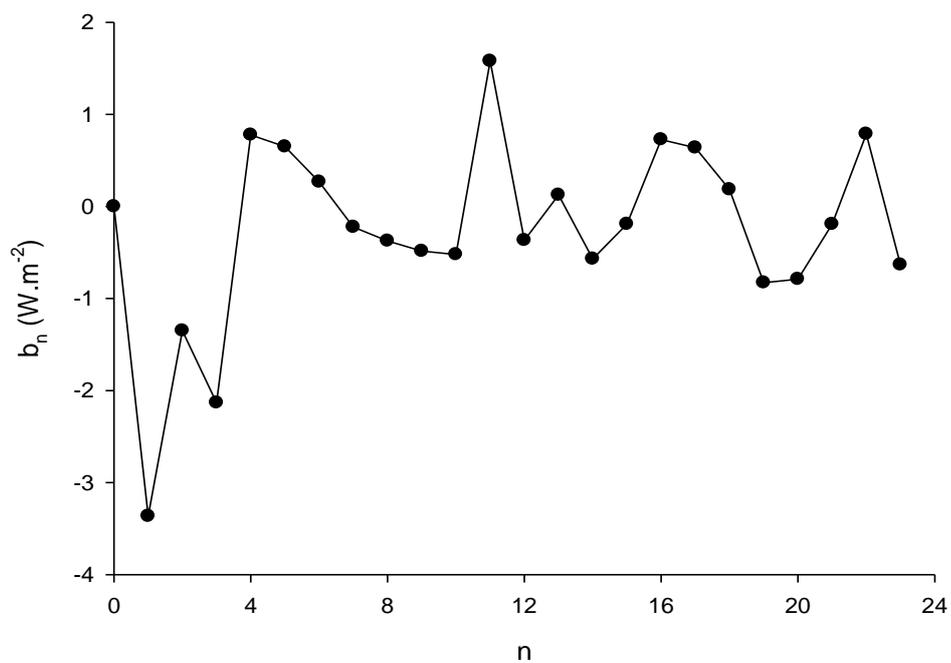


FIGURA 45: Valores do coeficiente b_n para o mês de setembro de 2002.

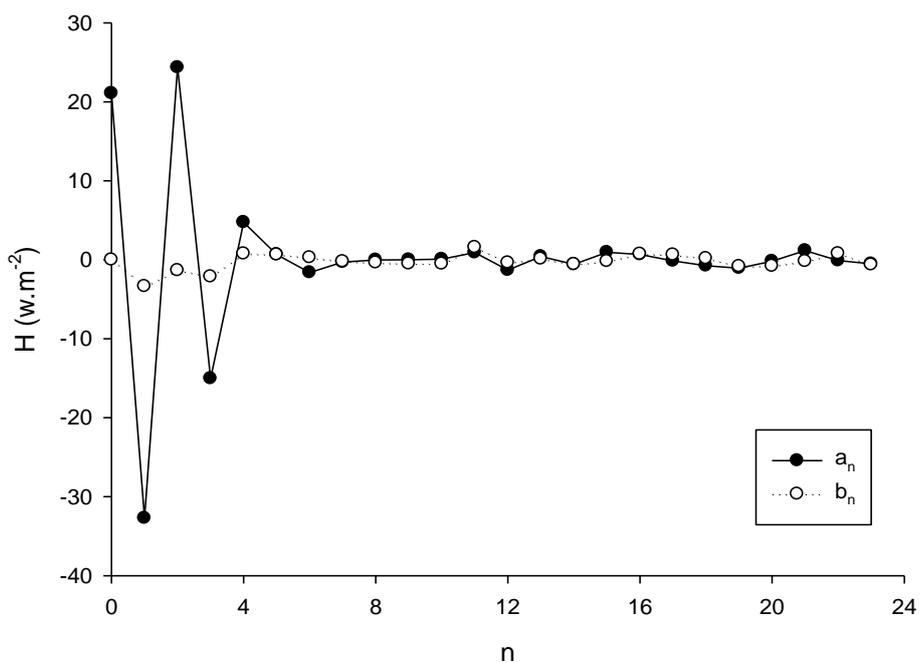


FIGURA 46: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável H em setembro de 2002.

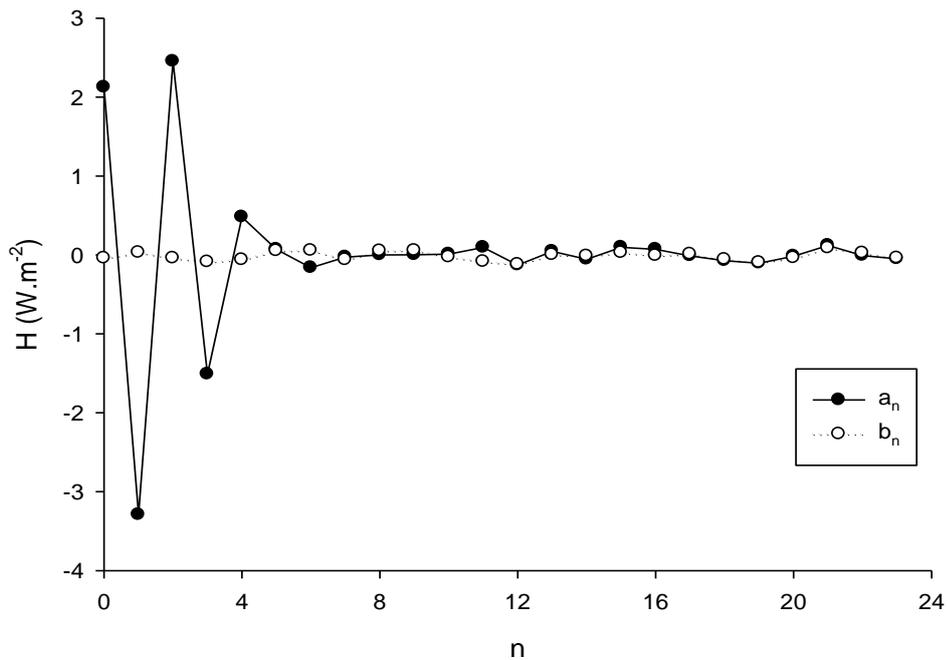


FIGURA 47: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável H em setembro de 2002.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de estudo para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 25. Para esta variável não se identificou períodos dominantes em nenhuma análise (mensal, anual e interanual) para o coeficiente b_n . Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 26.

Os períodos dominantes para a variável fluxo de calor sensível pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h, 8h e 6h para o coeficiente a_n . A análise de Fourier para essa variável não apresentou períodos dominantes para o coeficiente b_n .

TABELA 25: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n do fluxo de H durante o período de 1999-2007.

Meses	Ano							
	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006	2007
janeiro	*	*	24h;12h;8h	*	*	*	24h;12h;8h	24h;12h;8h
fevereiro	*	24h;12h;8h;4,8h;3,4h	#	*	24h;12h;8h	*	24h;12h;8h	24h;12h
março	*	*	24h;12h	*	24h;12h;8h	*	24h;12h;8h	24h;12h
abril	*	*	24h;12h;6h	*	24h;12h;8h	24h;12h;8h	24h;12h;8h	24h;12h;8h
maio	*	*	24h;12h	*	24h;12h;8h	24h;12h;8h	24h;12h;8h	24h;12h;8h
junho	*	*	24h;12h;8h	24h;12h;8h;	*	*	*	24h;12h;8h
julho	*	24h;12h;8h	*	24h;12h;8h;	*	24h;12h;8h	*	*
agosto	24h;12h;8h	*	*	24h;12h;8h;6h	*	24h;12h;8h;6h	24h;12h	*
setembro	24h;12h;8h	*	*	24h;12h;8h;	*	24h;12h;8h	*	*
outubro	24h;12h;8h	*	*	24h;12h;8h;	*	24h;12h;8h	*	*
novembro	24h;12h;6h	*	*	*	*	*	*	*
dezembro	*	24h;12h	*	*	*	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

ausência de períodos dominantes

TABELA 26: Valores dos períodos anuais e interanual para o coeficiente a_n do fluxo de H.

Ano	a_n
1999	24h;12h;8h
2000	24h;12h;8h
2001	24h;12h;8h
2002	24h;12h;8h
2005	24h;12h;8h
2006	24h;12h
2007	24h;12h;8h
1999-2007	24h;12h;8h

Na figura 48 foram verificados os valores dos coeficientes dos períodos principais (24h, 12h e 8h) encontrados da relação interanual da variável H. Assim foi possível verificar o efeito da sazonalidade sobre os coeficientes encontrados em cada mês. Podemos verificar que não existe uma dependência sazonal clara entre os coeficientes para nenhum dos três períodos analisados.

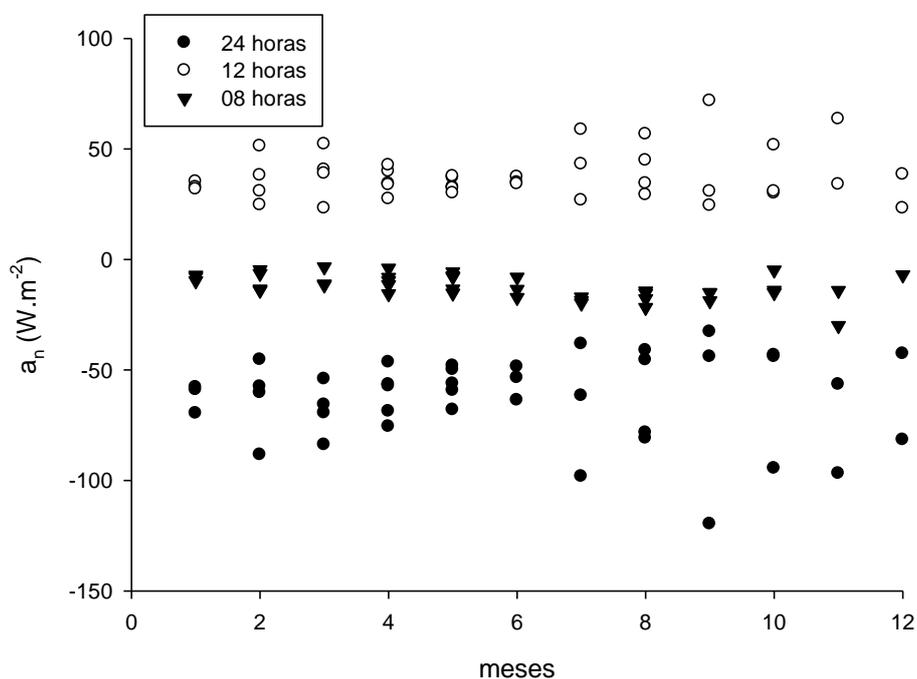


FIGURA 48: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável H.

4.7 CALOR LATENTE

A seguir serão apresentados os resultados referentes aos períodos dominantes da variável fluxo de calor latente. Portanto a tabela 24 exposta anteriormente nos dá novamente a informação a respeito da quantidade de dias e meses utilizados para confecção das médias mensais, anuais e interanual da presente variável.

As figuras 49 e 50 apresentam os gráficos onde podemos detectar os picos e assim encontrar os períodos para os coeficientes a_n . Os meses analisados se encontram entre os períodos intermediário seco-chuvoso (outubro) e intermediário chuvoso-seco (maio). Na figura 49 os picos se encontram em $n=1, 2$ e 3 , o que denota períodos de 24h, 12h, 8h. Enquanto que na figura 50 os períodos são de 24 e 12 horas.

