



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ



FACULDADE DE METEOROLOGIA



INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BRENDA SANTOS SIQUEIRA

INTERAÇÃO ENTRE A MICROMETEOROLOGIA E VARIABILIDADE ESPACIAL
EM DIFERENTES ALTURAS DE DOSSEL NA FLONA DE CAXIUANÃ (PA).

BELÉM – PARÁ

ABRIL – 2013

BRENDA SANTOS SIQUEIRA

INTERAÇÃO ENTRE A MICROMETEOROLOGIA E VARIABILIDADE ESPACIAL
EM DIFERENTES ALTURAS DE DOSSEL NA FLONA 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. José Henrique Cattanio

BELÉM

2013

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

S618i Siqueira, Brenda Santos

Interação entre a micrometeorologia e variabilidade espacial em diferentes alturas de dossel na Flona de Caxiuanã (Pa) / Brenda Santos Siqueira; Orientador: José Henrique Cattanio – 2013

30 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em meteorologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2013.

1. Climatologia. 2. Temperatura do ar. 3. Umidade relativa do ar. 4. PPBio. 5. Caxiuanã (PA). I. Cattanio, José Henrique, *orient.* III. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22^a ed.: 551.6098115

BRENDA SANTOS SIQUEIRA

INTERAÇÃO ENTRE A MICROMETEOROLOGIA E VARIABILIDADE ESPACIAL
EM DIFERENTES ALTURAS DE DOSSEL NA FLONA 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.

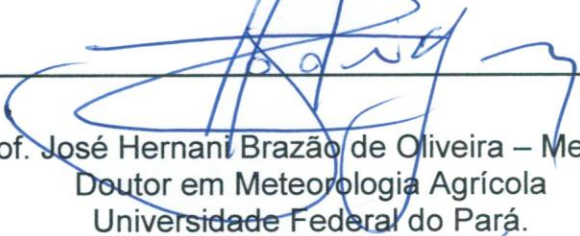
Data de aprovação: 05/04/2013

Conceito: EXC

Banca examinadora:



Prof. José Henrique Cattanio – Orientador
Doutor em Agronomia Tropical
Universidade Federal do Pará.



Prof. José Hernani Brazão de Oliveira – Membro
Doutor em Meteorologia Agrícola
Universidade Federal do Pará.



Prof. Dimitrie Nechet – Membro
Especialista em Meteorologia Tropical
Universidade Federal do Pará.

A Deus por sempre estar comigo.
A minha mãe Maria das Graças Santos Siqueira,
pelo amor e apoio incondicional.
Aos meus irmãos Adriano, Felipe e Aurélio.
E a minha avó Áurea, tia Alice e Padrinho Miguel (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me concedido conhecimento, discernimento e paz de espírito para superar obstáculos.

A minha amada mãe Graça, sem ela não conseguiria nada em minha vida.

À Universidade Federal do Pará pela oportunidade de realizar o curso.

Ao professor José Henrique Cattanio, pela confiança e ajuda na elaboração deste trabalho e por ter me ingressado e instruído no campo da pesquisa científica.

Ao Projeto Universal Edital MCT/CNPq 15/2007, intitulado “Interações entre variabilidade espacial com temperatura e umidade relativa associado à biodiversidade inter- e intra-específica dentro da grade do PPBio em Caxiuanã (PA)”.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Ao professor Dimitrie Nechet, pela disponibilidade, apoio e amizade.

Aos meus irmãos Adriano, Felipe e Aurélio, e a minha madrinha Ângela.

Aos amigos do curso de Meteorologia, em especial, Camilo, Fernanda, Jeymison, Natália, Rafael, Roosewel, Soyanna e Victor, que além do incentivo proporcionaram momentos de descontração e amizade.

Aos meus amigos, Amadeu, Brenda, Diomaique, Lucchesi e Rosana, pelo incentivo.

Ao meu namorado Allyson, pelo apoio e paciência.

A todos, que mesmo não citados, contribuíram de forma efetiva na minha formação acadêmica.

Meteorologia
Descobrir você,
No primeiro momento me assustei,
Depois veio o desespero e a vontade de jogar tudo para o alto,
Desanimei, e quando achei que não podia mais.
Aprendi a conhecer você,
Assim como os pássaros conhecem seus ninhos,
Sem dúvida num voo livre,
Que se abre no infinito.
Aprendi a caminhar com você,
Assim como as estrelas respeitam o brilho da lua,
Que sabe que como aquela só existe uma única no mundo.
Aprendi a lutar por você,
Assim como as ondas do mar se debatem inutilmente,
Para depois se transformarem em espumas suaves na areia.
Aprendi a entender você,
Assim como as montanhas entendem as nuvens e se esticam como se pedindo
chuva para os seus campos secos.
Aprendi amar você,
Assim como os pássaros amam a liberdade,
Os rios amam suas águas,
As estrelas amam o céu,
As ondas amam o mar,
As montanhas amam seus campos.
Aprendi a amar você como o mais puro e sublime sentimento,
Assim como eu amo DEUS eternamente.
Assim eu amo você METEOROLOGIA,
Porque é através de você, que vou ganhar o pão de cada dia,
E futuramente poder ter meus descendentes.
Descobrir, desanimei, aprendi, conheci e me apaixonei.

(Brenda S. Siqueira)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi determinar a variabilidade espacial dentro da grade do PPBio em Caxiuanã (PA), estudando a temperatura e umidade relativa em duas alturas topográficas e em diferentes alturas de dossel. Para isso foi selecionado um local com variação topográfica, onde foram colocados “datalogger” para medições automáticas de temperatura (°C) e umidade relativa (%) no platô e no baixio, em várias alturas de dossel: acima do nível do solo (0,50 m), a 2,0 m, 4,0 m, 6,0 m, 8,0 m, 10,0 m, 12,0 m, 14,0 m, 16,0 m, 18 m e 20,0 m. As medições foram realizadas ao final do período menos chuvoso (dezembro de 2009), e no final do período chuvoso (junho de 2010), sendo que as medições ocorreram em dois dias consecutivos, de cada período foram analisados, e os dados coletados a cada minuto. Os resultados revelam a existência de elevada variação de temperatura e umidade relativa em relação às diferentes alturas de dossel. Quando da ocorrência dos eventos de precipitação, os níveis de dossel, mas próximos da copa responderam rapidamente, entretanto as alturas próximas ao solo só responderam a prolongados eventos de chuva. Os dados revelam que provavelmente existe uma grande influência da baía de Caxiuanã sobre a temperatura e umidade relativa em todos os níveis de dossel e topografia durante alguns momentos ainda não muito bem esclarecidos.

Palavras-chave: Climatologia. Temperatura do ar. Umidade relativa do ar. PPBio. Caxiuanã (PA).

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the spatial variability inside the grid of PPBio in Caxiuanã (PA), studying the temperature and relative humidity at two heights in different topographic and canopy heights. Was selected a site with topographic variation, where they were placed “datalogger” for automatic measurements of temperature (°C) and relative humidity (%) on the plateau and in the lowland in various heights: above the ground level (0.50 m) , 2.0 m, 4.0 m, 6.0 m, 8.0 m, 10.0 m, 12.0 m, 14.0 m, 16.0, 18.0 m and 20.0 m . Measurements were made at the end of the period with less rainfall (December 2009), and at the end of the rainy season (June 2010), where the measurements took place on two consecutive days in each period were analyzed, and the data collected each minute. The results revealed the existence of high variation of temperature and relative humidity for the different canopy heights. When the occurrence of precipitation events, the canopy height of tallest responded quickly, however the lower altitudes only respond to prolonged rain events. The data reveal that there is probably a big influence on the bay Caxiuanã temperature and relative humidity at all levels of canopy and topography for a few moments still not well understood. The results reveal the existence of high variation of temperature and relative humidity for the different canopy heights. Upon the occurrence of precipitation events, levels of canopy but next cup responds quickly, though the heights near the ground but only respond to prolonged rain events. The data reveal that there is probably a big influence on the bay Caxiuanã temperature and relative humidity for a few moments still not well understood.

