



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANA LETÍCIA MELO DOS SANTOS

VARIABILIDADE DO PERFIL VERTICAL DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NA FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ-PA

Nº 324

**BELÉM-PARÁ
AGOSTO-2013**

ANA LETÍCIA MELO DOS SANTOS

**VARIABILIDADE DO PERFIL VERTICAL DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA
DO AR NA FLORESTA NACIONAL DE
CAXIUANÃ-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado à
Faculdade de Meteorologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará –
UFPA, em cumprimento Às exigências para
obtenção do Grau de Bacharel em Meteorologia.
Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Lôla da
Costa

Belém

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

- S237v Santos, Ana Letícia Melo dos
Variabilidade do perfil vertical da temperatura e umidade
relativa do ar na Floresta Nacional de Caxiuanã-PA / Ana Letícia
Melo dos Santos– 2013
36 f. : il.
Orientador: Antônio Carlos Lôla da Costa
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em meteorologia) –
Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de
Meteorologia, Belém, 2013.
1. Climatologia. 2. Temperatura. 3. Umidade. 4. Florestas tropicais -
Pará. I. Costa, Antônio Carlos Lôla da, *orient.* II. Universidade Federal do
Pará. III. Título.

CDD 22ª ed.: 551.6

ANA LETÍCIA MELO DOS SANTOS

**VARIABILIDADE DO PERFIL VERTICAL DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA
DO AR NA FLORESTA NACIONAL DE
CAXIUANÃ-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado à
Faculdade de Meteorologia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará –
UFPA, em cumprimento Às exigências para
obtenção do Grau de Bacharel em Meteorologia.

Data de Aprovação: 12 / 08 / 2013

Conceito: BOM

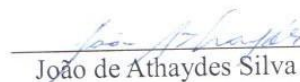
Banca examinadora:



Prof. Antônio Carlos Lóla da Costa - Orientador
Doutor em Eng. Ambiental
Universidade Federal do Pará



Prof. Hernani Brazão Rodrigues - Membro
Doutor em Meteorologia Agrícola
Universidade Federal do Pará



João de Athaydes Silva Junior - Membro
Doutor em desenvolvimento sustentável do trópico
úmido.
Secretaria do Estado do Meio ambiente

Ao Senhor Deus, Nossa Senhora e a minha família que foram
minha força no decorrer de todos esses anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me concedido o dom da sabedoria e da paciência necessária pra enfrentar as dificuldades no decorrer do curso. E a Nossa Senhora de Nazaré que eu pedir com toda fé que me auxiliasse no dia do vestibular e em agradecimento, durante todos esses anos estive puxando sua corda rumo a Catedral da Sé.

A minha Avó Maria José (in memoria) pelo amor que me destinou, o que fez muitas vezes se sacrificasse pra minha criação. A minha amada Mãe, Nailza que sou infinitamente grata por não ter desistido de me dar a vida, a qual desejo ser todo orgulho. Minha Irmã Lucyana pelos vários momentos de alegria e cumplicidade. Minhas tias e tios os quais sempre estavam dispostos a me ajudar. Enfim, a toda minha família.

Ao Professor e orientador Lôla, pela disponibilidade e a paciência ao me ajudar deste trabalho.

Aos demais professores que foram pedras fundamentais na minha formação profissional.

As minhas amigas que conquistei dentro da universidade, por todos os momentos de alegrias e dificuldades, que Deus conserve a presença de vocês durante toda minha vida.

Aos meus amigos e amigas de fora da universidade que se alegram com as minhas vitórias.

“No dia em que o Senhor Deus fez a terra e o céu. Ainda não havia nenhum arbusto do campo e a vegetação ainda não havia brotado, porque o Senhor Deus ainda não havia feito chover sobre a terra, nem havia ninguém para cultivar a terra. Mas um vapor subia da terra e umedecia toda superfície do solo. Então o Senhor Deus formou o ser humano do pó da terra, soprou-lhe nas narinas o sopro da vida e ele tornou-se vivo.”

Gênesis 2, 4-5.

RESUMO

O estudo foi realizado utilizando dados coletados da torre meteorológica da Floresta Nacional de Caxiuanã, que está situada na porção inferior do rio Anapú, entre os rios Tocantins e Xingu, Amazônia Oriental, nos municípios de Melgaço e Portel, com limites norte de $1^{\circ}37'S / 51^{\circ}19'W$ e $1^{\circ}54'S / 51^{\circ}58'W$ e limites sul de $2^{\circ}15'S / 51^{\circ}15'W$ e $2^{\circ}15'S / 51^{\circ}56'W$. Foram analisados os perfis de temperatura e umidade do ar em quatro alturas, os dados são médias horárias no decorrer de um ano, e foram divididos em dois períodos, um chuvoso e o outro seco. O objetivo deste trabalho foi avaliar as variações sazonais e horárias dos elementos meteorológicos. A temperatura do ar foi maior no período seco e durante a tarde no decorrer de todo o ano. A umidade relativa à superfície é maior do que nos níveis mais altos e no período chuvoso foi mais úmido e com menor amplitudes no período seco, e a tarde foi o horário com maiores variações umidades com grandes amplitudes. A curva de regressão linear simples obteve resultado satisfatório para estimativa da temperatura e umidade relativa do ar ao nível da superfície a partir de dados obtidos acima do dossel.

Palavras-chave: Climatologia. Temperatura. Umidade. Florestas tropicais - Pará.

ABSTRACT

The study was conducted using data collected from the meteorological tower of Caxiuanã National Forest, which is located in the lower river Anapú between the Tocantins and Xingu river, eastern Amazonia, in the municipalities of Melgaço and Portel, with the northern limits of 1°37'S / 51°19' and 1°54'S W / 51°58'W and south boundaries of 2°15'S / 51°15'W and 2°15'S / 51°56'W. We analyzed the profiles of temperature and humidity in four heights, the data are hourly averages over a year, and were divided into two periods, one wet and one dry. The aim of this study was to evaluate the seasonal and hourly meteorological elements. The air temperature was higher in the dry season and during the afternoon over the course of the entire year. The relative humidity on the surface is greater than at the higher levels and in the rainy season was wetter and with smaller amplitudes in the dry period, and the afternoon was the time with higher humidity variations with large amplitudes. The simple linear regression curve obtained satisfactory result to estimate the temperature and relative humidity at surface level from data obtained above the canopy.

Keywords: Climatology. Temperature. Humidity. Tropical Forest Pará.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Localização da área de estudo.	15
Figura 02 – Torre micrometeorológica de 42 metros do projeto ESECAFLOR.	16
Figura 03 - Variabilidade média mensal da temperatura do ar (Período Chuvoso).....	17
Figura 04 - Variabilidade média horária da temperatura do ar - Período Chuvoso.....	18
Figura 05: Variabilidade média mensal da Temperatura do Ar – Período seco.	19
Figura 06 - Variabilidade média horária da Temperatura do Ar – Período seco.....	20
Figura 07 - Variabilidade média horária dos extremos da temperatura do ar nos dois períodos - Período chuvoso e período Seco.....	21
Figura 08 - Variabilidade média mensal da Umidade Relativa do ar - Período Chuvoso.	22
Figura 09 - Variabilidade média horária da umidade relativa do ar - Período Chuvoso.	23
Figura 10 - Variabilidade média mensal da umidade relativa do ar – Período Seco.	24
Figura 11 - Variabilidade média horária da umidade relativa do ar - Período Seco.....	25
Figura 12 - Sazonalidade média horária dos extremos da umidade do ar.....	26
Figura 13 - Curva de regressão linear simples da temperatura do ar durante o período chuvoso da região.	29
Figura 14 - Curva de regressão linear simples da temperatura do ar durante o período seco.	30
Figura 15 - Curva de regressão linear simples da temperatura do ar durante umidade relativa do ar do período chuvoso.....	31
Figura 16 - Curva de regressão linear simples da temperatura do ar durante da umidade relativa do ar do período seco.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Sazonalidade dos valores mensais extremos da temperatura e umidade relativa do ar.	27
Tabela 02 - Sazonalidade dos valores horários extremos e amplitudes da temperatura e umidade relativa do ar.	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.2	OBTENÇÃO DOS DADOS.....	15
3.3	DEFINIÇÕES.....	16
3.3.1	Temperatura do Ar (T)	16
3.3.2	Umidade relativa (Ur)	16
4	RESULTADO E DISCUSSÕES.....	17
4.1	TEMPERATURA DO AR.....	17
4.1.1	Variação média mensal da temperatura do ar -período chuvoso.....	17
4.1.2	Variação média horária da temperatura do ar- período chuvoso.....	18
4.1.3	Variação média mensal da temperatura do ar -período seco.....	19
4.1.4	Variação média horária da temperatura do ar - período seco.....	19
4.1.5	Variação média sazonal da temperatura do ar.....	20
4.2	UMIDADE RELATIVA DO AR.....	21
4.2.1	Variação média mensal da umidade relativa do ar – período chuvoso.....	21
4.2.2	Variação média horária da umidade relativa do ar - período chuvoso.....	22
4.2.3	Variação média mensal da umidade relativa do ar - período seco.....	23
4.2.4	Variação média horária da umidade relativa do ar - período seco.....	24
4.2.5	Variação média sazonal da umidade relativa do ar.....	25
4.3	VALORES MÉDIOS MENSAIS EXTREMOS DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR.....	26
4.4	VALORES MÉDIOS HORÁRIOS EXTREMOS DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR.....	27
4.5	ESTIMATIVA DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR AO NÍVEL DA SUPERFÍCIE.....	28
5	CONCLUSÃO.....	33
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Nacional de Caxiuanã está dentro de 56% das florestas tropicais do planeta, está situada no Estado do Pará e é banhada pelo Rio Amazonas e seus afluentes. É uma floresta de terra-firme, com vegetação densa e dossel com altura média de 30 a 35 m, tendo árvores emergentes de 40 e 50 m e densidade de 450 a 550 árvores por hectare (VIANA et al, 2003).