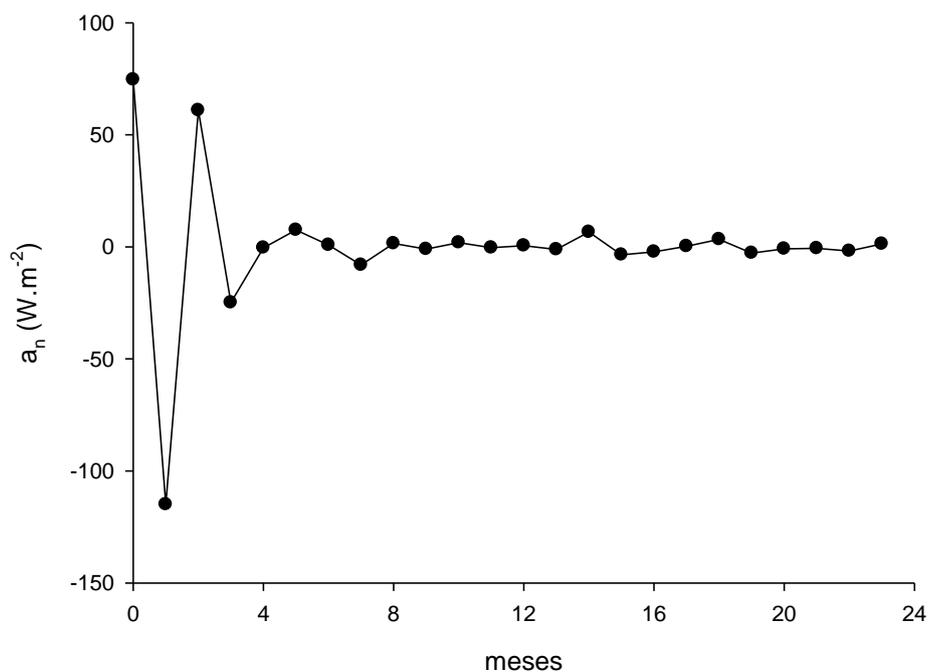


FIGURA 49: Valores do coeficiente a_n para o mês de outubro de 2002.

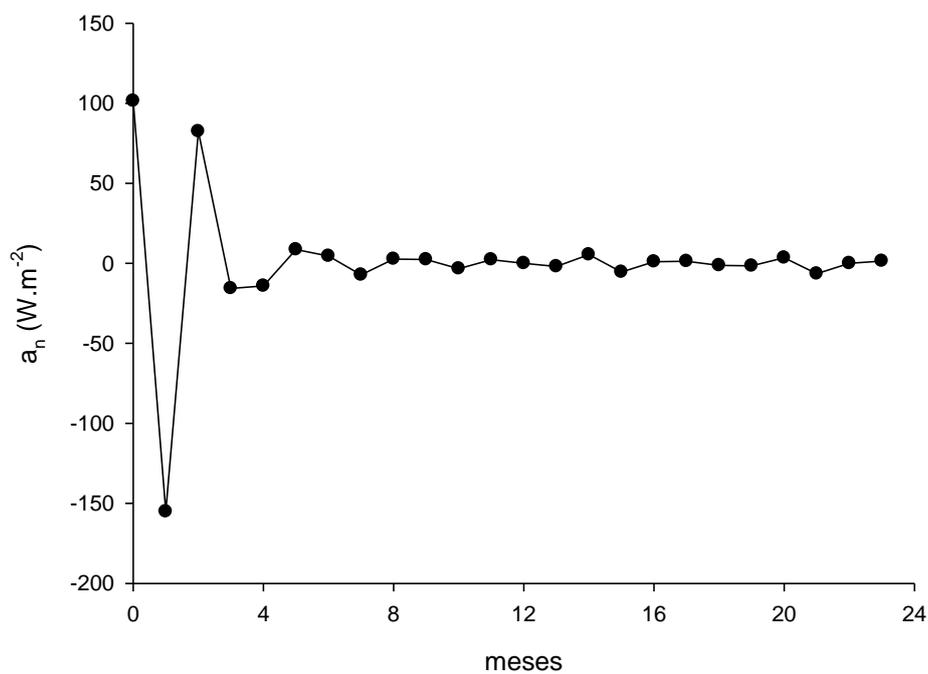


FIGURA 50: Valores do coeficiente a_n para o mês de maio de 2007.

Nas figuras 51 e 52 os gráficos mostram aparentemente frequências em todo o espectro, mas ao confeccionarmos os gráficos de a_n e b_n conforme figura 53, percebe-se

que os picos da figura 52 não revela períodos dominantes, bem como na figura 54 onde os valores estão normalizados.

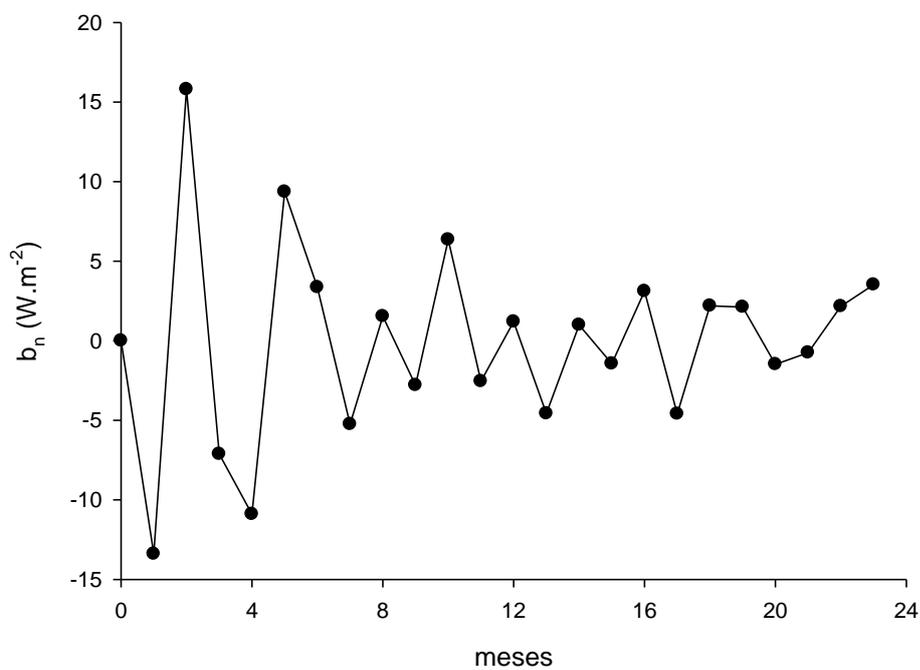


FIGURA 51: Valores do Coeficiente b_n para o mês de outubro de 2002.

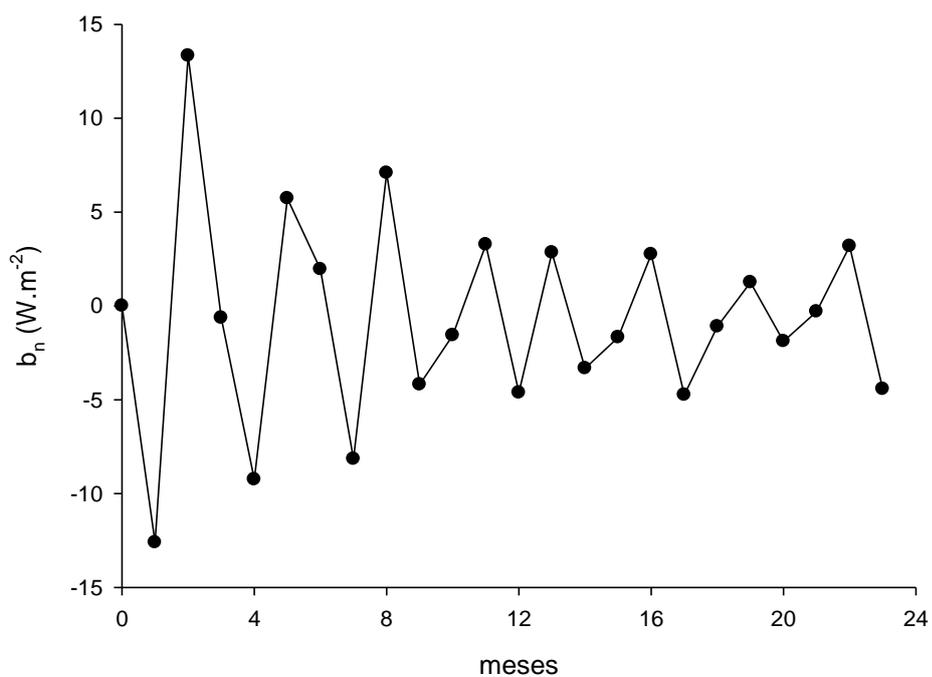


FIGURA 52: Valores do Coeficiente b_n para o mês de maio de 2007.

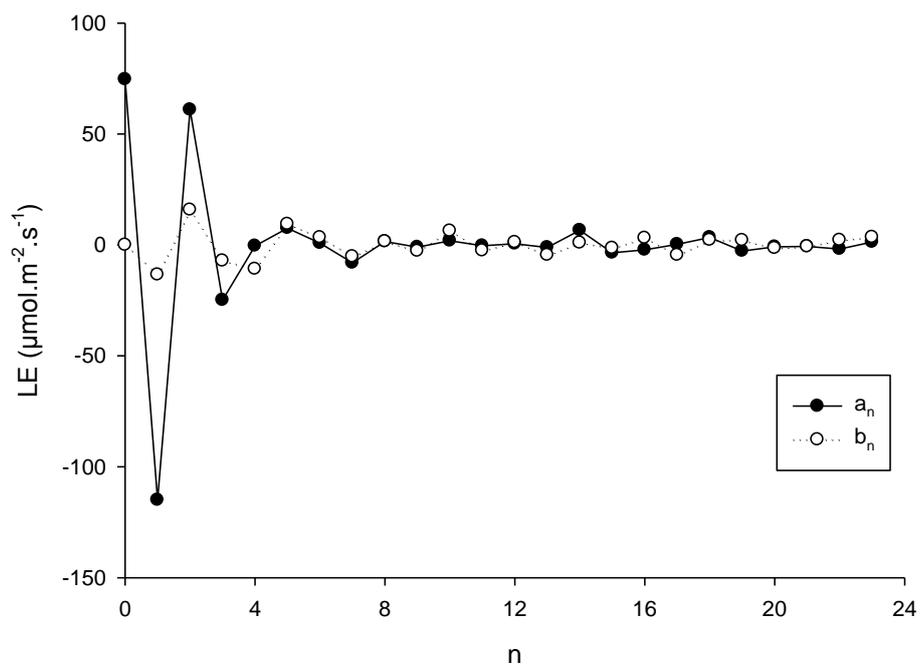


FIGURA 53: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável LE em outubro de 2002.

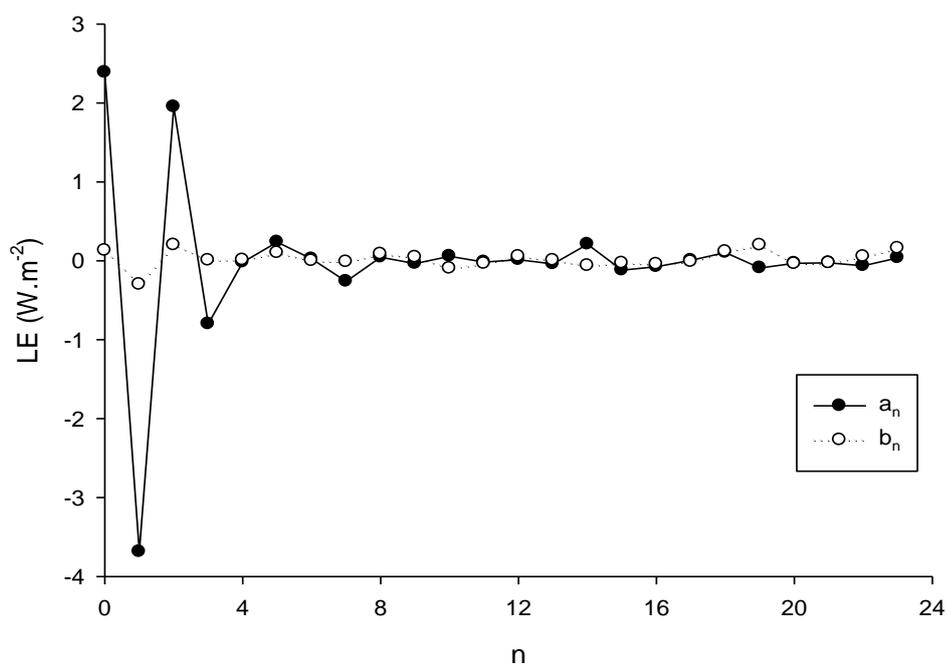


FIGURA 54: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável LE em outubro de 2002.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de estudo para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 27. Para esta variável não se identificou períodos dominantes em nenhuma análise (mensal, anual e interanual) para o coeficiente b_n . Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 28.