Keywords: Climatology. Air temperature. Relative humidity. PPBio. Caxiuanã (PA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Gráfico anual da precipitação de Caxiuanã (PA).....	14
Figura 2- Floresta Nacional de Caxiuanã, entre os municípios de Melgaço e Portel (PA). Em destaque a grade de 25 km ² do PPBio	16
Figura 3- Esquematização dos locais onde foram coletadas as amostras em um perfil de declividade, indo do platô em direção do igarapé, na FLONA de Caxiuanã (PA).....	17
Figura 4- Temperatura (°C) e umidade relativa (%), para os dias 10 e 11 de dezembro (baixio), na FLONA de Caxiuanã (PA).....	20
Figura 5 - Temperatura e umidade relativa, para os dias 10 e 11 de dezembro de 2009 (Platô) na FLONA de Caxiuanã (PA).....	21
Figura 6 - Razão de mistura média de diferentes camadas de ar dentro do dossel da FLONA de Caxiuanã (PA), no Baixio e no Platô para os dias 10 e 11 de dezembro de 2009.....	22
Figura 7 - Temperatura potencial, máxima, média e mínima no (Baixio e Platô) na FLONA de Caxiuanã (PA) para os dias 10 e 11 de dezembro 2009.....	23
Figura 8 - Temperatura e umidade relativa, para (baixio), na FLONA Caxiuanã (PA) para os dias 01 e 02 de junho de 2010.....	24
Figura 9 - Temperatura e umidade relativa, para (platô), na FLONA Caxiuanã (PA) para os dias 01 e 02 de junho de 2010.....	25
Figura 10 - Razão de mistura média de diferentes camadas de ar dentro do dossel da FLONA de Caxiuanã (PA), no Baixio e no Platô para os dias 01 e 02 de junho de 2010.....	26
Figura 11- Temperatura potencial, para os dias 01 e 02 de junho de 2010 (baixio e platô) na FLONA de Caxiuanã (PA).....	27

LISTA DE ABREVEATURA, SIGLA E SÍMBOLOS

FLONA	- Floresta Nacional
PPBio	- Programa de Pesquisa em Biodiversidade
ICMBio	- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MPEG	- Museu Paraense Emilio Goeldi
PA	- Pará
S	- Sul
W	- Oeste
ha	- Hectares
m	- Metros
mm	- Milímetros
km	- Quilômetros
km ²	- Quilômetros quadrados
g/Kg	- Grama por quilograma
Mg	- Megagrama
hpa	- Hectopascal
R/c _p	- Equação de Poisson (R/c _p = 0, 286)
J	- Joule
K	- Kelvin
Kg	- Quilograma
g	- Grama
°C	- Graus Celsius
T _a	- Temperatura do ar
UR%	- Umidade relativa
e	- Pressão parcial do vapor d'água
es	- Pressão de saturação do vapor d'água
r	- Razão de mistura
p	- Pressão
θ	- Temperatura potencial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO LITERÁRIA	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 REGIÃO DE ESTUDO.....	14
3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.2.1 Solo.....	15
3.2.2 Vegetação.....	15
3.2.3 Clima.....	15
3.2.4 Climatologia.....	15
3.3 CONCEITOS E EQUAÇÕES.....	17
4 RESULTADOS	19
4.1 PERÍODO CHUVOSO.....	19
4.2 PERÍODO MENOS CHUVOSO.....	23
5 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAIS	29

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Nacional de Caxiuanã apresenta elevadas temperaturas e grandes quantidades de precipitações anuais, embora ocorram grandes variações desses parâmetros no decorrer do ano. Em relação à precipitação, definem-se duas épocas distintas ao longo do ano, um período chuvoso, compreendida entre os meses de janeiro a junho, e outro menos chuvosa, que se estende de julho a dezembro (OLIVEIRA et al., 2008).

Localizada no centro-oeste do Estado do Pará possui um clima tropical quente e úmido, no qual a temperatura média anual é de 26,0 °C, sendo a média mínima 22,0 °C e a média máxima 32,0 °C, (MORAES et al. 1997).

Ao identificarmos situações de variabilidade ambiental, horizontal e vertical, é importante a diferenciação se o microclima da região está próximo de pequenos cursos d'água, tais como igarapés ou igapós, os quais produzem variações microclimáticas, na temperatura e umidade relativa (CUNNINGHAM; READ, 2000).

O estudo do microclima no interior de áreas de floresta no Brasil tem sido um assunto pouco explorado pela climatologia, por ser um estudo pouco conhecido pelos padrões de variabilidade espacial do microclima dentro da floresta primária tropical. Estes fatores micrometeorológicos constituem aportes qualitativos para a elaboração de protocolo climático, estudos de modelagem numérica para a simulação dos principais eixos de variabilidade microclimática e investigações experimentais baseadas na instrumentação disponível (nem sempre suficiente).

Os resultados proporcionarão melhor compreensão sobre a influência da Floresta Amazônica e sua contribuição para a interação entre a micrometeorologia e a variabilidade espacial na FLONA de Caxiuanã.

Portanto o objetivo deste trabalho foi determinar o comportamento micrometeorológicos durante dois períodos sazonais, em duas topografias distintas (platô e baixio) e várias alturas de dossel, na floresta primária em Caxiuanã (PA).

2 REVISÃO LITERÁRIA

Os principais fatores que determinam o clima de uma dada região são a topografia, latitude, clima, solo e climatologia (HENDERSON-SELLERS et al., 1993).

Neste sentido este trabalho obteve-se a determinar o comportamento micrometeorológicos durante dois períodos sazonais, em duas topografias (baixo e platô) e várias alturas de dossel na Floresta Nacional de Caxiuanã (PA).

A vegetação é um importante receptor e armazenador de radiação solar, o que ocorre devido à absorção de energia incidente pelo sistema solo-planta, e é dependente do albedo da superfície (JARVIS et al., 1997). Quando a energia solar incide sobre uma superfície vegetada, uma parte é refletida de volta para o espaço, uma segunda parte é absorvida pela vegetação, contribuindo para o aumento de sua temperatura, e uma terceira parte é transportada para a atmosfera através de processos predominantemente turbulentos, que se manifestam por transportes verticais.

Uma questão relevante é a estimativa da evapotranspiração de superfícies vegetadas. Este não é um processo passivo pelo qual o solo e a floresta perdem água para atmosfera. Ao contrário, a evapotranspiração é o processo de transferência de vapor d'água das superfícies vegetadas, pelos processos físicos simultâneos da evaporação (do solo) e transpiração (controlado pela abertura dos estômatos), transformando a energia disponível no meio em calor latente que será transportado na atmosfera. Os períodos chuvoso e menos chuvoso, característicos dessas regiões, são fatores que determinam as trocas de vapor d'água nessas florestas, em razão da variação na quantidade de energia disponível e na disponibilidade de água no solo (COSTA. FOLEY, 1997), comparando a evapotranspiração simulada com observações para diferentes tipos de coberturas vegetais, mostram que a evapotranspiração é extremamente dependente do tipo de cobertura do solo, especialmente durante a estação chuvosa.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 REGIÃO DE ESTUDO

O estudo em questão foi desenvolvido em uma floresta tropical úmida de terra firme localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã (FLONA de Caxiuanã), em uma grade de 25 km² dentro da parcela de pesquisa do Programa de Pesquisa em Biodiversidade PPBio, em uma unidade de conservação criada em 28 de novembro de 1961 por meio de decreto n° 239.