Na Amazônia é importante estudar a meteorologia, pois, a umidade proveniente da região é de grande importância na ocorrência de precipitação sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil. Um ponto relevante a ser avaliado é se existe uma relação entre a umidade disponível na região amazônica antecedente ao verão, ou seja, na primavera, e o número de ocorrências e/ou a intensidade da ZCAS. A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é definida como uma banda de nebulosidade convectiva, que geralmente se origina na bacia amazônica e se estende em direção à região sudeste do Brasil, passando pelo Centro-Oeste e alcançando o Oceano Atlântico (SATYAMURTI et al., 1998).

A precipitação pluviométrica é um dos principais elementos climatológicos na região, pois além de constituir a fase aérea do ciclo hidrológico, tem influência no comportamento de outros parâmetros meteorológicos como temperatura, vento e umidade, sendo a que melhor caracteriza a variabilidade climática na região (MARENGO HASTENRATH, 1993).

No ciclo hidrológico a água sai das superfícies líquidas e vai para atmosfera pela evaporação, com o resfriamento do vapor d'água haverá a saturação e por consequência a condensação que formará as nuvens juntamente com a existência dos núcleos de condensação. Quando as nuvens chegam ao ponto de precipitar a água retorna a superfície e assim o ciclo é completado.

A vegetação da floresta também possui um papel muito importante no balanço de energia e no fluxo de água que irá influenciar na umidade da região, por ser uma grande área vegetada, a mesma retém muita água durante a precipitação. Com temperaturas elevadas irá ocorrer a perda de umidade para atmosfera através evaporação.

Este trabalho visa o entendimento da variabilidade da sazonalidade média horária do perfil da temperatura do ar e a umidade relativa do ar em uma floresta tropical chuvosa (Floresta Nacional de Caxiuanã – FLONA CAXIUANÃ).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Globalmente, a Amazônia contempla a maior floresta tropical permanente do mundo (FUJISACA et al., 1998). Para a região da Floresta Nacional de Caxiuanã no Pará, são bem definidas duas épocas distintas ao longo do ano, uma estação chuvosa compreendida nos meses de dezembro a maio, e outra menos chuvosa que se estende de junho a novembro (COSTA et al., 2003).

No estudo de uma bacia hidrográfica há uma estreita relação entre o ciclo hidrológico e a cobertura vegetal da área, interferindo no movimento hídrico das diversas etapas do sistema, inclusive nas transferências para atmosfera e cursos d'água (ARCOVA et al., 2003).

A floresta em estudo foi descrita como sendo tropical úmida, de terra-firme, dossel bastante fechado, permitindo pouca penetração dos raios solares, que quase nunca atingirem o solo (SILVA, et al, 2003).

A variação da temperatura é fundamental para o desenvolvimento e sobrevivência das espécies vegetais e animais que vivem no interior das florestas, sendo esta uma variável de extrema importância, tendo influência direta na evapotranspiração e nos processos de troca de energia (BRAGA, *et al.*, 2004).

O perfil da temperatura do ar nas diferentes alturas da torre meteorológica faz com que a variação da rugosidade da superfície afete a camada de ar em contato com a mesma. Mudanças abruptas na rugosidade da superfície fazem com que os fluxos sejam modificados por essas novas condições da superfície (VERMA, 1990)

A umidade relativa do ar apresenta comportamento bem mais simples quando comparado com a temperatura. No entanto, existe uma estreita correlação entre essas duas variáveis. As florestas moderam a temperatura superficial e contribuem para o aumento da umidade do ar por meio da evapotranspiração. Além disso, o dossel contínuo de uma floresta possui o efeito de reduzir a velocidade do vento e as misturas de massa de ar causadas pelo movimento das brisas. (AFUBRA, 2000).

A umidade relativa do ar é influenciada por alguns importantes controles climáticos como a temperatura, mesmo que não ocorra aumento ou diminuição em seu conteúdo de umidade, ou seja, é inversamente proporcional ao ponto de saturação e a temperatura. A umidade relativa do ar esta fortemente concentrada nas baixas camadas da atmosfera, geralmente ocorre uma diminuição da umidade com o aumento da altitude (FALCÃO, et al., 2010). É umidade relativa do ar um importante elemento da biosfera. As altas umidades relativa do ar criam ótimos ambientes para o desenvolvimento de fungos outros elementos

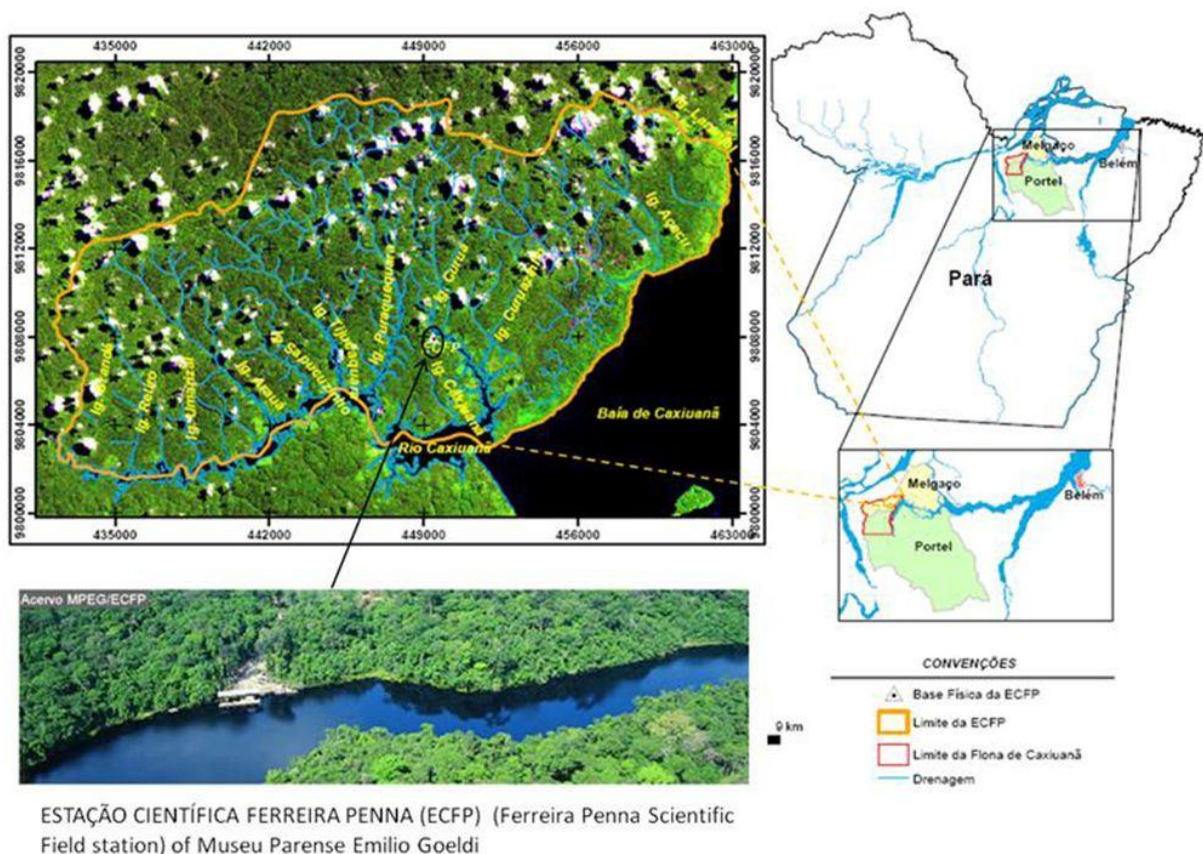
patogênicos, enquanto que as baixas umidades relativas causam ressecamento e proporcionando ambientes favoráveis a ocorrência de incêndios florestais (AFUBRA, 2000).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi desenvolvido na Floresta Nacional de Caxiuanã, que está situada na porção inferior do Rio Anapú, entre os Rios Tocantins e Xingu, Amazônia Oriental, nos municípios de Melgaço e Portel, com limites norte de $1^{\circ}37'S / 51^{\circ}19'W$ e $1^{\circ}54'S / 51^{\circ}58'W$ e limites sul de $2^{\circ}15'S / 51^{\circ}15'W$ e $2^{\circ}15'S / 51^{\circ}56'W$, conforme ilustrado na Figura 01.