Os períodos dominantes para a variável LE pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h, 8h, 6h e 4,8h para o coeficiente a_n . Novamente a análise de Fourier para essa variável não apresentou períodos dominantes para a variável b_n .

TABELA 27: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável LE durante o período de 1999-2007.

Meses	Ano							
	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006	2007
janeiro	*	*	24h;12h	*	*	*	24h;12h	24h;12h;8h
fevereiro	*	24h;12h;8h	24h;12h;8h	*	24h;12h;8h	*	24h;12h	24h;12h;8h
março	*	*	24h;12h	*	24h;12h	*	24h;12h	24h;12h
abril	*	*	24h;12h	*	24h;12h	24h;12h;8h	24h;12h	24h;12h
maio	*	*	24h;12h;6h;4,8h	*	24h;12h;8h	24h;12h;6h	24h;12h	24h;12h
junho	*	*	24h;12h;8h	24h;12h;8h;	*	*	*	24h;12h
julho	*	24h;12h;8h	*	24h;12h;8h;	*	24h;12h	*	*
agosto	24h;12h;8h;6h	*	*	24h;12h;8h;	*	24h;12h;8h	24h;8h	*
setembro	24h;12h;8h	*	*	24h;12h;8h;	*	24h;12h	*	*
outubro	24h;12h;8h	*	*	24h;12h;8h;	*	24h;12h;8h	*	*
novembro	24h;12h;8h;6h	*	*	*	*	*	*	*
dezembro	*	24h;12h	*	*	*	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 28: Valores dos períodos anuais e interanual para o coeficiente a_n da variável LE.

Ano	a_n
1999	24h;12h;8h
2000	24h;12h
2001	24h;12h;8h
2002	24h;12h;8h
2005	24h;12h;8h;4,8h
2006	24h;12h
2007	24h;12h
1999-2007	24h;12h

Na figura 55 foram verificados os valores dos coeficientes dos períodos principais (24h e 12h) encontrados da relação interanual da variável LE. Assim foi possível verificar o efeito da sazonalidade sobre os coeficientes encontrados em cada mês. Para os dois períodos analisados verifica-se que não existe uma dependência sazonal entre os coeficientes, pois eles se mantêm em torno de uma média.

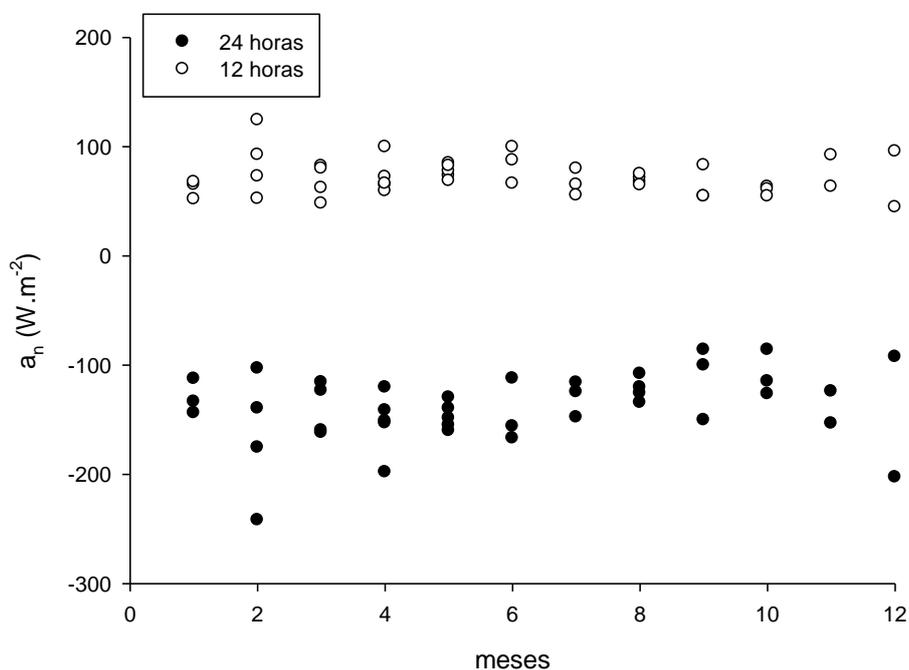


FIGURA 55: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável LE.

4.8 COMPONENTE ZONAL DA VELOCIDADE DO VENTO (U_x)

A seguir serão apresentados os resultados referentes aos períodos dominantes da variável velocidade do vento (componente na direção zonal). A tabela 29 mostra a quantidade de dias e meses utilizados para confecção das médias mensais, anuais e interanual da presente variável. Para esta variável não dispomos de muitos dados em seqüência como tivemos para as outras sendo analisados apenas os anos de 2005 e 2007.

TABELA 29: Quantidade de dias utilizados para realização das médias para cada mês da variável velocidade do vento (componente zonal) durante o período de estudo.

Ano	Meses											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Dez
2005	*	*	*	30	26	*	23	20	19	31	30	29
2007	*	27	31	30	31	*	*	*	*	*	*	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

As figuras 56 e 57 apresentam os gráficos onde podemos detectar os picos e assim encontrar os períodos para os coeficientes a_n . Os meses analisados se encontram entre os períodos intermediário seco-chuvoso (setembro) e período chuvoso (fevereiro). Na figura 56 os picos se encontram em $n=1$ e 5, o que denota períodos de 24h e 4,8h. Já na figura 57 os picos se encontram em $n=1, 2$ caracterizando períodos de 24h, 12h.

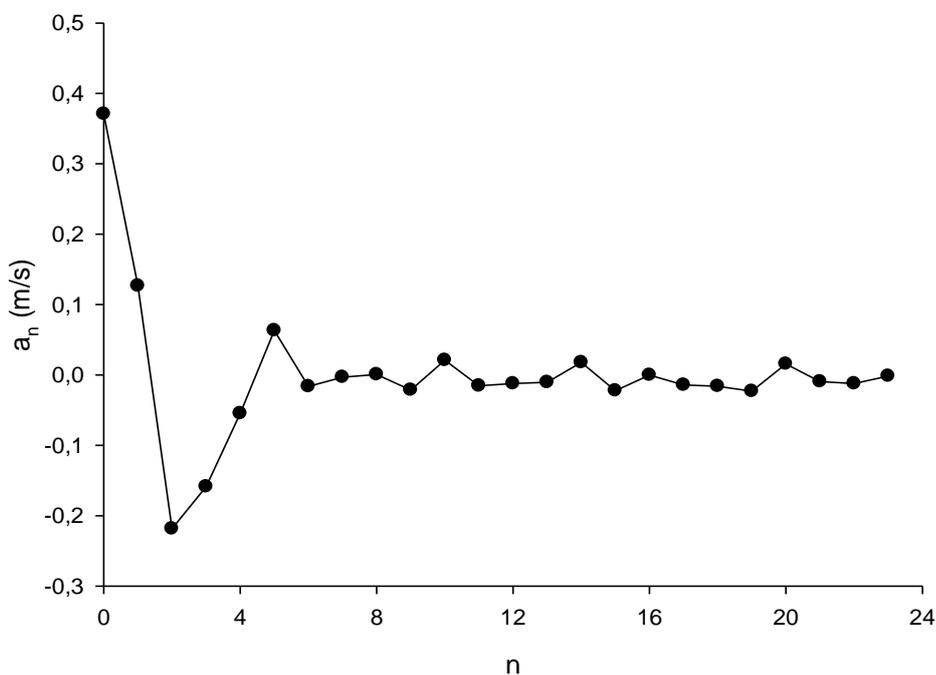


FIGURA 56: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_x em setembro de 2005.

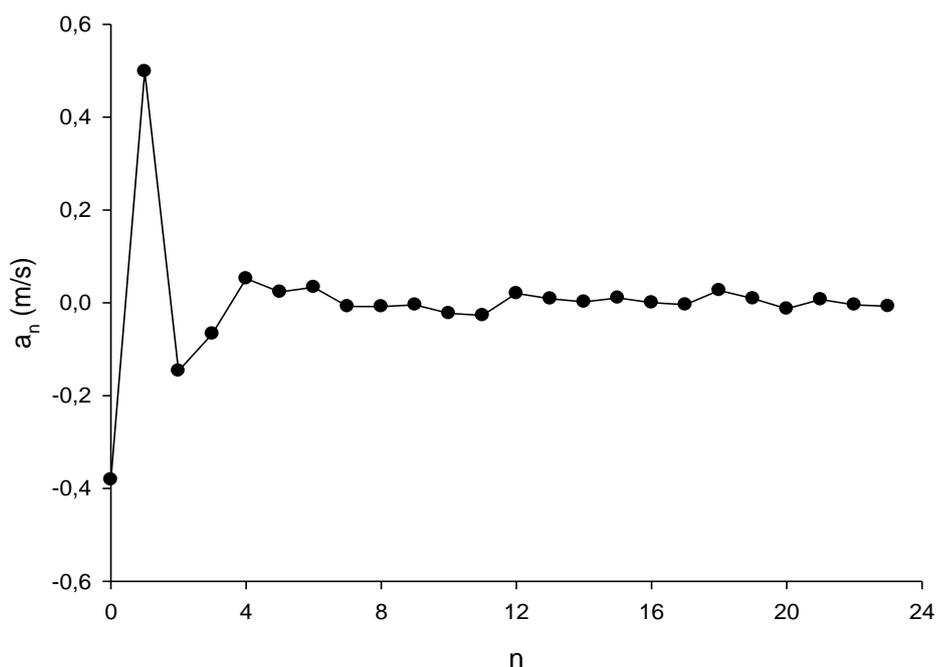


FIGURA 57: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_x em fevereiro de 2007.

Na figura 58 os picos se encontram em $n=2$ e 7 o que denota períodos de 12h e 3,4h

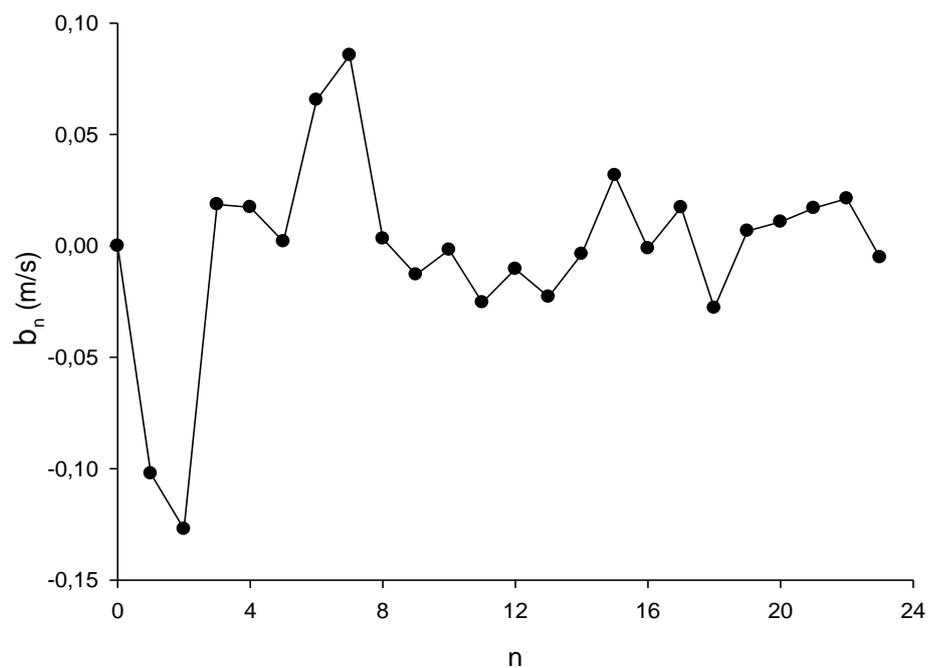


FIGURA 58: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_x em setembro de 2005.

A figura 59 mostra um período nítido de 12 horas para o coeficiente b_n ($n=2$) e a figura 60 e 61 (valores normalizados) mostra a caracterização desse mesmo período.