È a Floresta Nacional (FLONA) mais antiga da Amazônia Legal e a segunda mais antiga do Brasil, é administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Com aproximadamente 330.000 ha (Figura 2), agregando vários ecossistemas, dentre eles a floresta densa de terra-firme e igapó (Almeida et al., 1993). A área da ECFPn 85% da floresta é de terra-firme, e sua fisionomia florestal é formada por árvores emergentes com alturas que variam de 40 a 50 m, o dossel médio por árvores com alturas entre 30 e 35 m, um sub-dossel com 20 a 25 m de altura e o piso com altura em torno de 5 m Viana et al. (2003). As quais, entretanto só interceptam pouco mais de 10% da precipitação incidente (Moraes, et al, 1997), a FLONA de Caxiuanã está localizada (01°42'30''S, 051°31'45''W) nos municípios de Melgaço e Portel (PA), a uma distancia em linha reta de 400 km da cidade de Belém (LISBOA ; FERRAZ, 1999).

Figura 2 - Floresta Nacional de Caxiuanã, entre os municípios de Melgaço e Portel (PA). Em destaque a grade de 25 km² do PPBio.



3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO

3.2.1 Solo

A região de Caxiuanã situa-se no compartimento morfotectônico Gurupá da callha do Rio Amazonas. O perfil geológico, de aproximadamente 5 km de espessura aparente, está representado na base por um horizonte caulino parcialmente mosqueado (ESTAÇÃO CIENTIFICA FERREIRA PENNA, 1997).

Na área de estudo o relevo é plano, levemente ondulado, com elevações do terreno variando de 19 a 47 metros (MIRANDA-SANTOS et al., 2007), possuindo solos do tipo Latossolo Amarelo de origem terciária, com textura argilo-arenosa, ácidos, profundos e oligotróficos (RUIVO et al., 2000). Estima-se que a floresta esteja produzindo cerca de 0,799 Mg liteira ha⁻¹ mês⁻¹, nas condições normais de temperatura, umidade e pluviosidade, com maior produtividade nos períodos mais chuvosos (LISBOA; FERRAZ, 1999).

3.2.2 Vegetação

O ecossistema típico da floresta amazônica está representado por áreas de terra firme e alagado, além de manchas de vegetação secundárias e vegetação não florestais semelhantes e savanas. Ocorrem também florestas de inundação (várzea e igapó) e vegetação residual de sítios de pomares, espalhadas nas margens de quase todos os rios e igarapés da bacia de Caxiuanã (ESTAÇÃO CIENTIFICA FERREIRA PENNA, op.cit.).

3.2.3 Clima

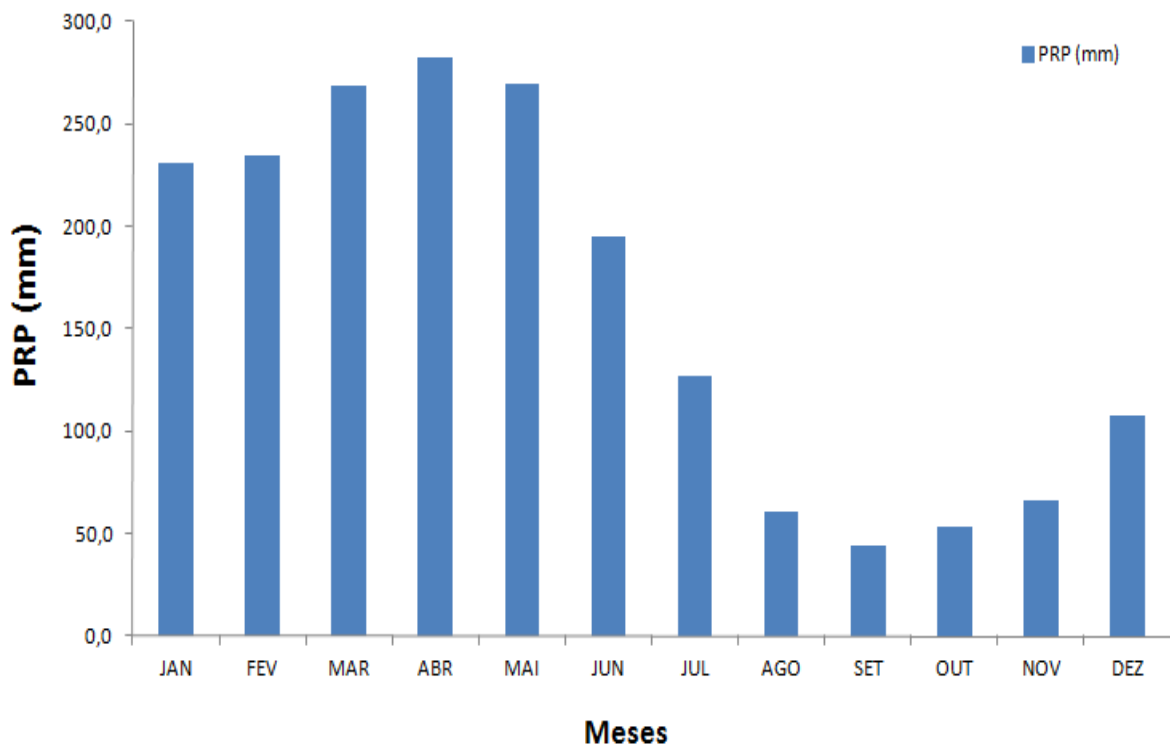
O clima da FLONA de Caxiuanã, pela classificação de Köppen-Geiger é do tipo tropical quente e úmido e subtipo climático "Am" com precipitação pluviométrica mais intensa em alguns meses e um período mais curto com pluviosidade menor (PEEL et al., 2007).

3.2.4 Climatologia

A região da FLONA de Caxiuanã tem uma distribuição regular das chuvas durante todo o ano. Porém, há uma sazonalidade definida. Claramente podemos perceber pelo gráfico de precipitação (Figura 1), dois períodos bem caracterizados, os meses

de janeiro a junho os quais segundo a climatologia da região são meses de umidade elevadas, os quais apresentam altos índices de precipitação que são registradas em milímetros (mm), sendo conhecido por “período chuvoso”, com máximas de aproximadamente 280 mm em alguns meses e 75% do total anual, enquanto que no segundo período que se estende de julho a dezembro, é denominado “período menos chuvoso” atingindo à máxima de 120,63 mm em outros meses e 7% do total anual (COSTA, 2003).