Figura 01 – Localização da área de estudo.



3.2. OBTENÇÃO DOS DADOS

Utilizou-se informações obtidas através de uma estação meteorológica automática, modelo Campbell Scientific, instalada no topo de uma torre micrometeorológica de 42 metros de altura, com sensores HMP45C instalados em diferentes níveis de altura.

Foram utilizados dados médios horários de temperatura do ar e umidade relativa do ar de quatro alturas, 02 metros, 16 metros, 28 metros e 42 metros. O período de estudo foi o ano de 2011. Foram utilizados dois períodos, um chuvoso (dezembro a maio) e outro menos chuvoso (junho a novembro). No que se refere ao estudo horário, foram feitas médias para quatro períodos diários, madrugada (1h-6h), manhã (7h-12h), tarde (13h-18h) e noite (19h-24h), tanto para a temperatura do ar quanto para umidade relativa do ar.

Com o objetivo de se estimar foram realizadas análises de regressão linear simples para os dois períodos, considerando-se os valores obtidos no nível de 42 metros de altura, situada na parcela A/B do projeto ESECAFLOR, ilustrada na Figura 02.

Figura 02 – Torre micrometeorológica de 42 metros do projeto ESECAFLOR.



Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Torre_micrometeorologica_caxiuana.gif

3.3 DEFINIÇÕES

3.3.1. Temperatura do Ar (T)

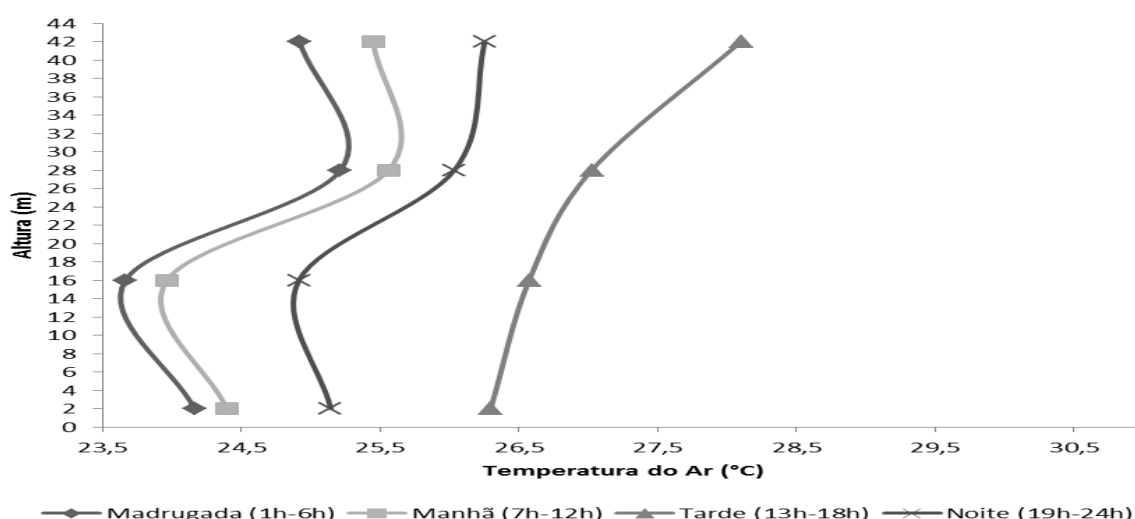
A temperatura do ar é o estado de agitação molecular de um corpo, e na meteorologia é usada para expressar a temperatura observada em um ponto da atmosfera próxima à superfície da Terra.

Fonte: autora

4.1.2. Variação média horária da temperatura do ar- período chuvoso.

Na Figura 04, observou-se que a 2 metros a temperatura variou de 24,1°C a 24,4°C nos horários de 01 às 12 horas, e de 25,2°C a 26,3°C no período das 13 as 24 horas. Com exceção do período da tarde, onde os menores valores da temperatura do ar aconteceram no nível de 2 metros, as menores temperaturas do ar aconteceram a 16 metros nos demais horários, sendo os menores valores observados no horário de 01 a 06 horas. Na altura de 28 metros, em todos os horários, houve um forte aquecimento, sendo este maior ente 13 e 18 horas. Entre 01 e 12 horas, no nível superior, houve um leve resfriamento, certamente associado com as perdas radiativas. As maiores amplitudes térmicas ocorreram nas alturas de 28 metros, com 10°C, ao passo que a menor foi e 6,3°C, na altura de 2 metros.

Figura 04 - Variabilidade média horária da temperatura do ar - Período Chuvoso.



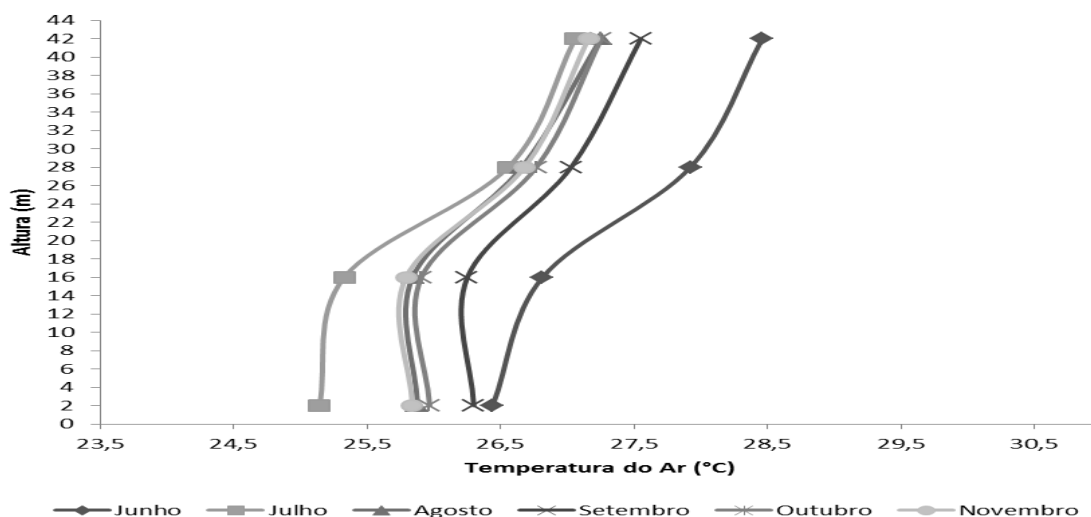
Fonte: autora

4.1.3. Variação média mensal da temperatura do ar -período seco.

Na Figura 05, temos a variabilidade média mensal da temperatura do ar durante o período seco da região. Observou-se que a 2 metros a temperatura variou de 25,2°C até 26,4°C entre os meses de julho e junho, respectivamente. As menores temperaturas do ar aconteceram a 2 metros no mês de julho, sendo que a partir de 16 metros houve o aumento da temperatura. Nos meses de agosto a novembro as menores temperaturas do ar aconteceram no nível de 16 metros. Nas alturas superiores todos os meses tiveram comportamento semelhante, assim como o comportamento dos dois primeiros meses do período. As maiores

amplitudes térmicas ocorreram na altura de 16 metros, com $1,5^{\circ}\text{C}$, ao passo que a menor foi de $1,3^{\circ}\text{C}$, nas alturas de 2 metros.