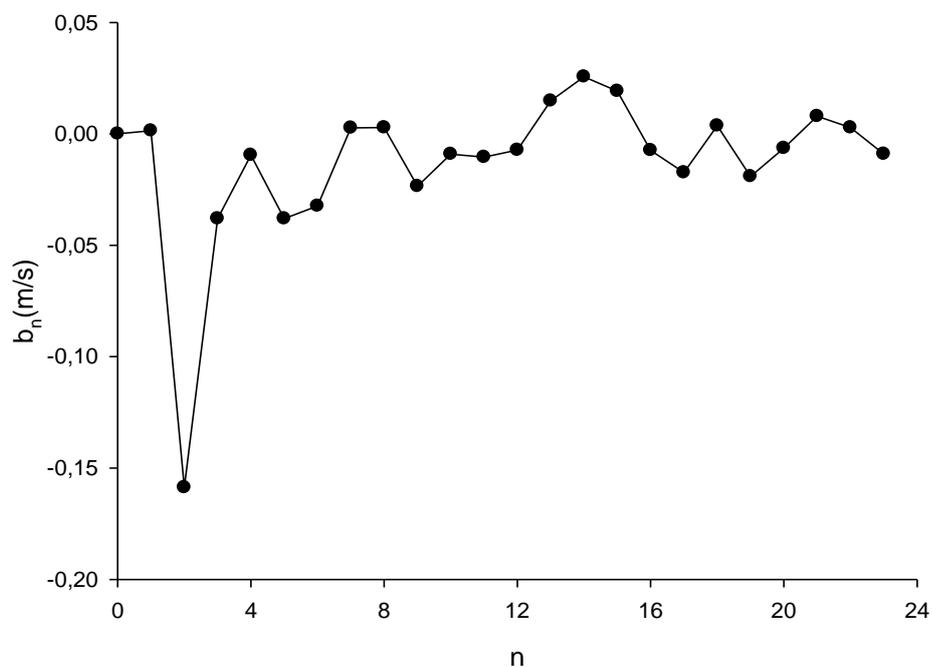


FIGURA 59: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_x em fevereiro de 2007.

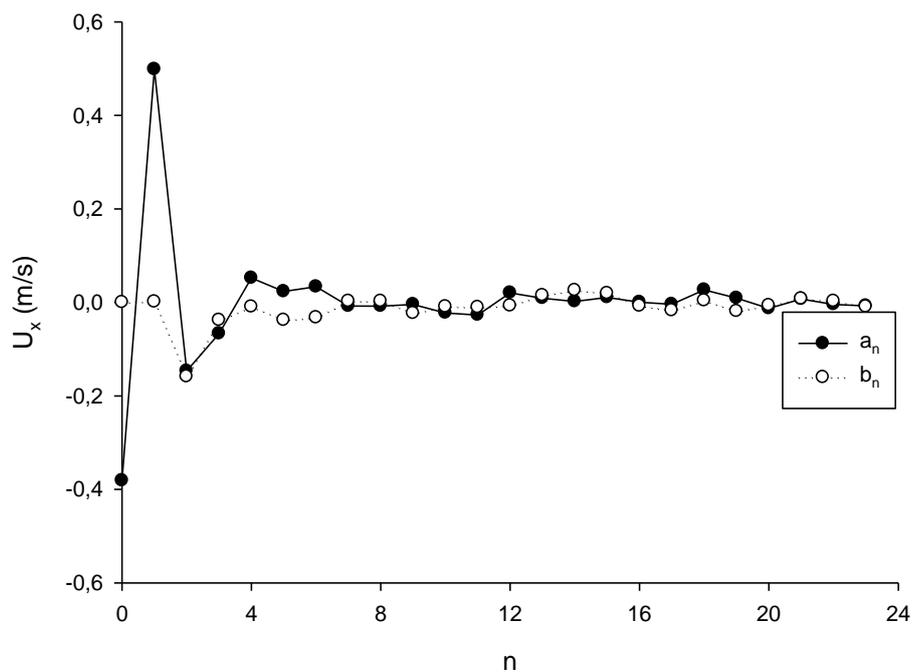


FIGURA 60: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_x em fevereiro de 2007.

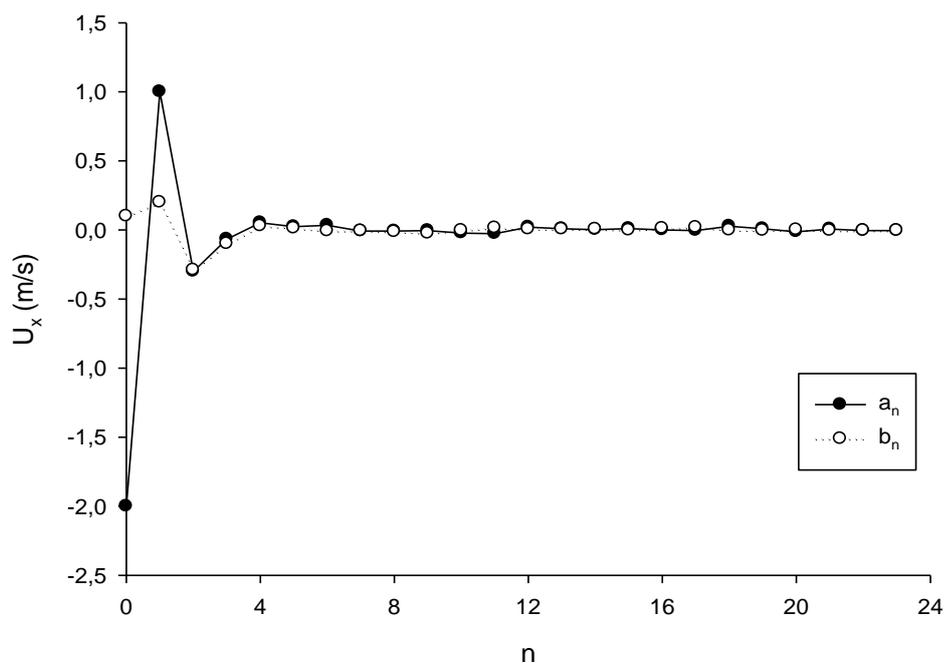


FIGURA 61: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_x em fevereiro de 2007.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de estudo para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 30. Os valores mensais dos períodos dominantes para o coeficiente b_n encontram-se na tabela 31. Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para os dois coeficientes encontram-se na tabela 32.

Os períodos dominantes para a variável U_x pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h, 8h, 6h, 4,8 e 3,4h.

TABELA 30: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável U_x durante o período de estudo.

Meses	Ano	
	2005	2007
janeiro	*	*
fevereiro	*	24h;12h
março	*	24h;12h
abril	3,4h;3h	24h;12h
maio	24h;12h;8h;4,8h	24h;12h;8h
junho	*	*
julho	24h;12h;8h;4h	*
agosto	24h	*
setembro	24h;12h;4,8h	*
outubro	24h;8h;4,8h	*
novembro	24h;8h;4,8h	*
dezembro	24h;12h	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 31: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável U_x durante o período de estudo.

Meses	Ano	
	2005	2007
janeiro	*	*
fevereiro	*	12h
março	*	24h;12h;8h;4,8h
abril	24h;12h;8h	12h;4h
maio	24h;12h;8h;6h	24h;8h;6h
junho	*	*
julho	24h;6h;4,8h	*
agosto	24h	*
setembro	24h;12h;3,4h	*
outubro	24h;12h;6h;3h	*
novembro	24h;12h;6h;3h	*
dezembro	8h;6h;4,8h	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 32: Valores dos períodos anuais e interanual para o coeficiente a_n e b_n da variável U_x .

Ano	Período	
	a_n	b_n
2005	24h;12h;8h;4h	24h;6h
2007	24h;8h	24h;4,8h
2005-2007	24h;12h	24h

Na figura 62 e 63 foram verificados os valores dos coeficientes a_n e b_n dos períodos principais (24h e 12h) da variável U_x .

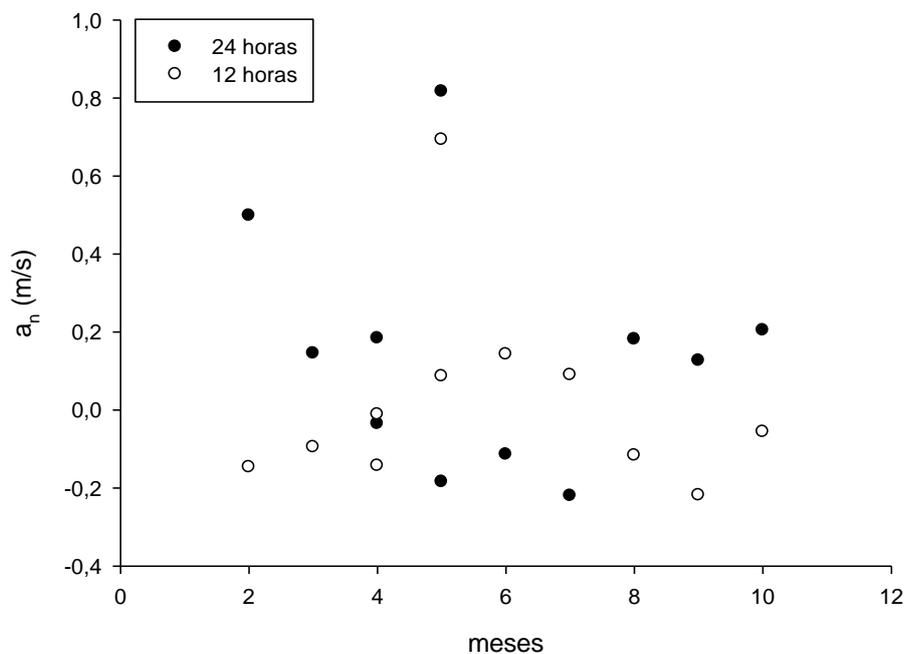


FIGURA 62: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável U_x .

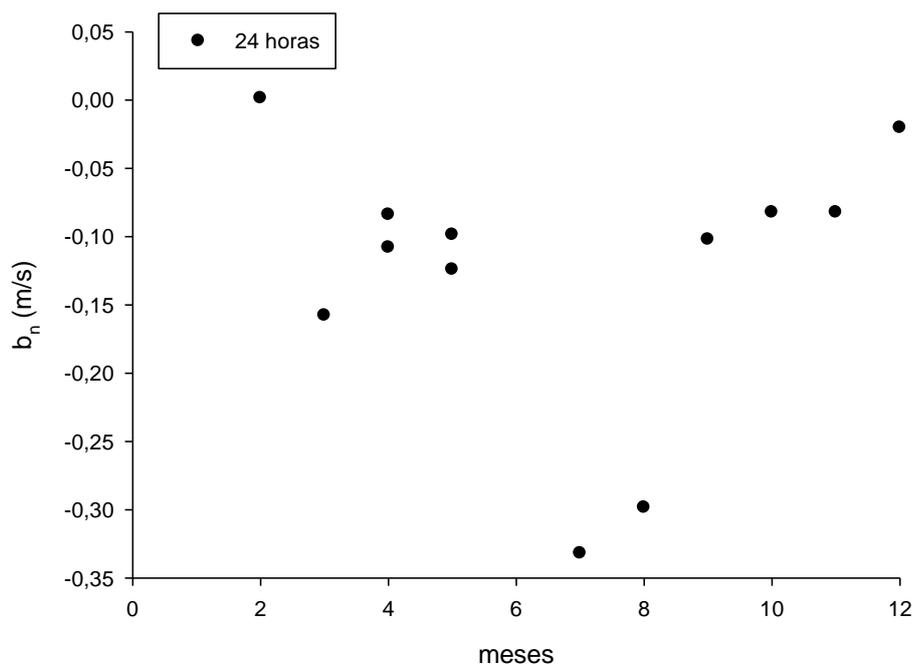


FIGURA 63: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável U_x .

Neste item fica difícil verificar o efeito da sazonalidade sobre os coeficientes encontrados em cada mês, pois não temos repetições entre os meses. Assim não se pode sugerir muito a respeito da sazonalidade dos coeficientes para esta variável.

4.9 COMPONENTE MERIDIONAL DA VELOCIDADE DO VENTO (U_Y)

A seguir serão apresentados os resultados referentes aos períodos dominantes da variável velocidade do vento (componente na direção meridional). A tabela 29 anterior mostra a quantidade de dias e meses utilizados para confecção das médias mensais, anuais e interanual da presente variável.