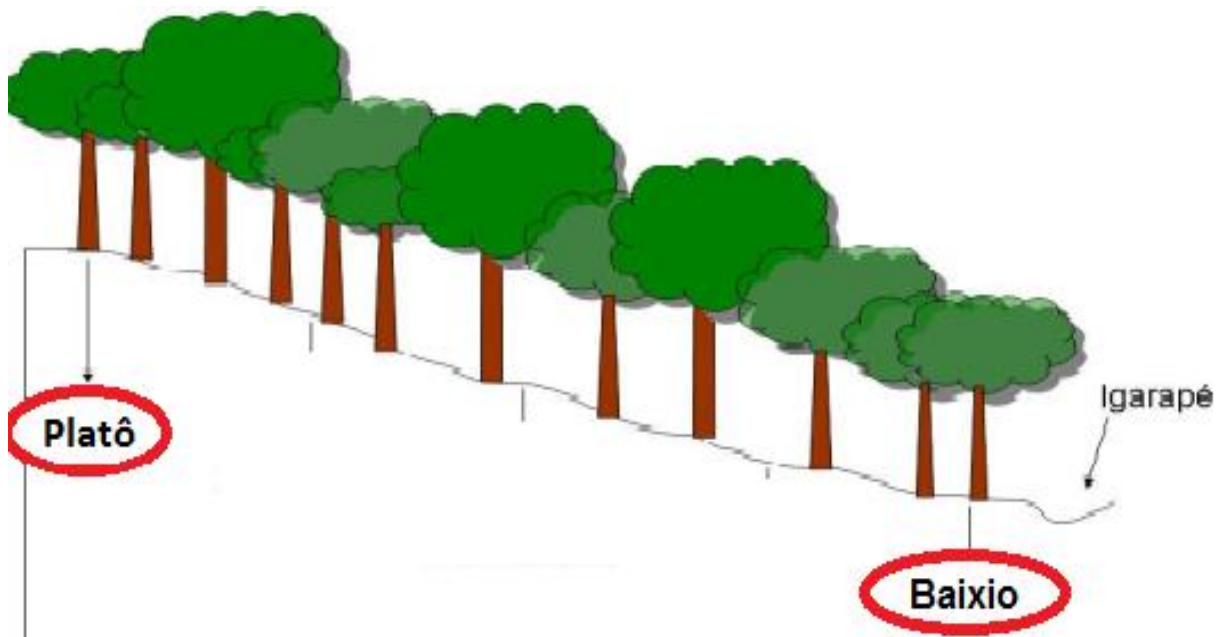
Figura 1- Climatologia média de 10 anos de precipitação na FLONA de Caxiuanã (PA).



Fonte: IBAMA-CAXIUANÃ- Dados não publicados

Em locais previamente identificados, com características de variação na topografia (Figura 3), foram instalados aparelhos de “datalogger” para coleta automática (a cada 1 minuto) de dados de temperatura e umidade relativa em diferentes topografias (baixio e platô).

Figura 3 - Esquemática dos locais onde foram coletadas as amostras em um perfil de declividade, indo do platô em direção ao igarapé, na FLONA de Caxiuanã (PA).



Fonte: Autor 2013

Com objetivo de detalhar os padrões de microclima dentro da floresta primária, este experimento foi realizado ao final do período menos chuvoso (dezembro de 2009) e no final do período chuvoso (junho de 2010), através de coleta de dados em dois níveis topográficos (platô e baixio, Figura 3), onde foram colocados sensores (datalogger) de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa (%) nas respectivas alturas do dossel da floresta: acima do nível do solo (0,5 m), 2,0 m, 4,0 m, 6,0 m, 8,0 m, 10,0 m, 12,0 m, 14,0 m, 16,0 m, 18 m e 20,0 m. Durante dois dias foram realizadas coletas de dados a cada 1 minuto e armazenados automaticamente pelo “datalogger”.

Os dados armazenados foram transferidos para o computador, sendo realizada em laboratório uma análise detalhada da temperatura e umidade relativa em uma média de 30 minutos, dentro dos tratamentos acima descritos. Para isto foram realizados cálculos para obter a temperatura virtual, temperatura potencial utilizando os dados de temperatura, umidade relativa e pressão, na respectiva ordem:

3.3 CONCEITOS E EQUAÇÕES

Temperatura do ar: A temperatura do ar é variável no tempo e no espaço. Pode ser regulada por vários fatores, que são os controles da temperatura, como radiação, advecção de massas de ar, aquecimento diferencial da terra e da água, correntes oceânicas, altitude, posição geográfica e é geralmente apresentada em graus Celsius (°C).

Umidade relativa: É a relação entre a quantidade de umidade existente no ar e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura, e é apresentada em porcentagem (%).

$$UR = \frac{r}{r_s} = \frac{d}{d_s} = \frac{e}{e_s} = \frac{w}{w_s} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Pressão de saturação do vapor d'água (e_s): É um estado de equilíbrio dinâmico que pode ser atingido, no qual as moléculas de água passam com a mesma taxa para a fase líquida e para a fase de vapor. Neste estado, a pressão exercida pelo vapor de água é calculada pela fórmula:

$$e_s = 6,1078 \times 10^{[(7,5 \times T_a) / (237,3 + T_a)]} \quad \text{Eq. (2)}$$

onde T_a é a média da temperatura (°C) a cada 30 minutos.

Pressão parcial (e): definido como a pressão a qual um dado volume de gás exerce dentro de um recipiente em relação à pressão máxima que ele exerceria se ocupasse todo o seu volume do mesmo.

$$e = UR \times \frac{e_s}{100} \quad \text{Eq. (3)}$$

onde UR é umidade relativa (%) e e_s é pressão de saturação do vapor d'água.

Razão de mistura (r): definido como a massa de vapor d'água (usualmente em gramas) por unidade de massa de ar seco (g/Kg):

$$r = 0,622 \times \frac{e}{(p - e)} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde e é a pressão parcial (hpa) e o p é a pressão atmosférica (hpa).

Temperatura potencial (θ): É a temperatura que a parcela teria se fosse expandida ou comprimida adiabaticamente de seu estado real de pressão e temperatura para uma pressão padrão (geralmente 1000 mb).

$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{R}{c_p}} \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde pela equação de Poisson, o ar seco, $R = R_d = 287 \text{ J/Kkg}$ e $c_p = 1004 \text{ J/Kkg}$, Portanto, $R/c_p = 0,286$, T é a temperatura do ar, p é a pressão atmosférica (hpa).

4 RESULTADOS

4.1 PERÍODO MENOS CHUVOSO

As variações encontradas aqui parecem estar fortemente ligadas aos fatores de pluviosidade.