Figura 05: Variabilidade média mensal da Temperatura do Ar – Período seco.

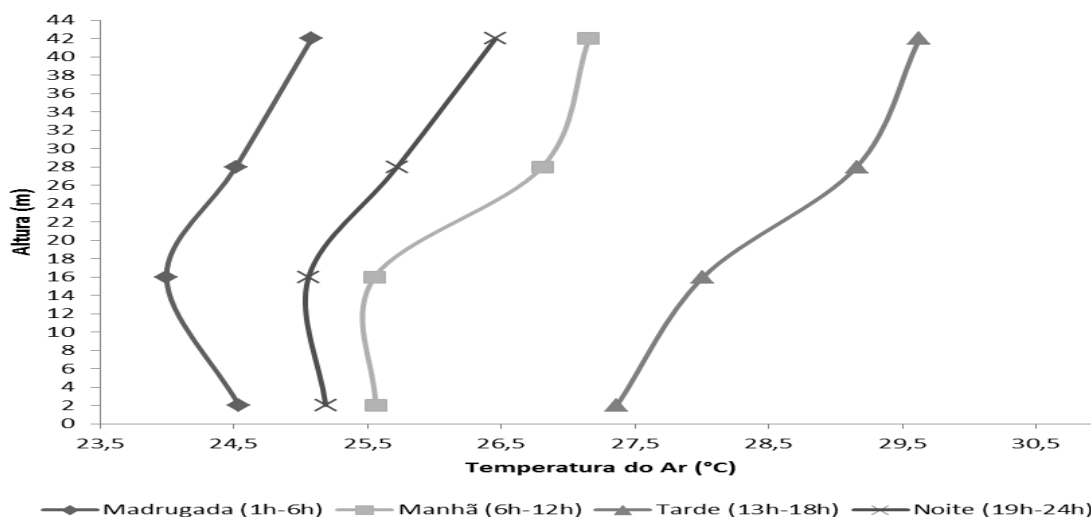


Fonte: autora

4.1.4. Variação média horária da temperatura do ar - período seco.

Na Figura 06, temos a variabilidade média horária da temperatura do ar durante o período seco da região. Observou-se que a 2 metros a temperatura variou de $24,5^{\circ}\text{C}$ até $27,5^{\circ}\text{C}$ da manhã até o período da tarde. Com exceção do período da tarde, onde os menores valores da temperatura do ar aconteceram no nível de 2 metros, as menores temperaturas do ar aconteceram a 16 metros nos demais horários, sendo os menores valores observados no horário de 01 a 12 horas. Na altura de 28 metros, em todos os horários, houve um leve aquecimento, sendo este maior entre 06 e 18 horas. Nos níveis superiores, houve um leve aquecimento. As maiores amplitudes térmicas ocorreram nas alturas de 16 e 28 metros, com $9,0^{\circ}\text{C}$, ao passo que as menores foram de $7,0^{\circ}\text{C}$, na altura de 2 metros.

Figura 06 - Variabilidade média horária da Temperatura do Ar – Período seco.

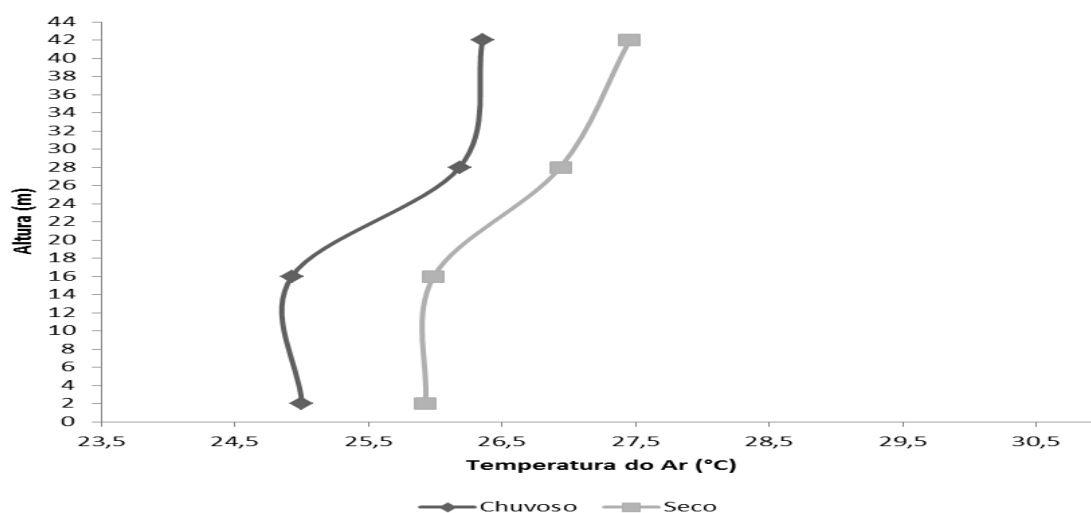


Fonte: autora

4.1.5. Variação média sazonal da temperatura do ar

Na Figura 07 temos ilustrada a variação sazonal da temperatura do ar dos dois períodos, observou-se no período chuvoso a 2 metros a temperatura do ar variou a 25,0 °C e menos de 26,0 °C no período seco. Já a 16 metros houve uma leve diminuição no período chuvoso e um leve aumento no período seco. A partir de 28 metros houve um forte aquecimento. Nos níveis mais altos a variação foi menor no período chuvoso do que no período seco que chegou até menos de 27,5 °C. As maiores amplitudes térmicas ocorreram entre as alturas de 16 metros a 28 metros, com 1,3°C no período chuvoso, ao passo que as menores foram de 2 metros a 16 metros de 0,1°C. E as maiores amplitudes do período seco ocorreram também entre as alturas de 16 metros a 28 metros, com 0,9°C e as menores ocorreram igualmente nas mesmas alturas anteriores ao outro período 2 metros a 16 metros de 0,1°C a mais.

Figura 07 - Variabilidade média horária dos extremos da temperatura do ar nos dois períodos - Período chuvoso e período Seco.