As figuras 64 e 65 apresentam os gráficos onde podemos detectar os picos e assim encontrar os períodos para os coeficientes a_n . Os meses analisados se encontram entre o período chuvoso (fevereiro) e período intermediário chuvoso-seco (maio). Os picos se encontram em $n=1$ e 2 para os dois gráficos o que denota períodos de 24h, 12h .

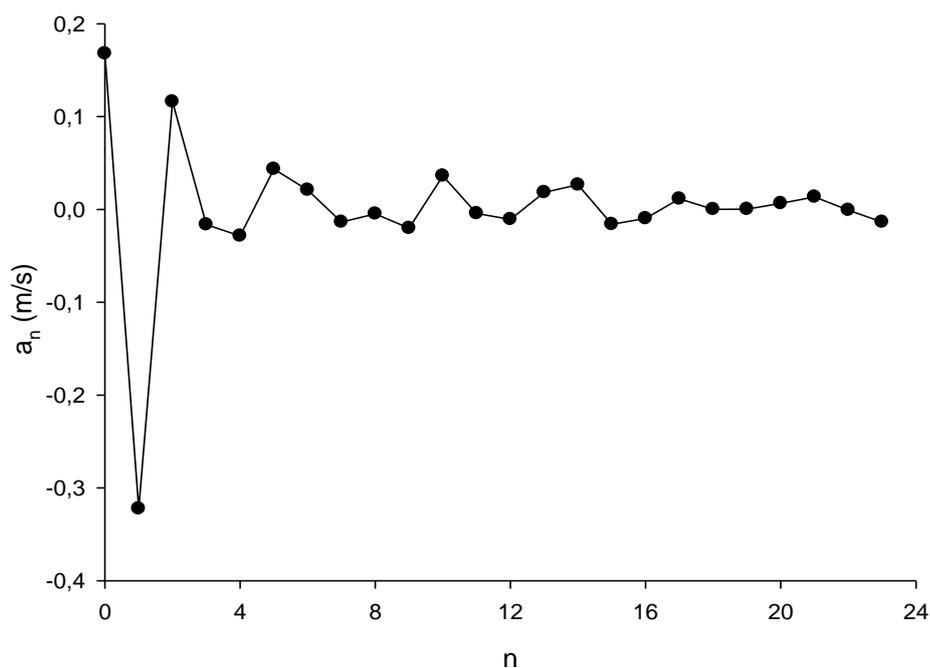


FIGURA 64: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_y em fevereiro de 2007.

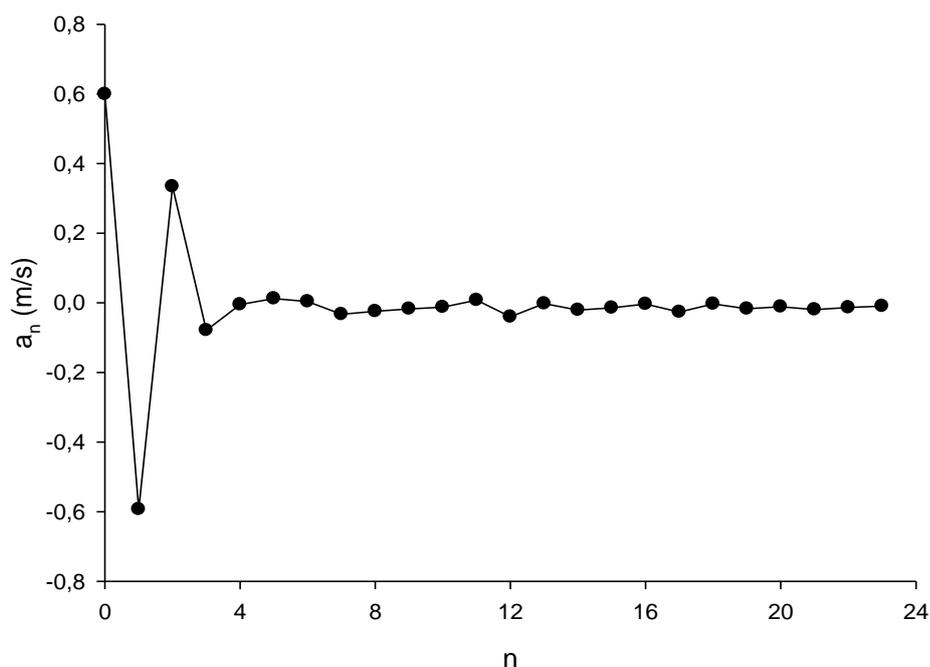


FIGURA 65: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_y em maio de 2005.

A figura 66 mostra os picos mais pronunciados em $n= 1, 2$ e 4 que equivale a períodos de 24h, 12h e 6h.

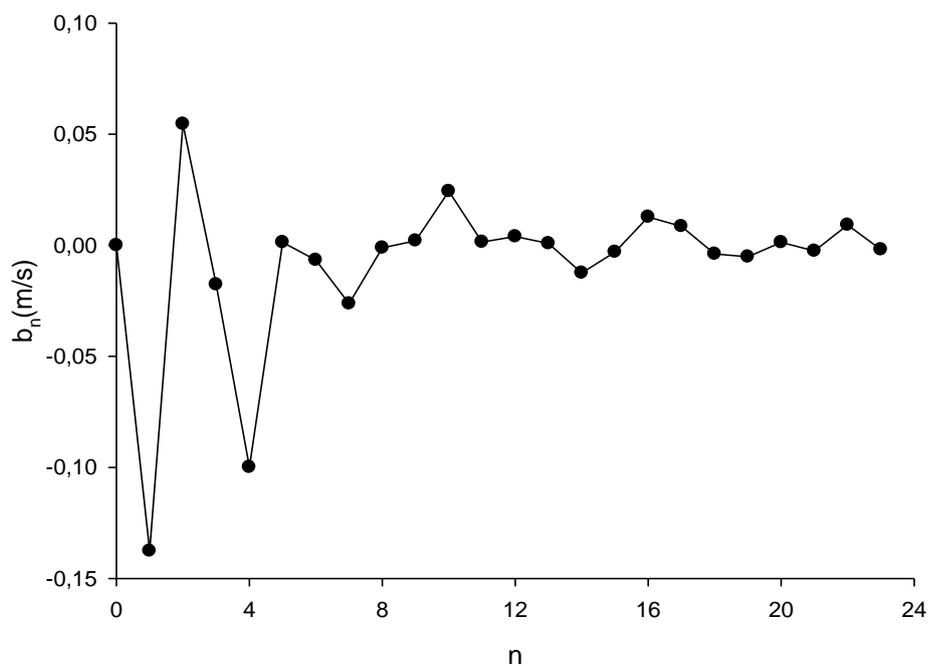


FIGURA 66: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_y em fevereiro de 2007.

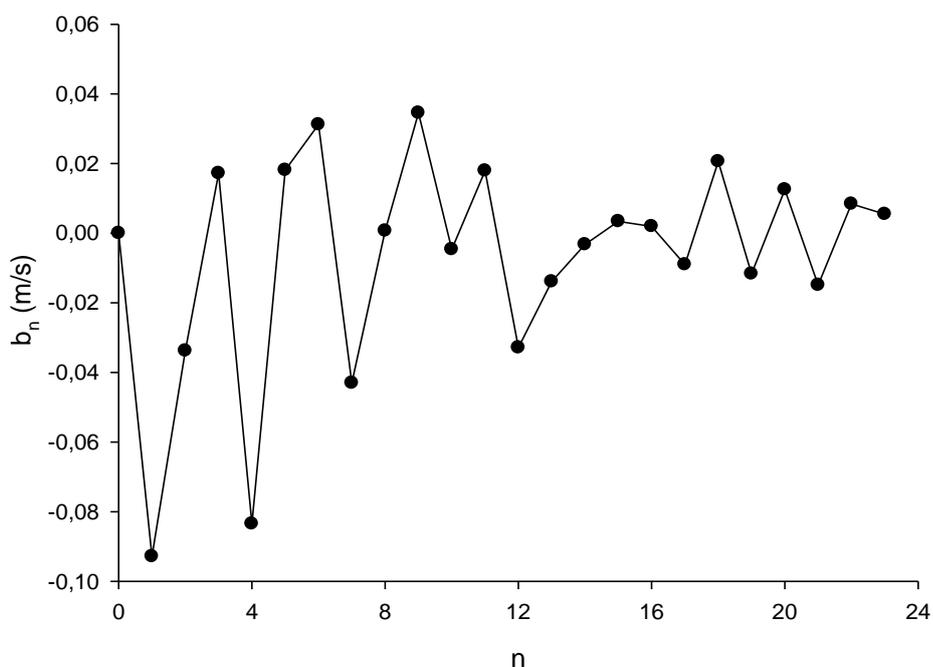


FIGURA 67: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_y em maio de 2005.

Olhando agora a figura 67 (acima) percebe-se que para a figura 68 o coeficiente b_n não contempla nenhum período dominante, bem como para os valores normalizados da figura 69.

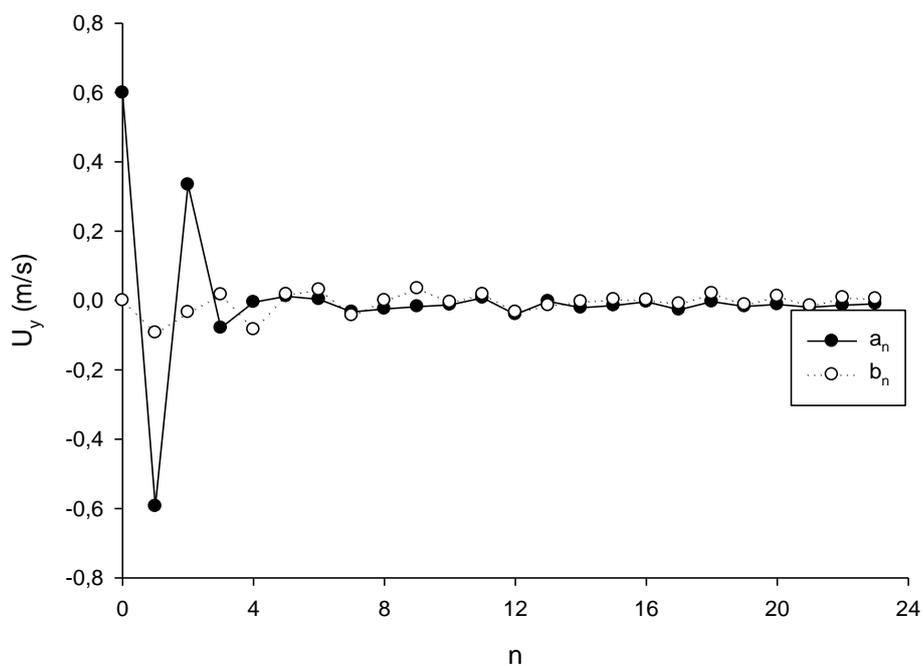


FIGURA 68: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_y em maio de 2005.

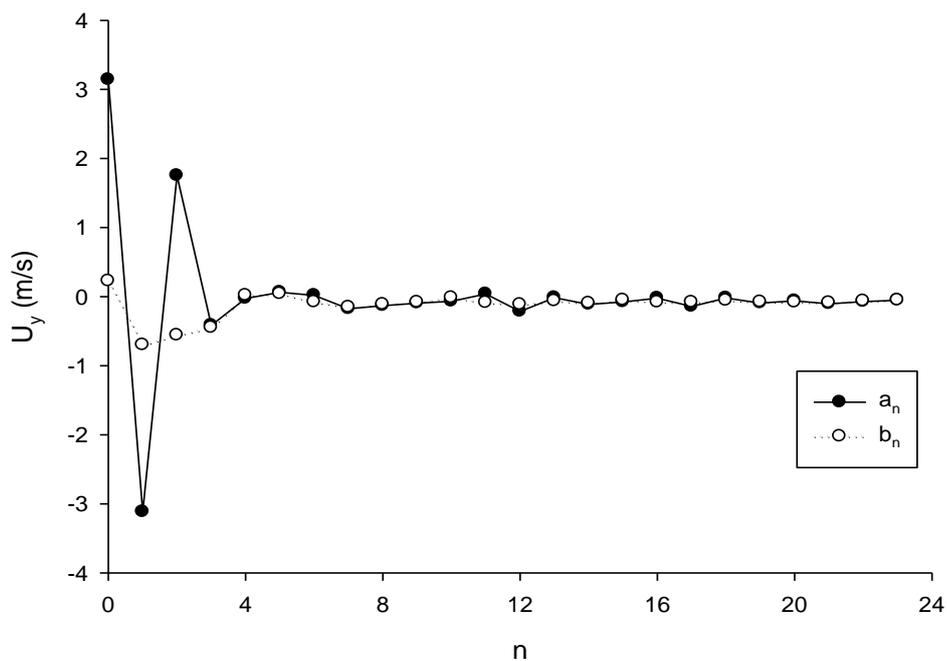


FIGURA 69: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_y em maio de 2005.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de estudo para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 33. Os valores mensais dos períodos dominantes para o coeficiente b_n encontram-se na tabela 34. Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para os dois coeficientes encontram-se na tabela 35.