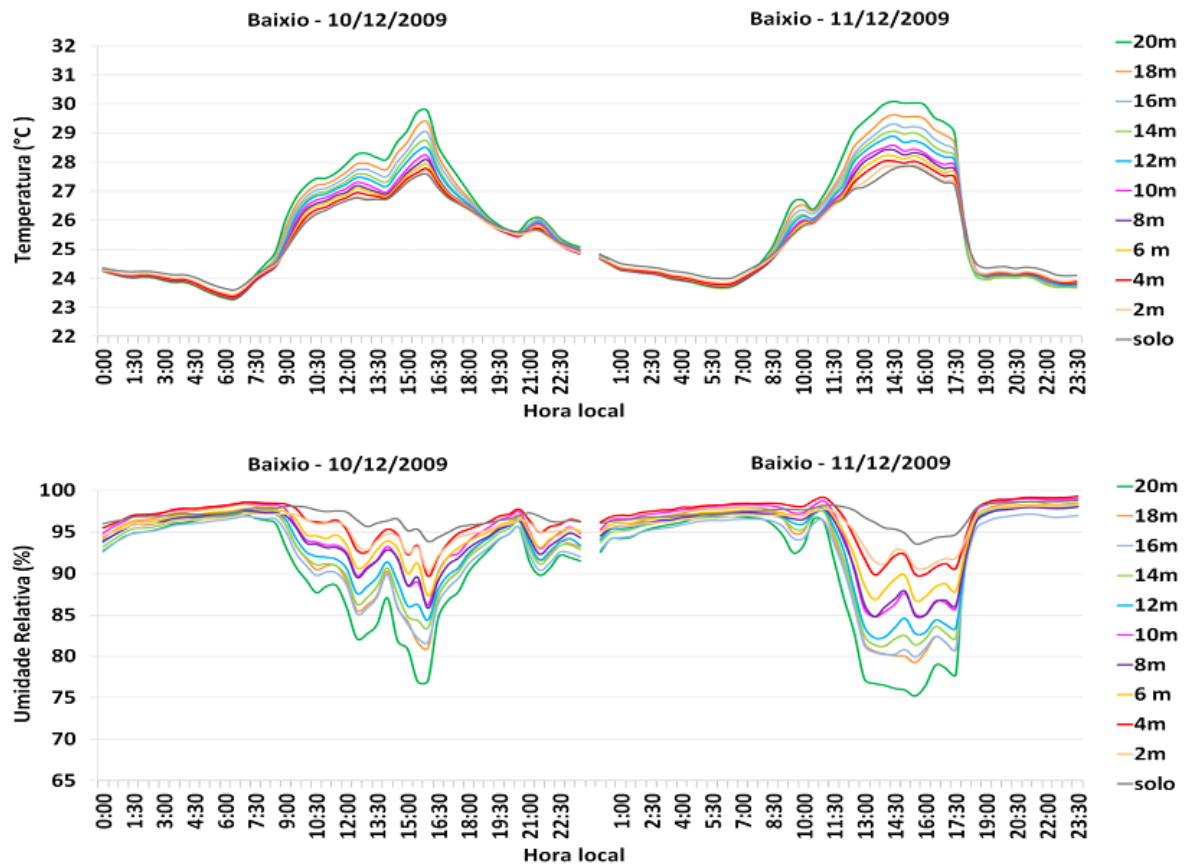
Para o dia 10 e 11/12/2009 (Figura 4) não houve diferenças significativas, durante o período entre a 00:00 e 06:00 (hora local) horário esse em que não possui nem um sistema local atuante e nem turbulência e sim o transporte de umidade entre as camadas, verifica-se que o pulso diário da radiação solar incidente em ondas curtas, tem suas máximas entre 14:00 e 16:30 (hora local).

Entretanto e alguns momentos, durante o período noturno do dia 10/12/2009 das 20:00 as 22:00 (hora local) , os dados revelam um aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa, o que pode estar relacionado com a influencia da Baía de Caxiuanã no microclima da floresta e todos os níveis de dossel, mesmo esta estando á uma distancia 13 km do local de estudo.

Enquanto que a umidade relativa percebeu-se que uma pequena chuva ocorreu perto das 11:00 (hora local) do dia 10/12/2009 produzindo em todas as alturas de dossel uma queda repentina da temperatura, com exceção da altura do nível do solo.

Nota-se para o dia 11/12/2009 das 00:00 as 11:00 (hora local), por consequência de uma possível precipitação do dia anterior mantendo para esses horários uma umidade relativa elevada, após esse horário observa-se um aumento de temperatura que se estende das 11:00 as 18:00 (hora local), e as 19:00 (hora local) observa-se uma queda considerada atingindo 23,5 °C e 99 % de umidade relativa.

Figura 4 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%), para os dias 10 e 11 de dezembro de 2009 (baixio), na FLONA de Caxiuanã (PA).



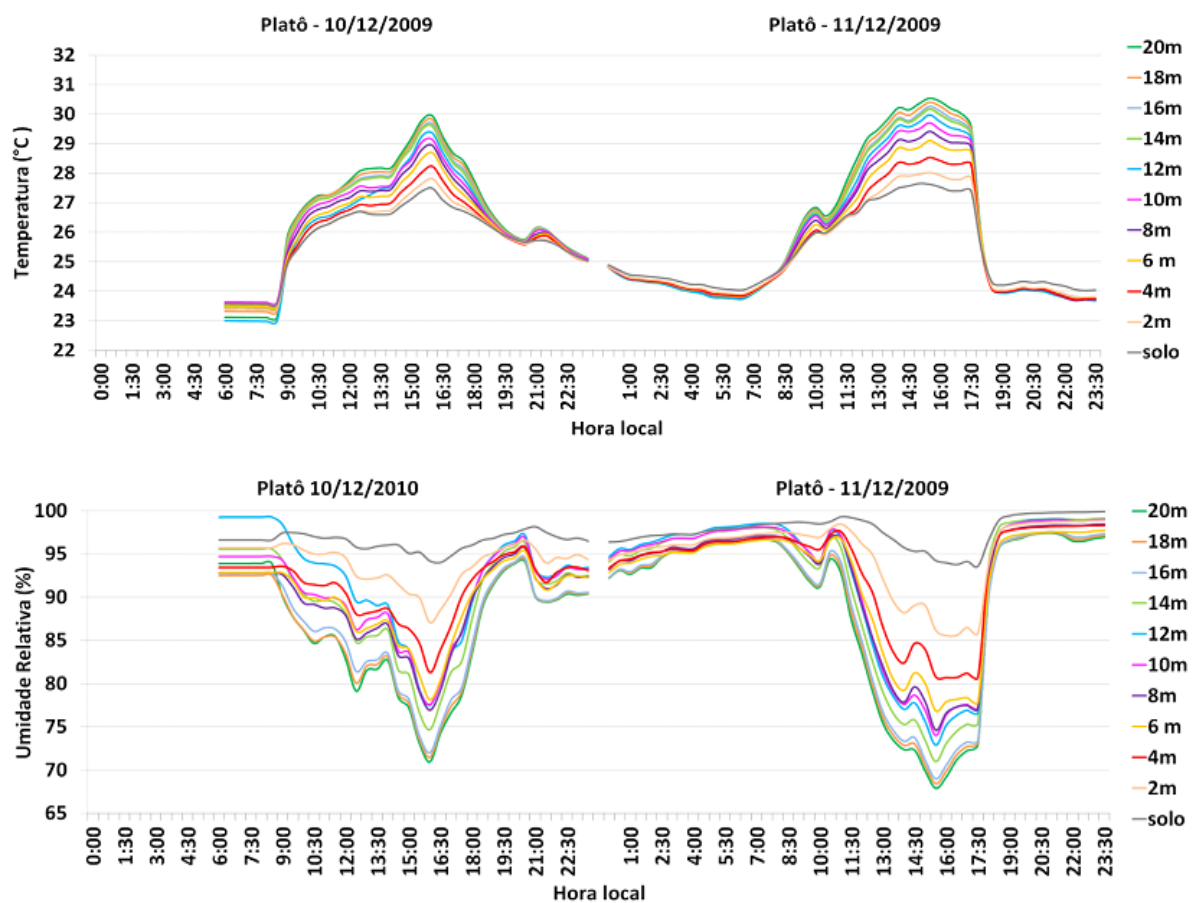
Fonte: Do autor 2013

Infelizmente os dados para o platô foram perdidos para as primeiras horas do dia 10/12/2009 (Figura 5). Percebe-se claramente que as temperaturas são bem mais próximas, quando se comparam as camadas diferentes de dossel. Isto é refletido bem claramente na umidade relativa desses mesmos dias, onde os valores mostram que por toda a copa, principalmente nas alturas de dossel acima de 2 m, todas as umidades relativas foram baixas.