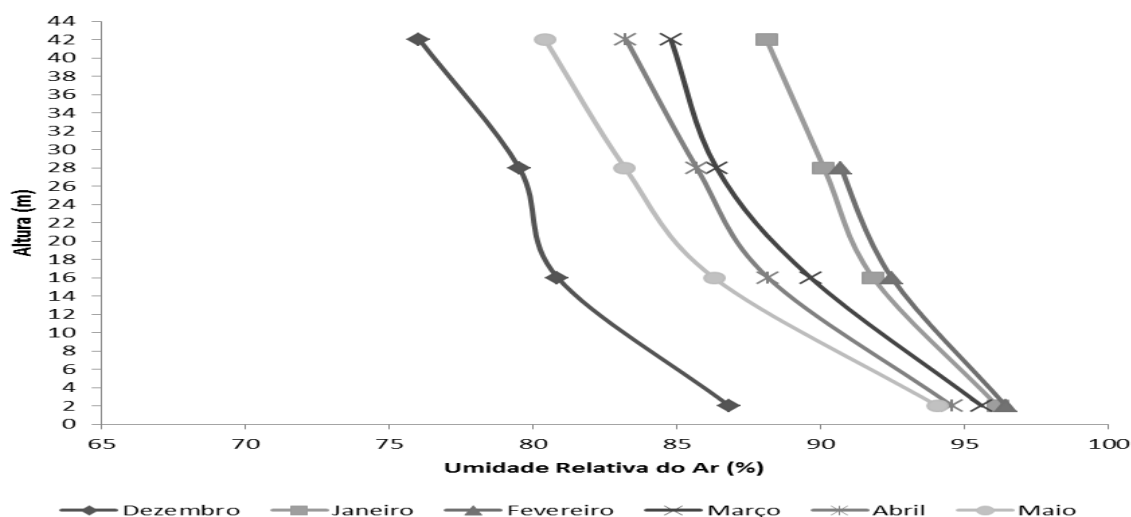
Fonte: autora

4.2 UMIDADE RELATIVA DO AR

4.2.1. Variação média mensal da umidade relativa do ar – período chuvoso

Na Figura 08 temos a variabilidade média mensal da umidade do ar durante o período chuvoso da região. Observou-se que a 2 metros a umidade variou de mais de 95% em fevereiro até mais de 85% em dezembro. As maiores umidades relativa do ar ocorreram de janeiro a maio. As menores umidades aconteceram a nos níveis mais altos durante todo período, sendo que de dezembro esta altura foi a que apresentou os menores valores, mais que 75%. As maiores amplitudes úmidas ocorreram na altura de 42 metros, com 12,1%, ao passo que os menores foram de 9,6%, na altura de 2 metros.

Figura 08 - Variabilidade média mensal da Umidade Relativa do ar - Período Chuvoso.

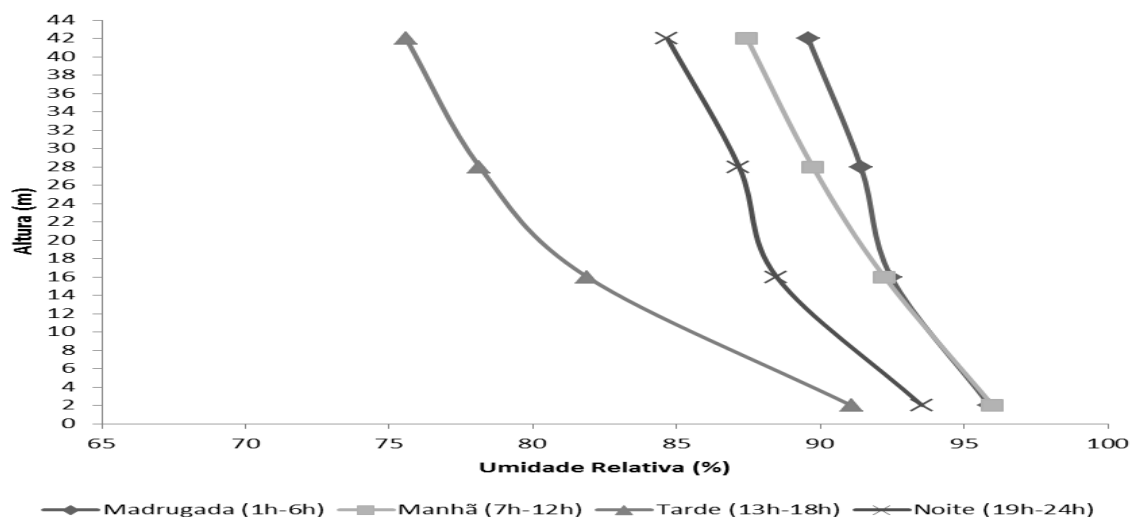


Fonte: autora

4.2.2. Variação média horária da umidade relativa do ar - período chuvoso.

Na Figura 09 temos a variabilidade média horária da umidade relativa do ar durante o período chuvoso da região. Observou-se, que a 2 metros a umidade relativa do ar variou de forma semelhante, de mais de 95% nos horários de 01 a 06 horas, até mais de 90% no período da tarde. Em todos os horários foram observados os menores valores da umidade relativa do ar nos níveis mais altos. Na altura de 28 metros, houve um leve aumento, exceto durante o período das 13 às 18h. As maiores amplitudes da umidade relativa do ar ocorreram nos níveis mais altos com 38%, ao passo que as menores foram de 22%, na altura de 2 metros.

Figura 09 - Variabilidade média horária da umidade relativa do ar - Período Chuvoso.

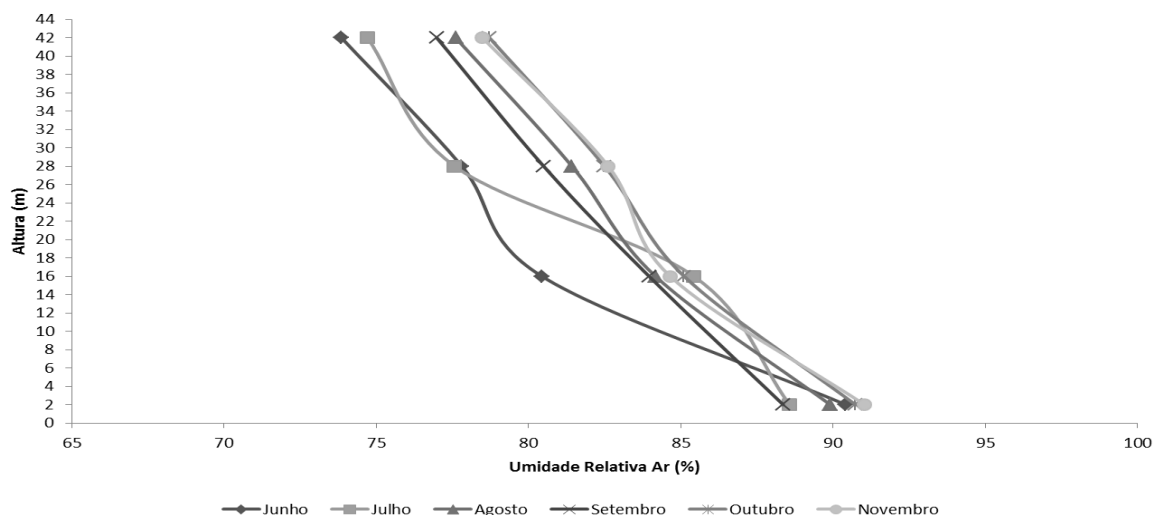


Fonte: autora

4.2.3. Variação média mensal da umidade relativa do ar - período seco.

Na Figura 10 temos a variabilidade média mensal umidade relativa do ar durante o período seco da região. Observou-se que a 2 metros a umidade relativa do ar variou em mais ou menos de 90% durante todo período. Os menores valores de umidade relativa do ar ocorrem nos níveis mais altos, os meses de junho e julho foram os que apresentaram menores valores, nesses mesmos meses á 28 metros os valores são muito próximos, assim como nos meses de outubro e novembro. Não houve grandes amplitudes durante o período, porém, as maiores amplitudes da umidade relativa do ar ocorreram na altura de 16 metros, com o valor 5%, ao passo que as menores foi de aproximadamente 3%, na altura de 2 metros.

Figura 10 - Variabilidade média mensal da umidade relativa do ar – Período Seco.