Os períodos dominantes para a variável U_y pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h e 6h, além dos períodos menores de 4,8h, 4h, 3,4h, 2,6h e 2,2h. A análise de Fourier para essa variável apresentou períodos dominantes iguais aos das variáveis anteriores, com exceção dos períodos menores de 2,2h e 2,6h .

TABELA 33: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável U_y durante o período de estudo.

Meses	Ano	
	2005	2007
janeiro	*	*
fevereiro	*	24h;12h
março	*	24h;12h
abril	24h;12h	24h;12h;3,4h
maio	24h;12h	24h;12h
junho	*	*
julho	24h;12h	*
agosto	24h;12h;6h	*
setembro	24h;12h;4h	*
outubro	12h;6h	*
novembro	12h;6h	*
dezembro	24h;6h;2,6h	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 34: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável U_y durante o período de estudo.

Meses	Ano	
	2005	2007
janeiro	*	*
fevereiro	*	24h;12h;6h
março	*	24h;12h;4,8h
abril	#	24h;12h;6h;4,8h
maio	#	12h;4,8h
junho	*	*
julho	12h	*
agosto	24h;12h;8h;6h	*
setembro	24h;12h	*
outubro	24h;6h;2,6h	*
novembro	24h;6h;2,6h	*
dezembro	12h;4h;3,4h;2,2h	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

ausência de períodos dominantes

TABELA 35: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n e b_n da variável U_y durante o período de estudo.

Ano	Período	
	a_n	b_n
2005	24h;12h;8h	24h;12h;6h
2007	24h;12h	24h;12h;8h;6h
2005-2007	24h;12h;8h	24h;12h

Na figura 70 e 71 foram verificados os valores dos coeficientes dos períodos principais (24h, 12h) da variável U_y .

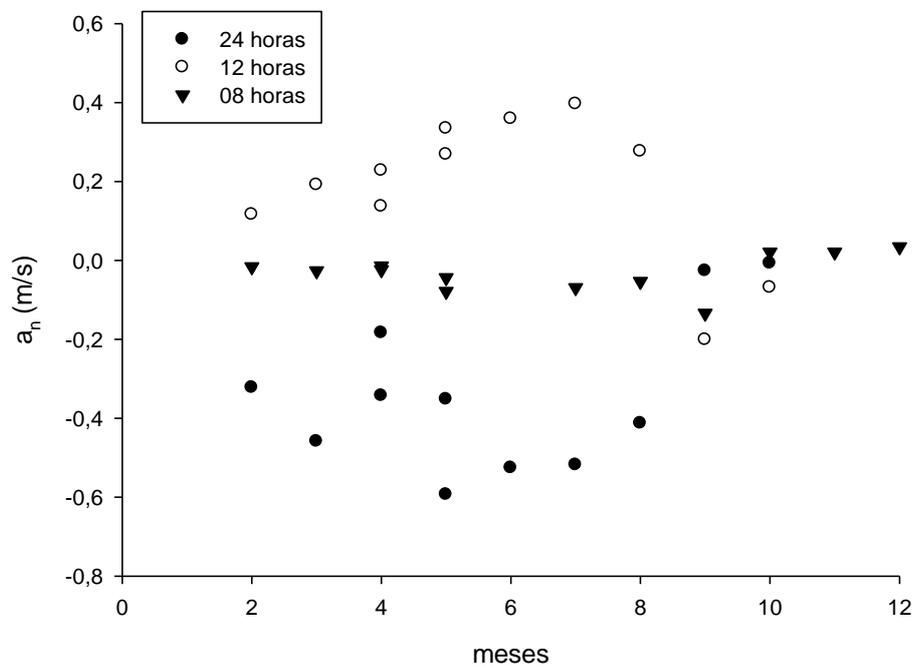


FIGURA 70: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável U_y .

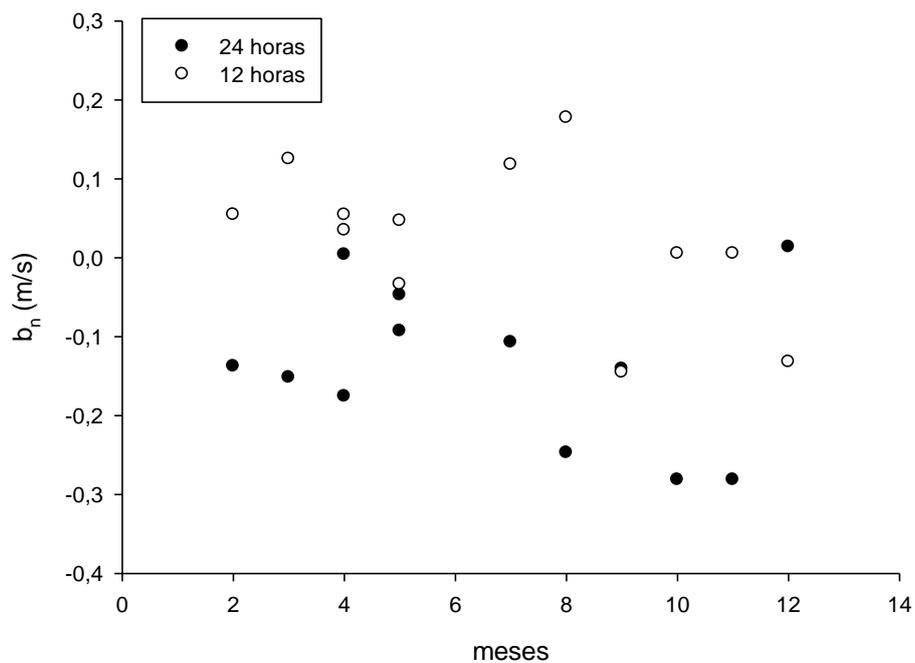


FIGURA 71: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável U_y .

Neste item fica difícil verificar o efeito da sazonalidade sobre os coeficientes encontrados em cada mês, pois não temos, também neste caso, muitas repetições entre os meses. Assim não se pode sugerir muito a respeito da sazonalidade dos coeficientes para esta variável, apenas é perceptível que os coeficientes relativos ao período de 8h sofrem menores variações do que os de 24h e 12h.

4.10 COMPONENTE VERTICAL DA VELOCIDADE DO VENTO (U_z)

A seguir serão apresentados os resultados referentes aos períodos dominantes da variável velocidade do vento (componente na direção vertical). A tabela 29 (item 4.7) mostra a quantidade de dias e meses utilizados para confecção das médias mensais, anuais e interanual da presente variável.

As figuras 72 e 73 apresentam os gráficos onde podemos detectar os picos e assim encontrar os períodos para os coeficientes a_n . Os meses analisados se encontram entre o período intermediário chuvoso-seco (abril) e período chuvoso (dezembro). Os picos se encontram em $n=1$ e 2 para a figura 72 denotando períodos de 24h e 12h. Para a figura 73 os períodos também são de 24h e 12h.

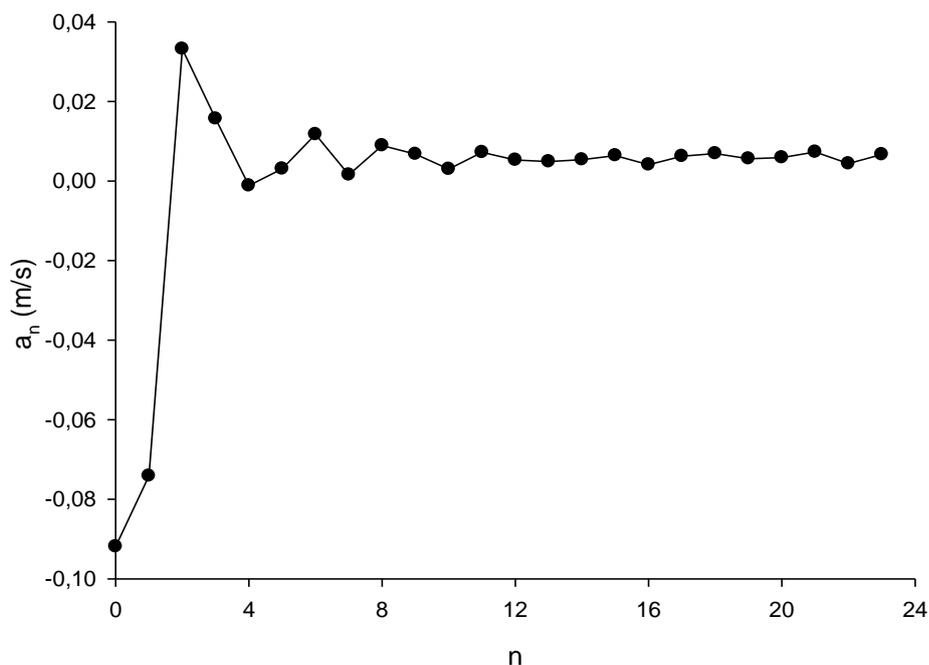


FIGURA 72: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_z em abril de 2005.

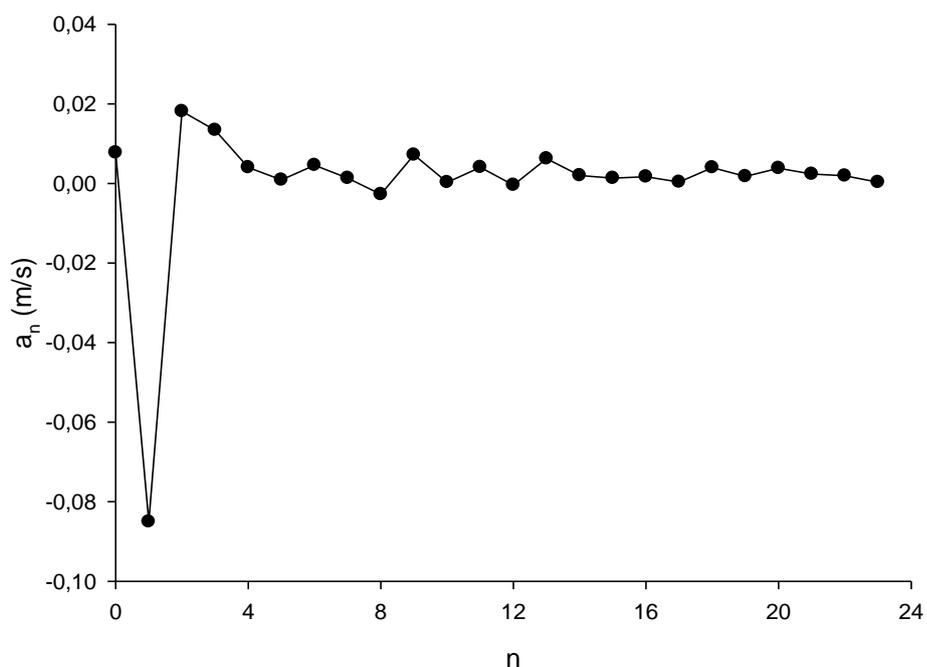


FIGURA 73: Valores dos coeficientes a_n para a variável U_z em dezembro de 2005.

A figura 74 mostra os picos mais pronunciados em $n= 1$ e 2 que equivale a períodos de 24h e 12h.