É perceptível também, que para a altura de platô do dia 10/12/2009 no horário das 21:00 (hora local), houve o mesmo aumento repentino da temperatura com queda da umidade relativa, do mesmo modo que acontece com o baixio (Figura 4). Entretanto, este aumento da temperatura no platô, produziu uma queda ainda maior da umidade relativa, quando comparada com o baixio. Do mesmo modo que no baixio, observou-

se no dia 10 e 11/12/2009 no platô, um aumento repentino da temperatura do ar próximo das 09:00 (hora local) (Figura 5). Entretanto, este aumento da temperatura provocou proporcionalmente uma maior queda de umidade relativa no platô em comparação com o baixio, principalmente nas camadas de 20 m e 16 m de altura de dossel. Comparando o platô com o baixio, para o dia 11/12/2009, percebe-se claramente que as camadas do dossel se comportam bem mais distintas em termos de temperatura e, principalmente, em relação à umidade relativa.

Figura 5- Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%), para os dias 10 e 11 de dezembro de 2009 (Platô) na FLONA de Caxiuanã (PA).

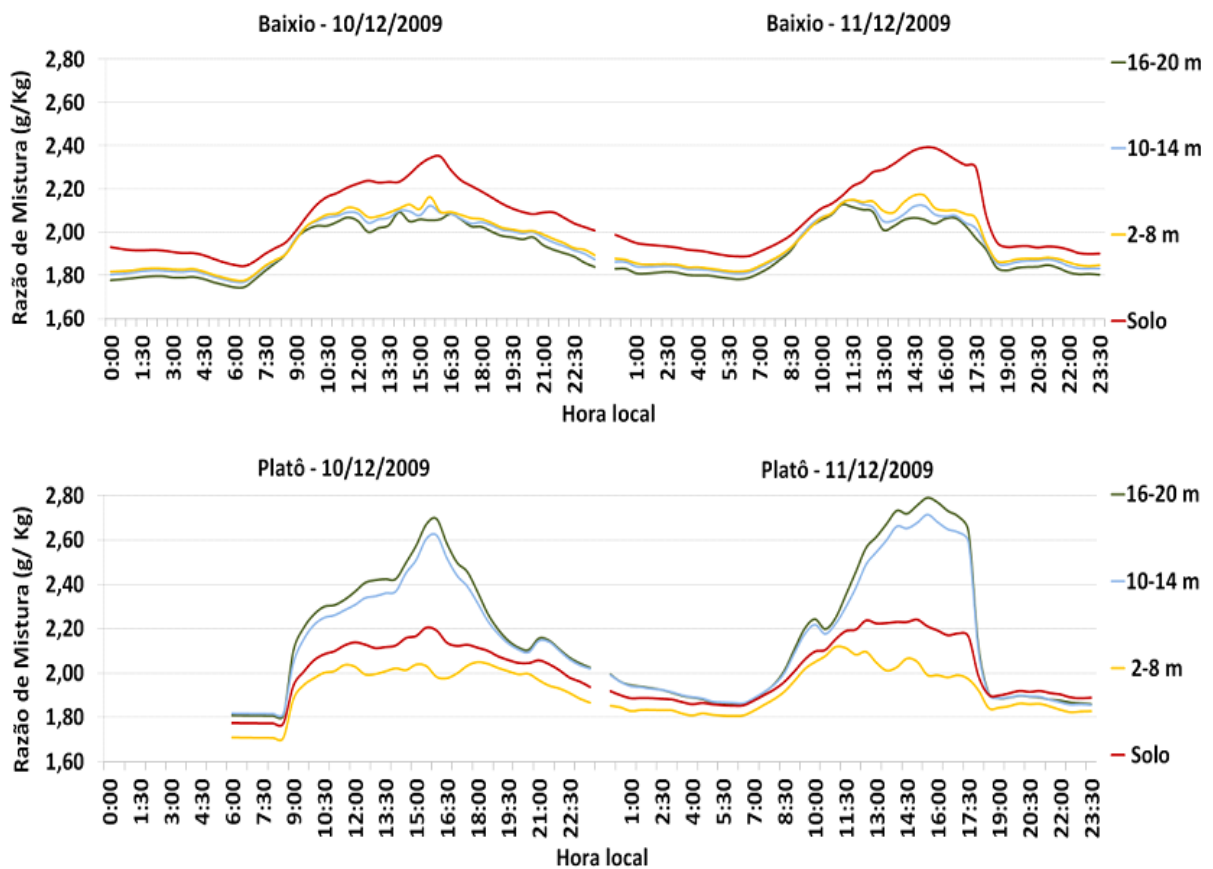


Fonte: Autor 2013

Analisando o baixio para os dias 10 e 11/12/2009 (Figura 6), nota-se que o solo concentra bastante umidade em comparação as outras camadas, possivelmente seria a influencia da baia, por ser uma área que possui desnível de até 5m, é facilmente inundado ou encharcado durante as fortes chuvas do inverno amazônico.

Porém o platô, o dossel é fechado e o solo é argiloso até mesmo areno-argiloso, dificultando a penetração de umidade no solo, observa-se que a temperatura (Figura 5) que se encontra próximo de 30,0°C e a umidade relativa bem baixa, a razão de mistura é maior por ter uma temperatura maior, maior evaporação e mais vapor d'água nas camadas.

Figura 6 - Razão de mistura média (g/Kg) de diferentes camadas de ar dentro do dossel da FLONA de Caxiuanã (PA), no Baixo e no Platô para os dias 10 e 11 de dezembro 2009.