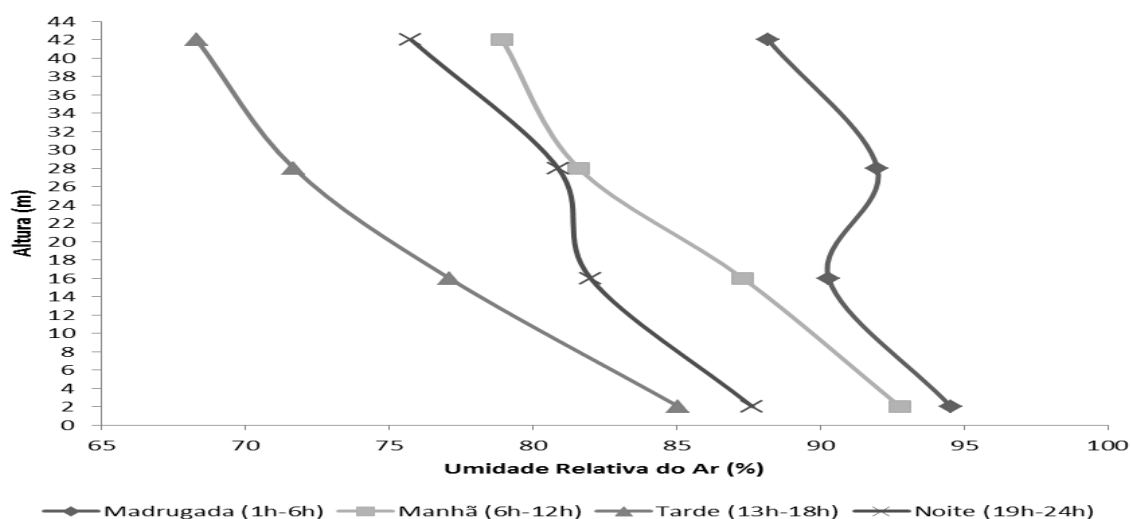


Fonte: autora

4.2.4. Variação média horária da umidade relativa do ar - período seco.

Na Figura 11 temos a variabilidade média horária da umidade relativa do ar durante o período seco da região. Observou-se que a 2 metros a umidade relativa do ar variou de menos 85% no horário de 13 a 18 horas e o maior valor foi de menos 95% durante o horário das 19 as 24 h. A 16 metros a umidade relativa do ar diminuiu todos os horários. Na altura de 28 metros, de 13 as 18 h houve um forte aumento e diminuiu durante 1 a 6 h, e após nos níveis superiores houve uma leve diminuição da umidade relativa do ar, sendo este maior entre 19 e 24 horas. Com exceção dos períodos da manhã e tarde, onde os valores da umidade relativa do ar ficaram bem próximos no nível de 28 metros. As maiores amplitudes da umidade relativa do ar ocorreram nas alturas de 28 e 42 metros, com 39% e 36% respectivamente, ao passo que as menores foram de 25% e 27%, nas alturas de 2 metros e 16 metros respectivamente.

Figura 11 - Variabilidade média horária da umidade relativa do ar - Período Seco.

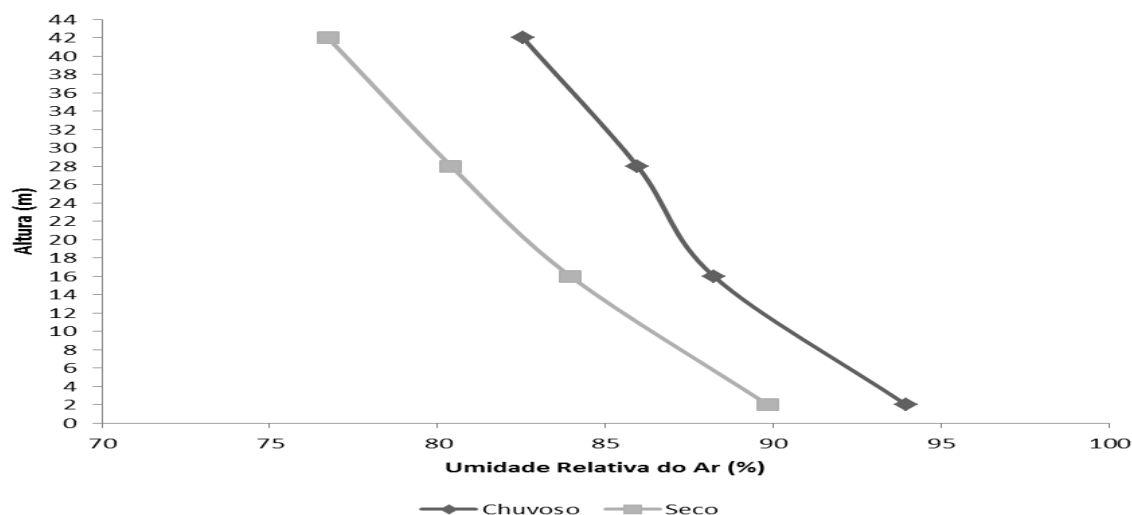


Fonte: autora

4.2.5. Variação média sazonal da umidade relativa do ar

Na Figura 12 temos a sazonalidade média horária da umidade relativa do ar. Observa-se que no período chuvoso, a 2 metros a umidade relativa do ar variou de 95% a 90% no período seco. A partir 16 metros ate os níveis mais altos houve uma forte diminuição nos dois períodos. As maiores amplitudes da umidade relativa do ar ocorreram a 16 metros, com 6% no período chuvoso, ao passo que as menores foram de 28 metros com 2%. E as maiores amplitudes do período seco ocorreram também entre a altura de 16 metros com 6% e as menores ocorreram nas alturas dos níveis acima com 4% de umidade relativa do ar.

Figura 12 - Sazonalidade média horária dos extremos da umidade do ar.



Fonte: autora

4.3. VALORES MÉDIOS MENSAIS EXTREMOS DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR

Na Tabela 01 temos os valores máximos e mínimos dos períodos chuvoso e seco e suas respectivas amplitudes. No período chuvoso o máximo valor da temperatura do ar ocorreu na altura de 42 metros no mês de maio e o mínimo ocorreu no mês de fevereiro na altura de 16 metros. O máximo valor da umidade relativa do ar ocorreu na altura de 2 metros nos meses de janeiro, fevereiro e março e o mínimo ocorreu na altura de 42 metros no mês de dezembro.

No período seco o máximo valor da temperatura do ar ocorreu em junho na altura de 42 metros e o mínimo valor na altura de 2 metros no mês de julho. No período seco o máximo valor da umidade relativa do ar ocorreu em novembro na altura de 2 metros e o mínimo valor na altura de 42 metros no mês de junho. Figura 12 - Sazonalidade média horária dos extremos da umidade do ar.

Tabela 01 - Sazonalidade dos valores mensais extremos da temperatura e umidade relativa do ar.

		Temperatura do Ar (°C)				Umidade Relativa do Ar (%)			
	Alturas	2 m	16 m	28 m	42 m	2 m	16 m	28 m	42 m
Período Chuvoso	Máximo	26,5	26,3	27,1	27,6	96	92	91	88
	Mínimo	24,2	23,8	24,8	25,2	87	81	80	76
	Amplitude	2,3	2,5	2,4	2,4	10	12	11	12
Período Seco	Máximo	26,4	26,8	27,9	28,5	91	85	83	79
	Mínimo	25,1	25,3	26,6	27,1	88	80	78	74
	Amplitude	6,3	7,6	10,0	7,9	22	31	36	38

Fonte: autora

4.4. VALORES MÉDIOS HORÁRIOS EXTREMOS DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR

Na Tabela 02 temos os valores médios horários, máximos e mínimos dos períodos chuvoso e seco e suas respectivas amplitudes. No período chuvoso o máximo valor da temperatura do ar ocorreu na altura de 42 metros no mês de dezembro à tarde e o mínimo ocorreu nas tardes do mês de fevereiro na altura de 28 metros. O máximo valor da umidade relativa do ar ocorreu na altura de 2 metros nos meses de janeiro de 1h às 12h e em fevereiro e março durante as madrugadas e o mínimo ocorreu na altura de 42 metros nas tardes do mês de dezembro.

No período seco o máximo valor da temperatura do ar ocorreu durante a tarde de setembro na altura de 42 metros e o mínimo valor na altura de 16 metros nas tardes no mês de julho. O máximo valor no período seco da umidade relativa do ar ocorreu em novembro na altura de 28 metros nas tardes no mês de julho e o mínimo valor na altura de 42 metros no mês de julho à noite.

Tabela 02 - Sazonalidade dos valores horários extremos e amplitudes da temperatura e umidade relativa do ar.