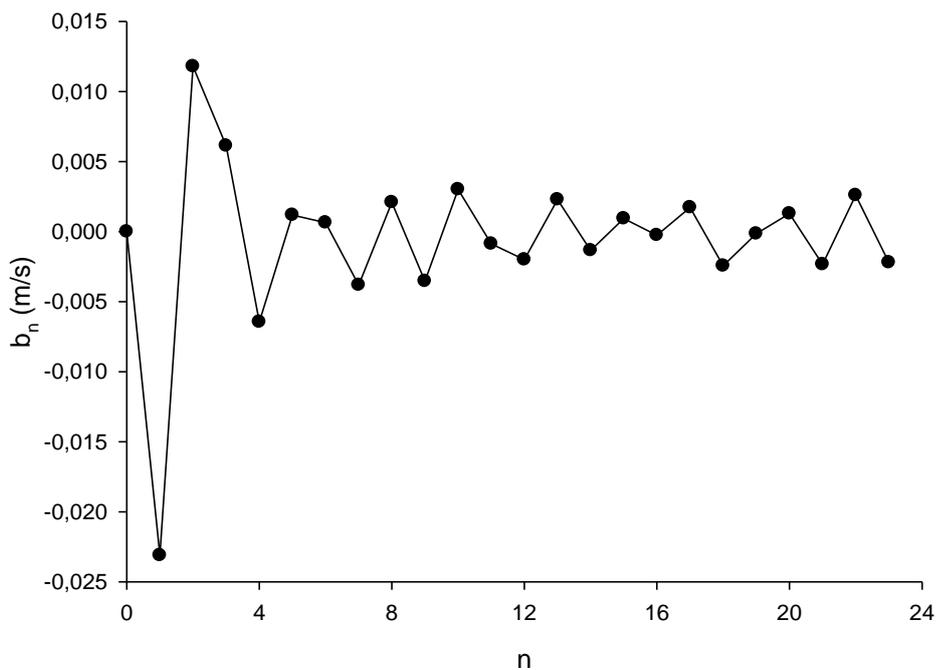


FIGURA 74: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_z em abril de 2005.

Olhando agora a figura 75, 76 e 77 (valores normalizados) percebe-se que o coeficiente b_n tem um período dominante de 8h.

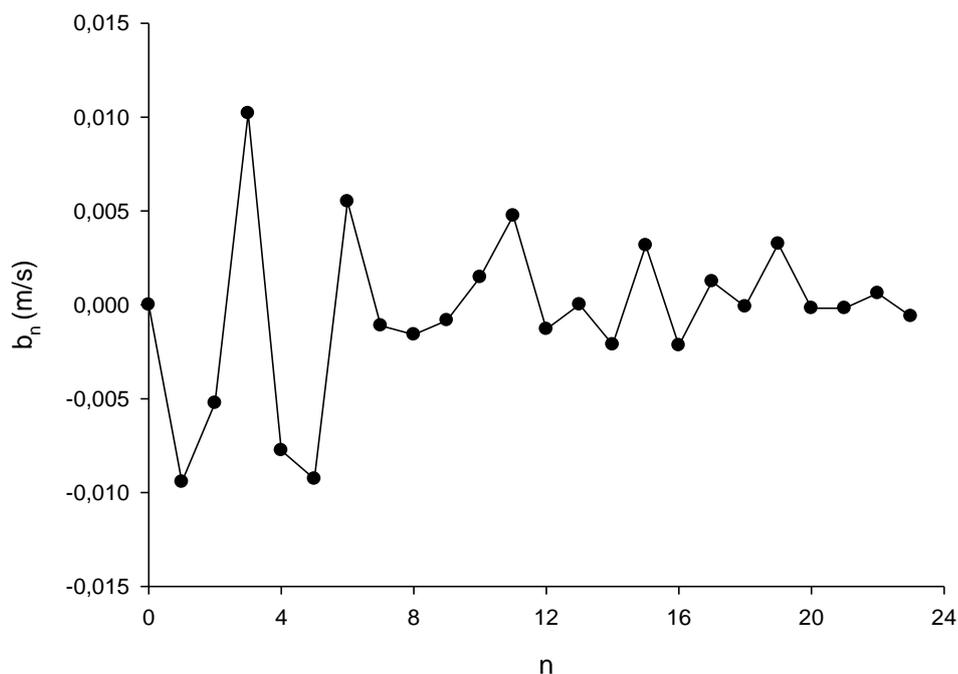


FIGURA 75: Valores dos coeficientes b_n para a variável U_z em dezembro de 2005.

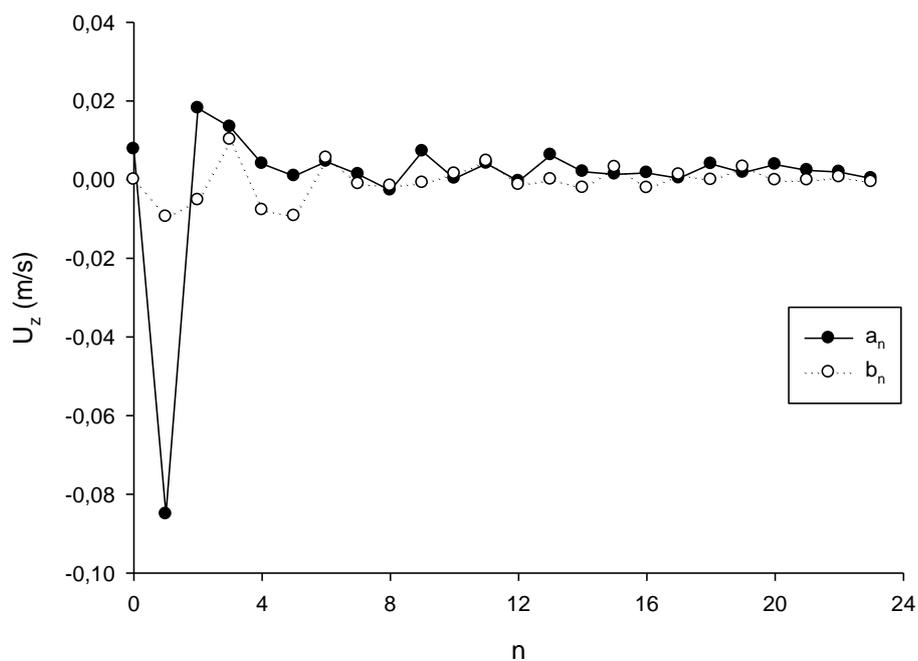


FIGURA 76: Valores dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_z em dezembro de 2005.

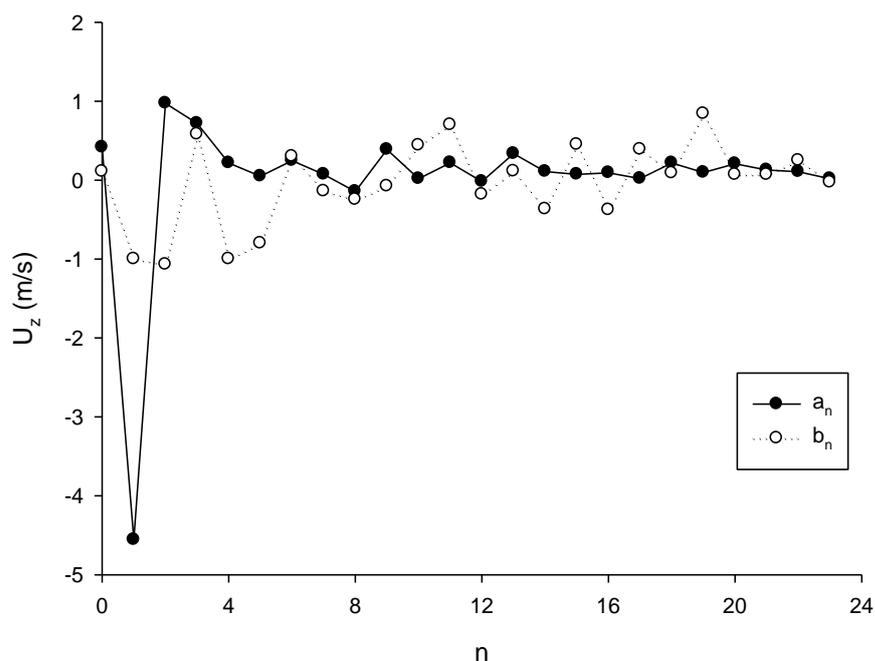


FIGURA 77: Valores normalizados dos coeficientes a_n e b_n para a variável U_z em dezembro de 2005.

Os valores mensais encontrados para os períodos dominantes durante os anos de estudo para o coeficiente a_n encontram-se na tabela 36. Os valores mensais dos períodos dominantes para o coeficiente b_n encontram-se na tabela 37. Os valores anuais e interanual dos períodos dominantes para os dois coeficientes encontram-se na tabela 38.

Os períodos dominantes para a variável U_z pelas análises mensais, anuais e interanual são de 24h, 12h e 8h, além de um período de 6h.

VIDAL (2009) estudando os períodos dominantes da velocidade do vento da estação meteorológica de superfície do destacamento de controle do espaço aéreo de Cuiabá encontrou periodicidades de 24 horas também.

TABELA 36: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n da variável U_z durante o período de 1999-2007

Meses	Ano	
	2005	2007
janeiro	*	*
fevereiro	*	24h;12h
março	*	24h;12h
abril	24h;12h	24h;12h
maio	24h;12h	24h;12h
junho	*	*
julho	24h;12h	*
agosto	24h;12h	*
setembro	24h;12h	*
outubro	24h;8h	*
novembro	24h;8h	*
dezembro	24h;12h	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

TABELA 37: Valores dos períodos mensais para o coeficiente b_n da variável U_z durante o período de estudo.

Meses	Ano	
	2005	2007
janeiro	*	*
fevereiro	*	24h;12h;6h
março	*	24h
abril	24h;12h	24h
maio	8h;6h	24h;12h
junho	*	*
julho	#	*
agosto	#	*
setembro	24h	*
outubro	24h;8h	*
novembro	24h;8h	*
dezembro	8h	*

* ausência de dados ou registros falhos devido ao mau funcionamento de equipamentos

ausência de períodos dominantes

TABELA 38: Valores dos períodos mensais para o coeficiente a_n e b_n da variável U_z durante o período de 1999-2007.

Ano	Período	
	a_n	b_n
2005	24h;12h	24h
2007	24h;12h;6h	24h;12h
2005-2007	24h;12h	24h;12h

Na figura 78 e 79 foram verificados os valores dos coeficientes dos períodos principais (24h, 12h) da variável U_z . Não é possível obter resultados concretos nesta análise quando não se tem muitas repetições, no geral ela não se mostrou eficiente.

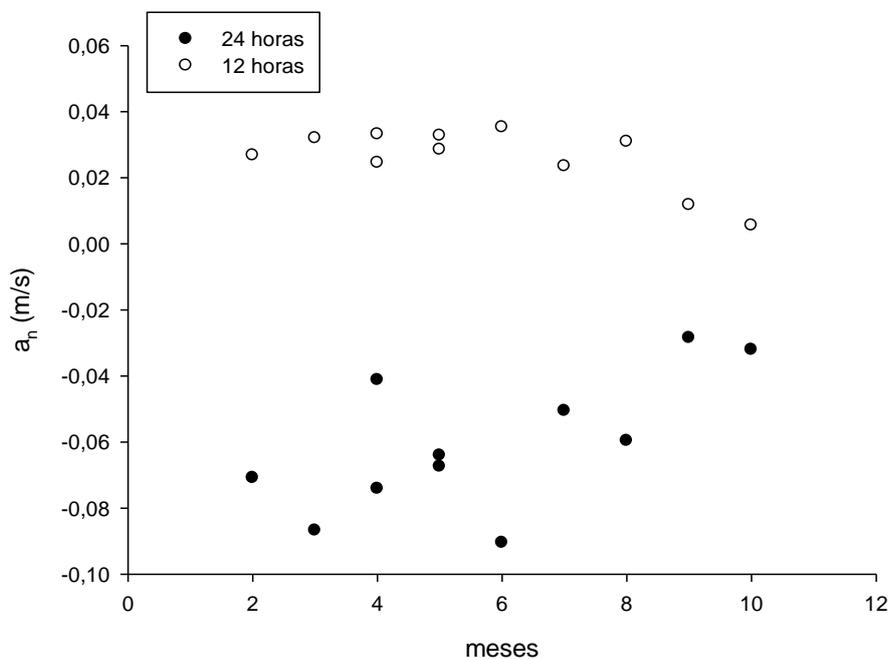


FIGURA 78: Variação sazonal do coeficiente a_n da variável U_z .