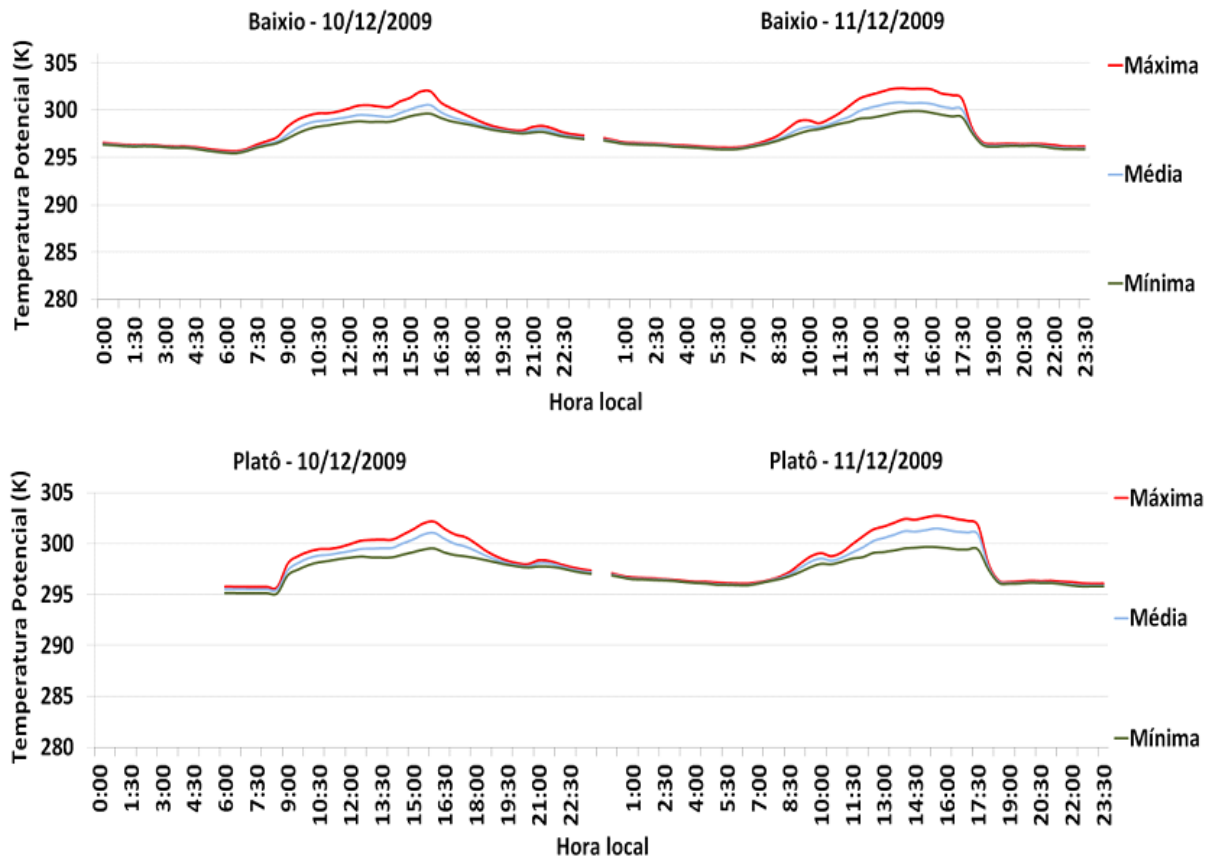


Fonte: Autor 2013

Existem camadas de comportamento distinto dentro do dossel da floresta, quando se compara o baixo com o platô (Figura 7), observando que no platô a energia encontra-se bem adentrada ao dossel da floresta (até 10 m) em comparação com o baixo, o qual não apresenta o mesmo padrão. Esta entrada de energia proveniente do ar aquecido da atmosfera se propaga facilmente nas camadas máximas onde a incidência de energia é mais constante, principalmente na presença de radiação.

Porém o baixio e o platô ao comparar máxima média e mínima não se encontraram grandes variações de energia.

Figura 7 – Temperatura potencial (K), máxima, média e mínima no (Baixio e Platô) na FLONA de Caxiuanã (PA) para os dias 10 e 11 de dezembro de 2009.



Fonte: Autor 2013

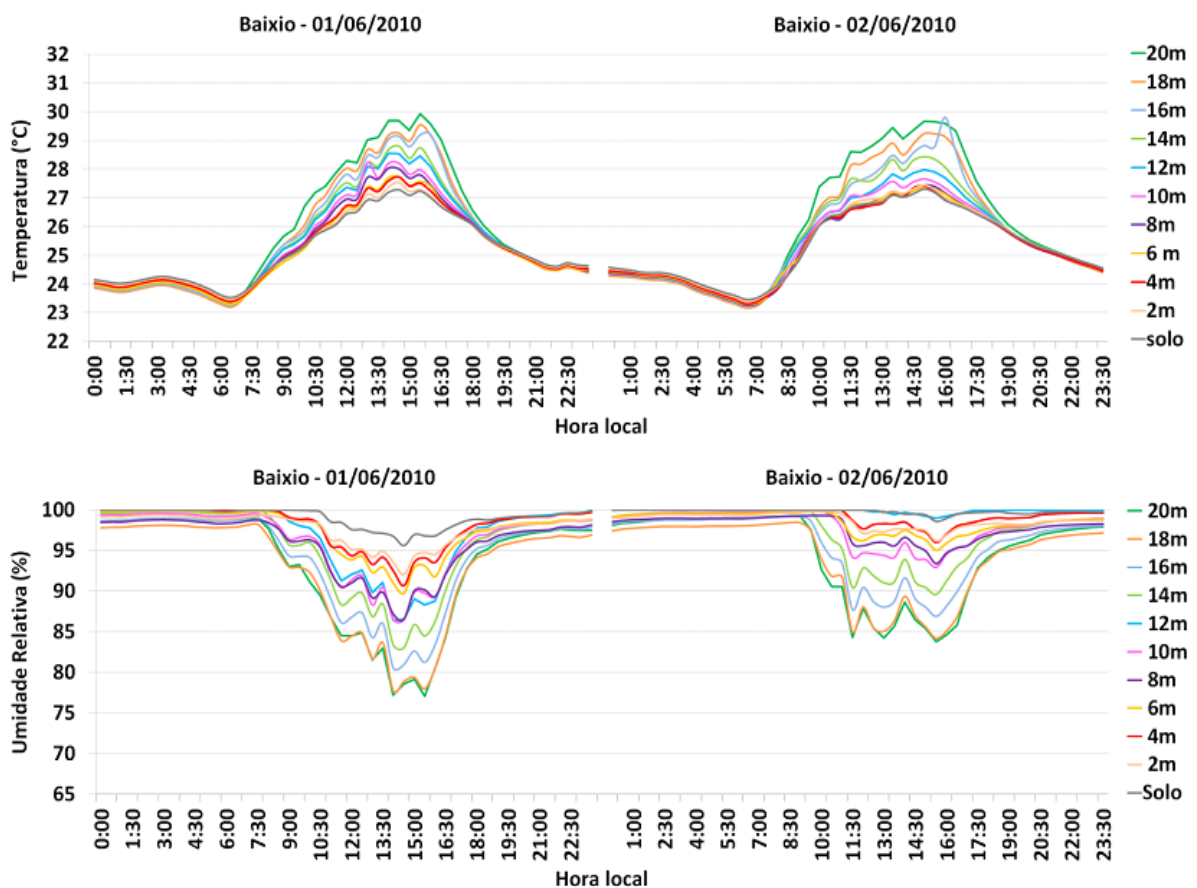
4.2- PERÍODO CHUVOSO

Durante os dias 01 e 02/06/2010 observou-se que os datalogger começaram a registrar os dados, percebendo-se a ocorrência de chuva que ocorreu perto das 18:00 (hora local) para o primeiro dia, produzindo em todas as alturas de dossel uma queda repentina da temperatura, entretanto, neste mesmo horário verificou-se um aumento da umidade relativa nas mesmas alturas de dossel. A temperatura na altura de 16 m para os dias 01 e 02/06/2010 ficaram mais elevadas do que as camadas

acima caracterizando inversão térmica, registrando sua máxima temperatura as 16:00 (hora local).

Sendo assim os dias 01 e 02/06/2010, apresentaram a umidade relativa baixa, tendo sua temperatura máxima entre 14:30 e 15:30 (hora local), após esse horário a temperatura teve um decaimento, produzindo um aumento da umidade relativa, em todas as alturas de dossel. Os altos valores de temperatura se prolongaram por um período maior do dia. Com isto a umidade relativa foi bem menor e por um período maior de tempo, com exceção da camada de 16 m que se manteve maior do que as camadas superiores. Porém vale ressaltar que o período chuvoso recebe atenuação de radiação solar incidente, e o baixio por ser uma área de cobertura aberta facilita a proliferação da vegetação, aumentando assim a umidade relativa.