		Temperatura do Ar (°C)				Umidade Relativa do Ar (%)			
	Alturas	2 m	16 m	28 m	42 m	2 m	16 m	28 m	42 m
Período Chuvoso	Máximo	29,2	29,9	31,2	31,3	98	97	97	96
	Mínimo	22,9	22,4	21,2	23,4	76	66	61	58
	Amplitude	6,3	7,6	10,0	7,9	22	31	36	38
Período Seco	Máximo	29,1	30,0	31,2	31,6	96	95	97	93
	Mínimo	22,0	21,3	22,0	23,2	71	68	58	56
	Amplitude	7,2	8,7	9,2	8,4	25	27	39	36

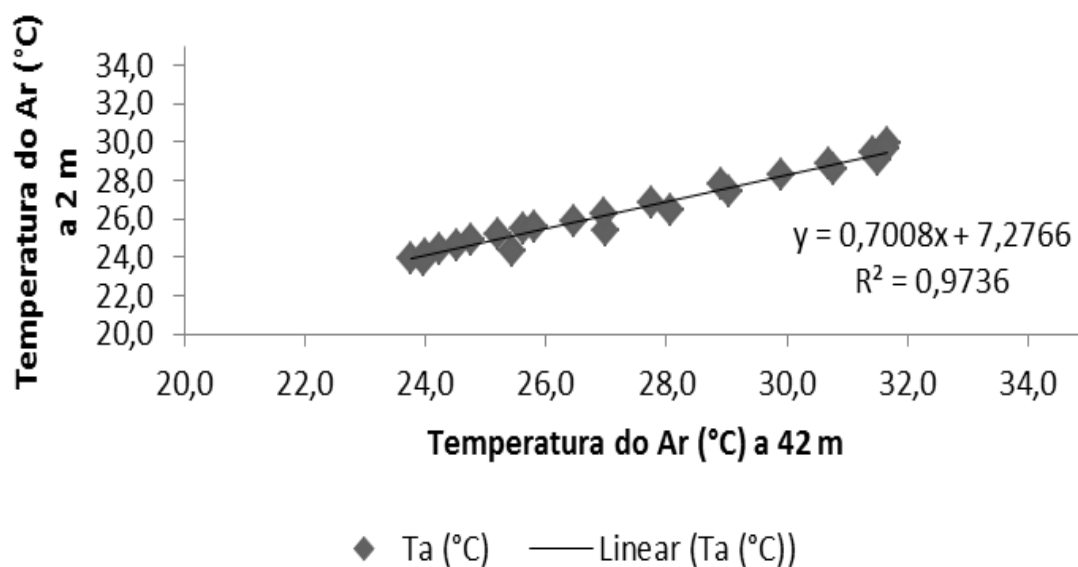
Fonte: autora

Em ambos os períodos, tanto nos valores mensal sazonal e horário os comportamentos das amplitudes foram semelhantes, as maiores amplitudes da temperatura do ar ocorreram em 28 metros e a menor a 2 metros. As maiores amplitudes da umidade relativa do ar ocorreram em 42 metros e a menor a 2 metros.

4.5 ESTIMATIVA DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR AO NÍVEL DA SUPERFÍCIE

Na Figura 13 temos a curva de regressão linear simples entre a temperatura do ar nos níveis de 2 e 42 metros durante o período chuvoso da região. Com base nos resultados do coeficiente de determinação ($R^2=0,9736$), podemos concluir que existe uma forte e positiva correlação entre estas duas temperaturas, podendo se estimar a temperatura do ar na superfície da floresta com base nas informações obtidas no topo da mesma, com um grau de confiabilidade de 97%.

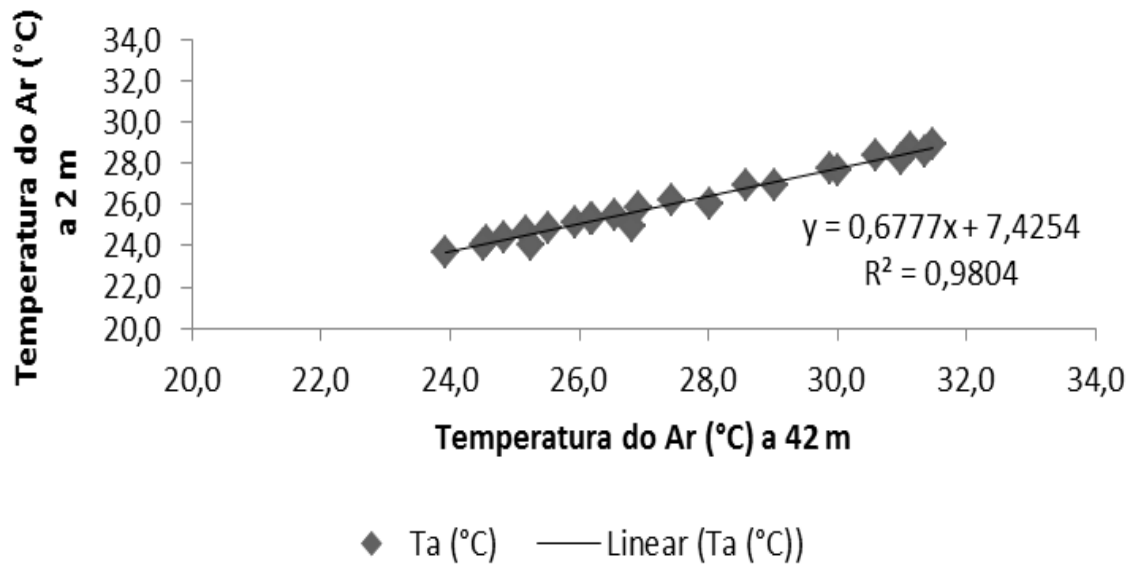
Figura 13 - Curva de regressão linear simples da temperatura do ar durante o período chuvoso da região.



Fonte: autora

Na Figura 14 temos a curva de regressão linear simples entre a temperatura do ar nos níveis de 2 e 42 metros durante o período seco da região. Com base nos resultados do coeficiente de determinação ($R^2=0,9804$), podemos concluir que existe uma forte e positiva correlação entre estas duas temperaturas, podendo se estimar a temperatura do ar da superfície da floresta com base nas informações obtidas no topo da mesma, com um grau de confiabilidade de 98%

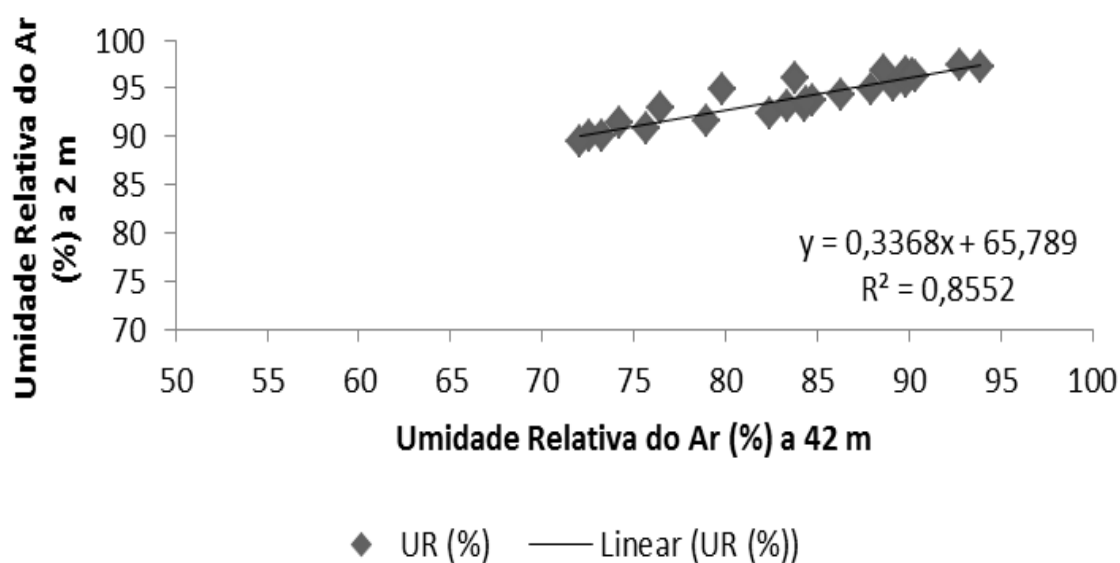
Figura 14 - Curva de regressão linear simples da temperatura do ar durante o período seco.



Fonte: autora

Na Figura 15 temos a curva de regressão linear simples entre a umidade relativa do ar nos níveis de 2 e 42 metros durante o período chuvoso da região. Com base nos resultados do coeficiente de determinação ($R^2=0,8552$), podemos concluir que existe uma forte e positiva correlação entre estas duas umidades, podendo se estimar a umidade relativa do ar da superfície da floresta com base nas informações obtidas no topo da mesma, com um grau de confiabilidade de 85%.