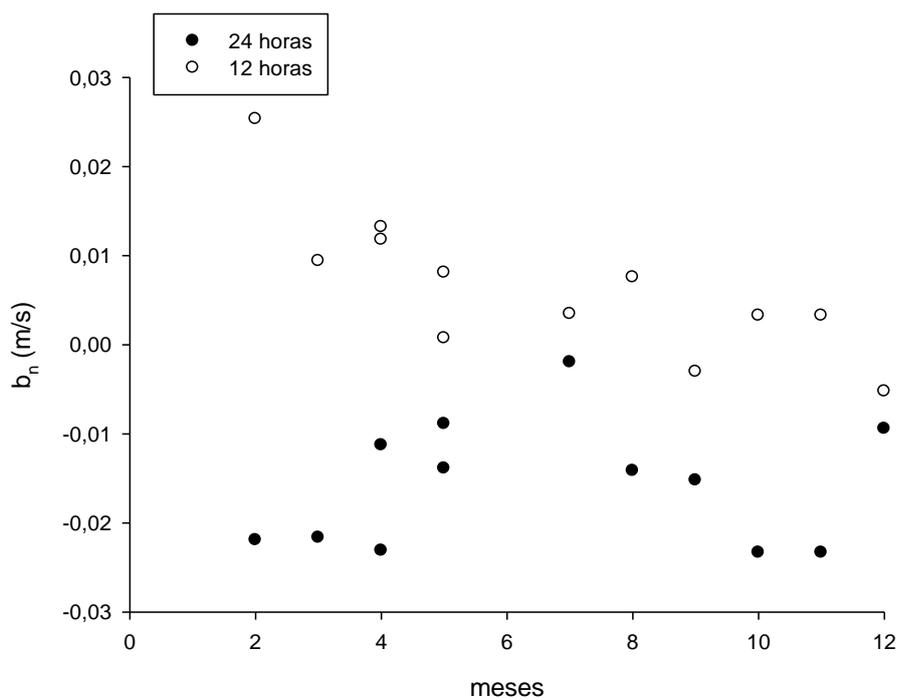


FIGURA 79: Variação sazonal do coeficiente b_n da variável U_z .

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo realizado com as variáveis micrometeorológicas utilizando a análise de Fourier foi possível verificar que os períodos dominantes principais encontradas neste trabalho são coerentes com as encontradas por Mariano (2008) usando outro método, o espectro de potências e Pinheiro (2008) utilizando mesma análise feita aqui, são elas: 24h, 12h, 8h, 6h, 4,8h e 3,4h. Portanto pode-se dizer que possivelmente os períodos dominantes não advêm de perturbações no sinal, mas da dinâmica do sistema.

Verificou-se também através da análise da intensidade radiante que os períodos se mantêm frente às transformações não lineares dos dados.

Ao contrario de MARIANO (2008) o período de 12 horas não aparece somente no período seco, mas durante todo o período das variáveis em estudo, o mesmo autor sugere que sua afirmação poderia não se manter quando a análise com um número maior de dados fosse feita, o que foi confirmado com o presente estudo.

Com relação à sazonalidade dos coeficientes, não foi possível observar uma dependência dos valores dos coeficientes com os meses do ano, porém no período de seca os valores são menores do que nos outros períodos, mostrando que em alguns casos (temperatura e umidade relativa) a variação dos coeficientes durante o ano obedece à própria variação sazonal da variável.

Alicerçando os resultados dentro da Teoria da Complexidade pode-se dizer que devido ao fato das variáveis estudadas apresentarem mesmos períodos dominantes, existe um acoplamento estrutural entre elas, onde uma variável pode influenciar mutuamente a dinâmica das demais e do sistema.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARBANEL, H.D.I.; BROWN, R.; SIDROWICH, J.J.; TSIRING, L.S.H.; The Analysis of Observed Chaotic Data in Physical Systems. **Review of Modern Physics**. v.65, n.4, p. 1343-1347, 1993.

AGUIAR, R.G. **Fluxos de massa e energia em uma floresta tropical no sudoeste da Amazônia**. 2005. 59p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

ARFKEN, G. **Mathematical methods for physicists**. Academic Press.1985.

BALDOCCHI, D.D; HICKS, B.B; MEYERS, T.P. – Measuring Biosphere-Atmosphere Exchanges of Biologically Related Gases With Micrometeorological Methods. **Ecology**, v. 69, n.5, p. 1331-1340, out. 1988.

BALDOCHI, D.D.; FALGE, E.; WILSON, K.; A spectral analysis of biosphere-atmosphere trace gas flux densities and meteorological variables across hour to multi-year time scale. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.107, n.1, p.1-27, mar. 2001.

CAPISTRANO, V.B. **Análise de Séries Temporais de Variáveis Microclimatológicas Medidas em Sinop Mato Grosso Utilizando a Teoria da Complexidade**. 2007. 47p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

CHEN, Q.; BALDOCCHI, D.; GONG, P.; DAWSON, T. Modeling radiation and photosynthesis of a heterogeneous savanna woodland landscape with a hierarchy of model complexity. . **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, p. 1005-1020, 2008.

DINIZ, G.L.; FONSECA, M.; CAMPELO, J.H. Análise Harmônica do Regime de Precipitação em duas Localidade da Baixada Cuiabana. **Biomatemática**. v.18, n.18, p.37-48. 2008.

ECKMANN, J.P.; RUELLER, D. Ergodic Theory of Chaos and Strange Attractors. USA, **Review of Modern Physics**. v.57, n.3, p. 617-656. 1985.

FILHO, F.F. **Análise de Tempos de Amostragem para Cálculos de Fluxos em Sistemas de Covariância de Vórtices Turbulentos, para Floresta de Transição do**

Sudoeste da Amazônia. 2004. 48p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

GALLON, M.M.P.; **Um estudo sobre a dinâmica de sistemas complexos a partir de séries temporais de dados microclimatológicos para uma floresta de transição no noroeste de Mato Grosso.** 2005. 115p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

GDR- Grupo de detecção remota website. **PREK – Contribuição do IGP no estudo piloto para definição da metodologia a adotar por Portugal para prestação de informação no âmbito do sector LULUCF da UNFCCC e do Protocolo de Quioto.** Disponível online em: http://www.igeo.pt/gdr/index.php?princ=PROJECTOS/PREK&sessao=m_projectos. Acesso em 22 de fev. 2011.

GRACE, J., MALHI, Y., LLOYD, J., McINTIRE, J., MIRANDA, A., MEIR, P., and MIRANDA, H., The use of eddy covariance to infer the net carbon dioxide uptake of Brazilian rain forest. **Global Change Biology**, v.2, n.3, p.209 – 217, 1996.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, S.K.; **Fundamentos da Física.** Rio de Janeiro: LTC. 289p. 1996.

IPCC, 2000. Emissions Scenários- **IPCC Special Report.** IPCC Secretariat, c/o WMO, Geneva, Switzerland. In: Nobre, C.A. Modelos e Cenários para a Amazônia: O papel da ciência. Mudanças Climáticas Globais: Possíveis Impactos nos Ecossistemas do país. Parcerias Estratégicas, n.12. p.239-258. 2000.

KANTZ, H.; SCHREIBER, T. **Non Linear Time Series Analysis.** Cambridge. University Press, 365p. 2000.

KINSNER, K. Characterizing chaos through Lyapunov metrics. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part C: Applications and Review**, v.36, n.2, p.141-151, 2006.

JONES, H.G. – **Plants and microclimat.** Cambridge. University Press, 428p. 1992

LAI, Y.C. e YE, N. Recent Developments in Chaotic Time Series Analysis. **International Journal of Bifurcation and Chaos.** v. 13, n.6, p.1383-1422. 2002.

LIU, Z. Chaotic Time Series Analysis. **Mathematical Problems in Engineering.** v. 2010, n. 1, p.1-31, fev. 2010.

MALHI, Y., NOBRE, A.D., GRACE, J., KRUIJT, B., PEREIRA, M.G.P., CULF, A., SCOTT, S. Carbon dioxide transfer over a Central Amazonian rain Forest. *Journal of Geophysical Research.* – Atmospheres v.103, p.31593-31612. 1998.

MARIANO, R.T.G. **Análise Espectral de séries temporais de variáveis microclimatológicas em uma área de ecótono entre os biomas Amazônia e Cerrado no norte de Mato Grosso**, 2008. 83p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental)- Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

MIRANDA, E.J.; VOURLITIS, J.L.; FILHO, N.P.; PRIANTE, P.C.; CAMPELO JUNIOR, J.H.; SULI, G.S.; FRITZEN, C.L.; LOBO, F. de A.; SHIRAIWA, S. Seasonal variation in the leaf gas exchange of tropical forest trees in the rain forest-savanna transition of the southern Amazon basin. **Journal of Tropical Ecology**. v. 21, n. 4, p.451-460, jul. 2005.

MONTEIRO, A.L.S.; SOUZA Jr, C.M.; BARRETO,P.G.; PANTOJA, F.L.S.; GERWING, J.J. Impactos da exploração madeireira e do fogo em floresta de transição da Amazônia Legal. **Scientia Forestalis**, v.1, n.65, p. 11-21. 2004.

MORETTIN, P.A. e TOLOI, C.M. **Análise de Séries Temporais**. São Paulo. Edgard Blusher. 538p. 2006.

MUNHOZ, F.C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava-SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 1, p. 30-34. 2008.

NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. **Exploring Complexity- An Introduction**. 5^a edição. New York, U.S.A.: W.H. Freeman and Company. 312p. 1989.

NOBRE, C.A.; GASH, J. Desmatamento muda o clima da Amazônia. **Ciência Hoje**. v.22, n.128, p.33-41, 1997.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres. 400p. 1981.

PALÚ, A.E.R. **Determinação do tempo de defasagem mais adequado para análise de sereis temporais de variáveis microclimatológicas medidas numa floresta de transição no norte de Mato Grosso**, 2008. 38p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

PINHEIRO, M.R. - **Freqüências dominantes de variáveis micrometeorológicas de uma floresta de transição do norte de Mato Grosso pelo método das Séries de Fourier**, 2008. 50p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

PLATT, T.; DENMAM, K.L. Spectral Analysis in Ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 6, p. 189-210, nov. 1975.

PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M.M.S.; NOGUEIRA, J.S.de, CAMPELO JR, J.H.; NUNES, P.C.; SANCHES, L.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J.L.; MIRANDA, E.J .; PRIANTE, P.C.; PEREIRA, L. C.; BIUDES, M.S.; FRITZEN, C.L.; LACERDA, M.; SULI, G.S.; SHIRAIWA, S.;

SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

SILVA, C.J. **Contribuição de folhas na formação de serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso**, 2006. 64p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

SILVA, L.B. **Componentes da dinâmica de CO₂ em floresta semidecídua no norte de Mato Grosso**. 2010. 74p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

TANNUS, R.N. **Funcionalidade e Sazonalidade sobre Cerrado e ecótono Floresta Cerrado: Uma investigação com dados micrometeorológicos de energia e CO₂**. 2004. 92p. Dissertação de Mestrado, ESALQ, Piracicaba, 2004.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife. 531p. 2006.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. UFV, Viçosa, MG, Brasil, Editora da UFV, 1991.

VIDAL, L.A. **Estudo da dinâmica de variáveis microclimatológicas da estação meteorológica de superfície do destacamento de controle do espaço aéreo de Cuiabá**. 2009. 79p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

VOURLITIS, G.L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M.M.; NOGUEIRA, J.S. de; CASEIRO, F.; CAMPELO JR., J.H. Seasonal variations in evapotranspiration of a transitional tropical forest of Mato Grosso, Brazil. **Water Resources Research**. v.38, n.6, p.30-1-30-11, 2002.

VOURLITIS, G.L.; NOGUEIRA, J.S.de., PRIANTE FILHO, N.; HOEGER, W.; RAITER, F.; BIUDES, M.S.; ARRUDA, J.C.; CAPISTRANO, V.B.; de FARIA, J.L. B.; LOBO, F.de A. The sensitivity of diel CO₂ and H₂O vapor exchange of a tropical transitional forest to seasonal variation in meteorology and water availability. **Earth Interactions**, v. 9, n. 27, p.1-23, jun. 2005.