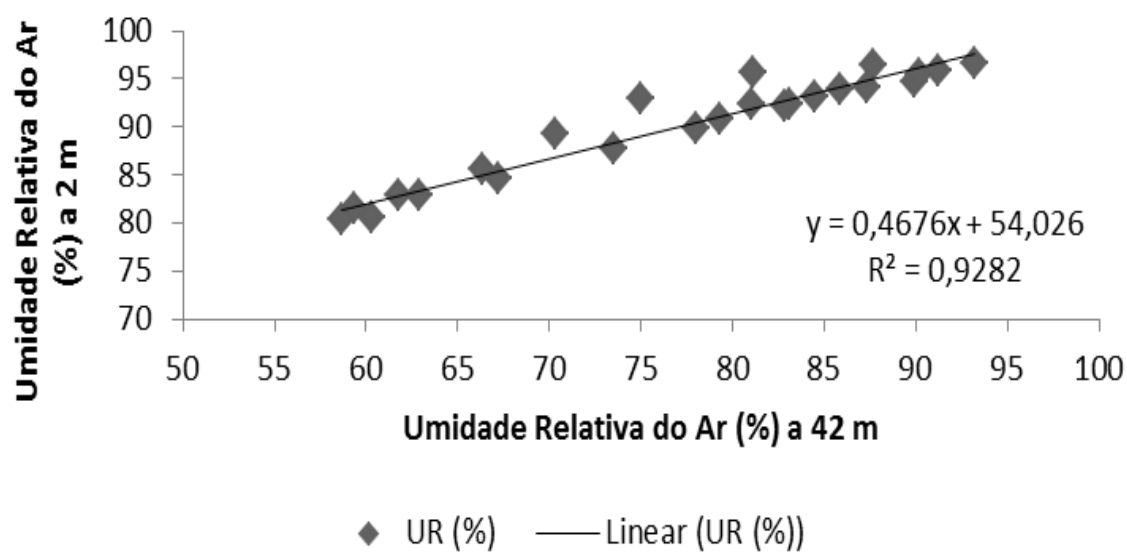
Figura 15 - Curva de regressão linear simples da temperatura do ar durante umidade relativa do ar do período chuvoso.



Fonte: autora

Na Figura 16 temos a curva de regressão linear simples entre a umidade relativa do ar nos níveis de 2 e 42 metros durante o período seco da região. Com base nos resultados do coeficiente de determinação ($R^2=0,9282$), podemos concluir que existe uma forte e positiva correlação entre estas duas umidades, podendo se estimar a umidade relativa do ar da superfície da floresta com base nas informações obtidas no topo da mesma, com um grau de confiabilidade de 92%.

Figura 16 - Curva de regressão linear simples da temperatura do ar durante da umidade relativa do ar do período seco.



Fonte: autora

5 CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas podemos concluir que:

- ✓ As menores temperaturas ocorreram no primeiro trimestre do ano, ou seja, no período chuvoso a 16 metros, enquanto que as maiores foram observadas no trimestre de setembro a novembro, ou seja, época seca da região;
- ✓ Em termos de horário, com exceção do horário com temperaturas mais elevadas, a mesma aumenta à medida que há o deslocamento em direção ao dossel, ao passo que, observou-se no nível de 16 metros a menor temperatura, certamente associada com as perdas radiativas que ocorrem neste nível;
- ✓ A variabilidade horária térmica do período chuvoso é menor que a variabilidade do período seco;
- ✓ Durante o período chuvoso, nos níveis mais altos, houve um leve resfriamento do ar, o que pode estar associada com efeito da maior velocidade do vento nestes níveis e da PRP que ajuda a reduzir a temperatura do ar;
- ✓ Durante o período da tarde, em ambas as épocas do ano, foram observadas as maiores temperaturas do ar, sendo a maior amplitude observada no nível de 28 metros;
- ✓ As noites do período chuvoso tiveram temperaturas mais elevadas, o que pode estar associado com o efeito da maior umidade relativa do ar durante esta época do ano, o que intensifica o “efeito estufa”, embora durante o período seco estes valores tenham sido maiores, certamente em função da menor cobertura de nuvens na estação seca, o que proporciona uma maior perda radiativa durante noite, logo após invertendo com a manhã no período seco. As madrugadas apresentaram sempre as menores temperaturas, em ambos os períodos;
- ✓ A umidade relativa do ar na superfície foi maior e diminui nos níveis superiores. A máxima mensal da umidade relativa ocorreu à superfície no período chuvoso e a mínima acima do dossel no período seco;
- ✓ As maiores amplitudes da umidade relativa do ar ocorreram no período chuvoso. As tardes dos dois períodos tiveram baixas umidades, e as madrugadas foram mais úmidas;
- ✓ Em relação ao comportamento horário, tanto as médias máximas como as mínimas os valores de umidade relativa foram próximos, porém também diminuindo aos níveis mais altos e sendo o período seco o de maior amplitude, possivelmente em consequência de uma maior radiação solar e menor disponibilidade hídrica.

- ✓ A análise de regressão linear simples mostrou-se adequada na estimativa da temperatura e umidade relativa do ar ao nível da superfície a partir de dados obtidos acima do dossel, em ambos os períodos estudados, embora o coeficiente de determinação (R^2) tenha sido ligeiramente maior durante a época seca, sempre este sempre superior a 0,85, o que indica um forte grau de dependência entre as variáveis estudadas.

REFERÊNCIAS

- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. 2003. *Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.257-262.
- ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL - AFUBRA, projeto verde é vida & Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria. RS. *A Floresta e o Ar*. v 4. P.24-26. 2000.
- BRAGA, A. P. COSTA, A. C. L. SILVA JUNIOR, J. A. GONÇALVES, P. H. L. COSTA, R. F. REIS, E. G. MALHI, Y. MEIR, P. *Estudo da temperatura do ar ao nível da superfície no interior da floresta de Caxiuanã em sítios dos projetos team e lba*. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza. 2004.
- COSTA, A. C. L. *Variações sazonais dos componentes do balanço de radiação e energia na reserva florestal de Caxiuanã*. In: XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, 2003.
- FALCÃO, R. M.; GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; CRUZ, B. R. P. *Análise da variação da umidade relativa do ar do Pico da Bandeira, parque nacional Anto Caparaó, Brasil*. VI Seminário latino-Americano de Geografia física, II Seminário libero-Americano de Geografia física,.Univrsidade de Coimbra, Maio de 2010.
- FUJISAKA, S.; ASTILIA, C.; SCOBAR, G.; RODRIGUES, V.; VENEKLAAS, E. J.; THOMAS, R.; FISHER, M. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon Colony. *Agriculture, Ecosystems and Enviromment*. v. 69, n. 1, p. 17-26, 1998;
- MARENGO, J.; HASTENRATH, S. *Case studies of extreme climatic events in the Amazon Basin*. *Journal of Climate*, v. 6, n. 4, p. 617-627, abr. 1993.
- SATYAMURTI, P., C. NOBRE; P. L. SILVA DIAS, 1998: *South America. Meteorology of the Southern Hemisphere*, D. J. Karoly and D. G. Vincent, Eds., Amer. Meteor. Soc., 119–139.

SILVA, A. S. L.; ALMEIDA, S. S.; ROSÁRIO, C. S. *Flórula fanerogâmica da Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn): Caracterização dos ecossistemas e lista preliminar de espécies. In: Seminário de 10 anos de atividades da ECFPn, Caxiuanã, 1 2003, Belém. Resumos...* Belém: MPEG, 2003, CD-Rom (SILVA et al,2003).

VERMA, S. B. *Micrometeorological methods for measuring surface fluxes of mass and energy. Remote Sensing Reviews*, v.5p. 99-113,1990.

VIANA, J. S.; ALMEIDA, S. S.; CONCEIÇÃO, C.; FERREIRA, E.; ALVES, N.; SILVA, R. *Comparação estrutural e florística entre os ambientes de Terra-Firme e Igapó do entorno da Estação Científica Ferreira Penna – ECFPn. In: Seminário de 10 anos de atividades da ECFPn, Caxiuanã, 1, 2003, Belém. Resumos...* Belém: MPEG, CD-ROM, 2003.