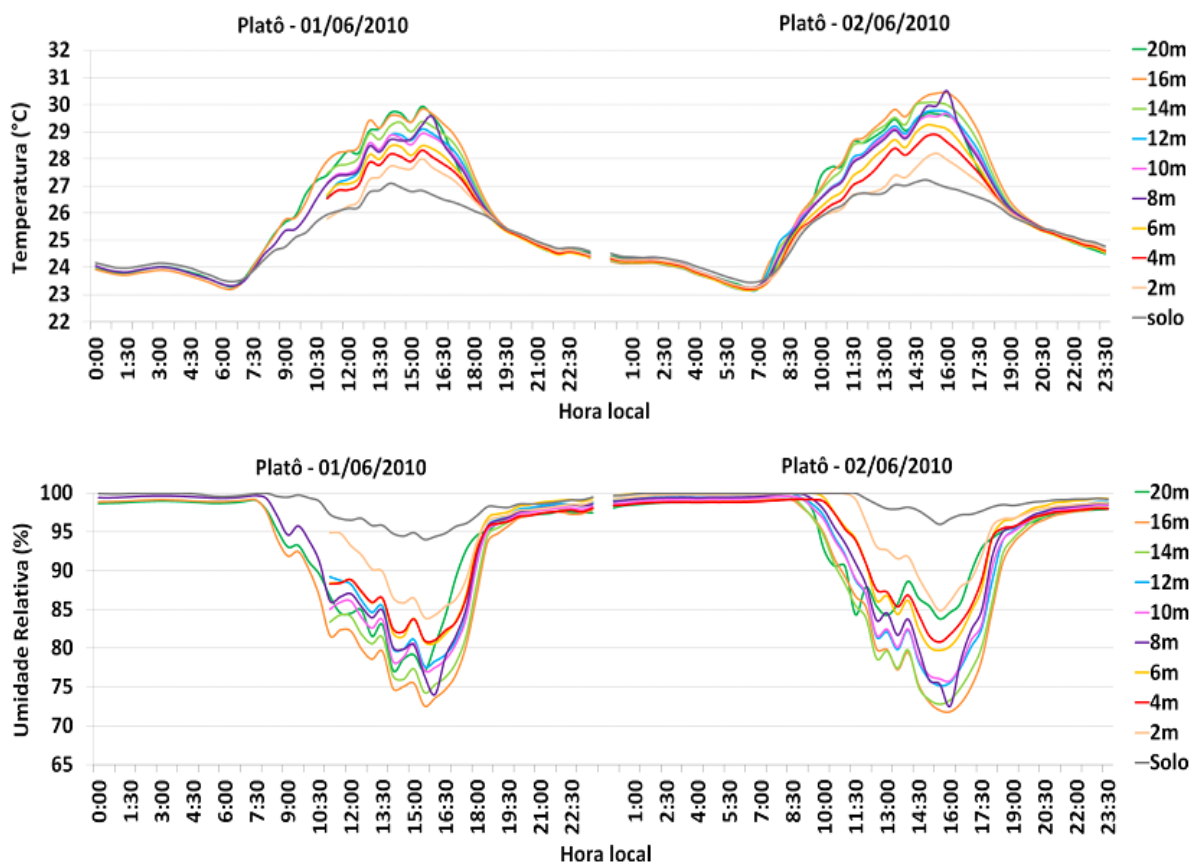
Figura 8 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%), para (baixio), na FLONA Caxiuanã (PA) para o dia 01 e 02 de junho de 2010.



Fonte: Autor 2013

Sendo assim os dias 01 e 02/06/2010, apresentaram a umidade relativa baixa, tendo sua temperatura máxima entre 14:30 e 15:30 (hora local), após esse horário a temperatura teve um decaimento, produzindo um aumento da umidade relativa, em todas as alturas de dossel. Os altos valores de temperatura se prolongaram por um período maior do dia. Com isto a umidade relativa foi bem menor e por um período maior de tempo, com exceção da camada de 16 m que se manteve maior do que as camadas superiores.

Figura 9 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%), para (platô), na FLONA Caxiuanã (PA) para os dias 01e 02 de junho de 2010.

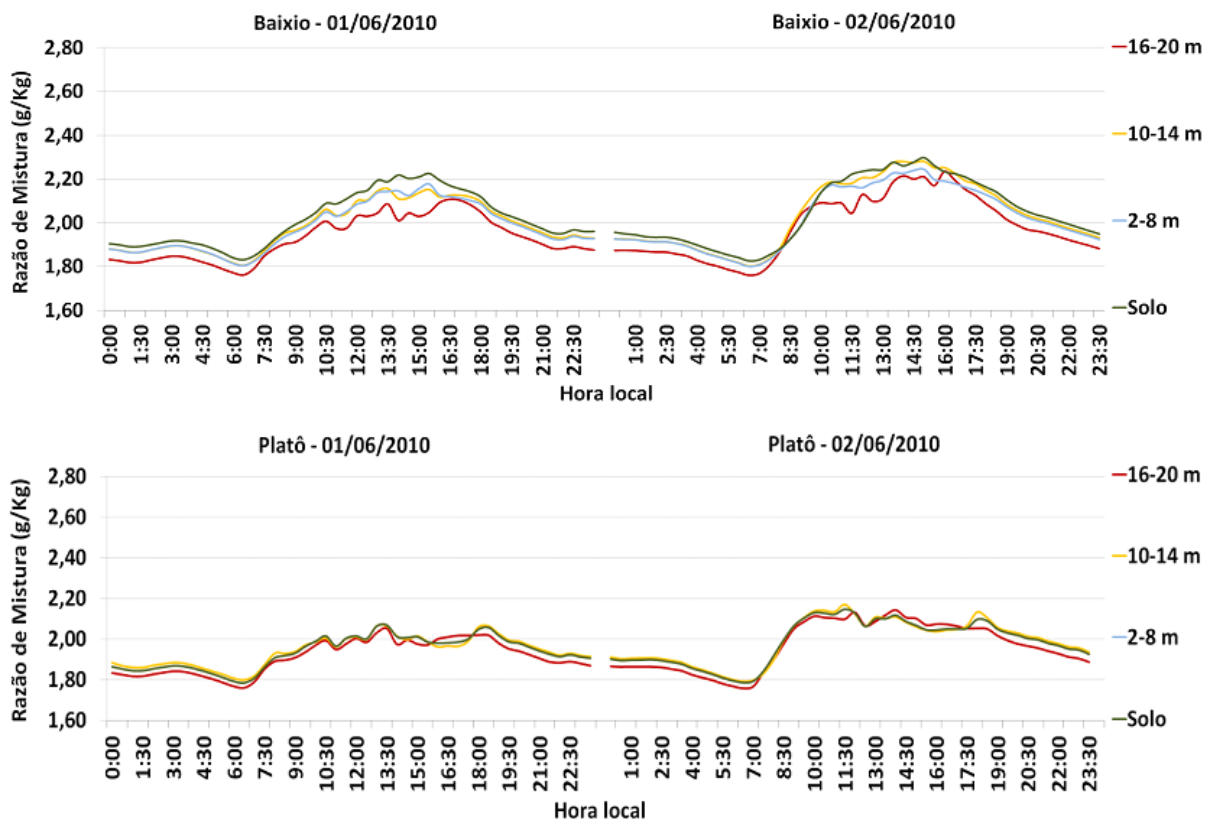


Fonte: Autor 2013

De um modo geral a figura (Figura 10) confirma as contribuições da presença de precipitação, que ao elevar a umidade do solo, contrasta o efeito da cobertura vegetal, e conseqüentemente aumenta o vapor d'água.

Nota-se que para os dias 01 e 02/06/2010, comparando o baixio e o platô a redução de umidade é mais lenta nas camadas próximas ao solo, principalmente no baixio onde a cobertura vegetal é mais presente, refletindo na retenção de umidade no solo.

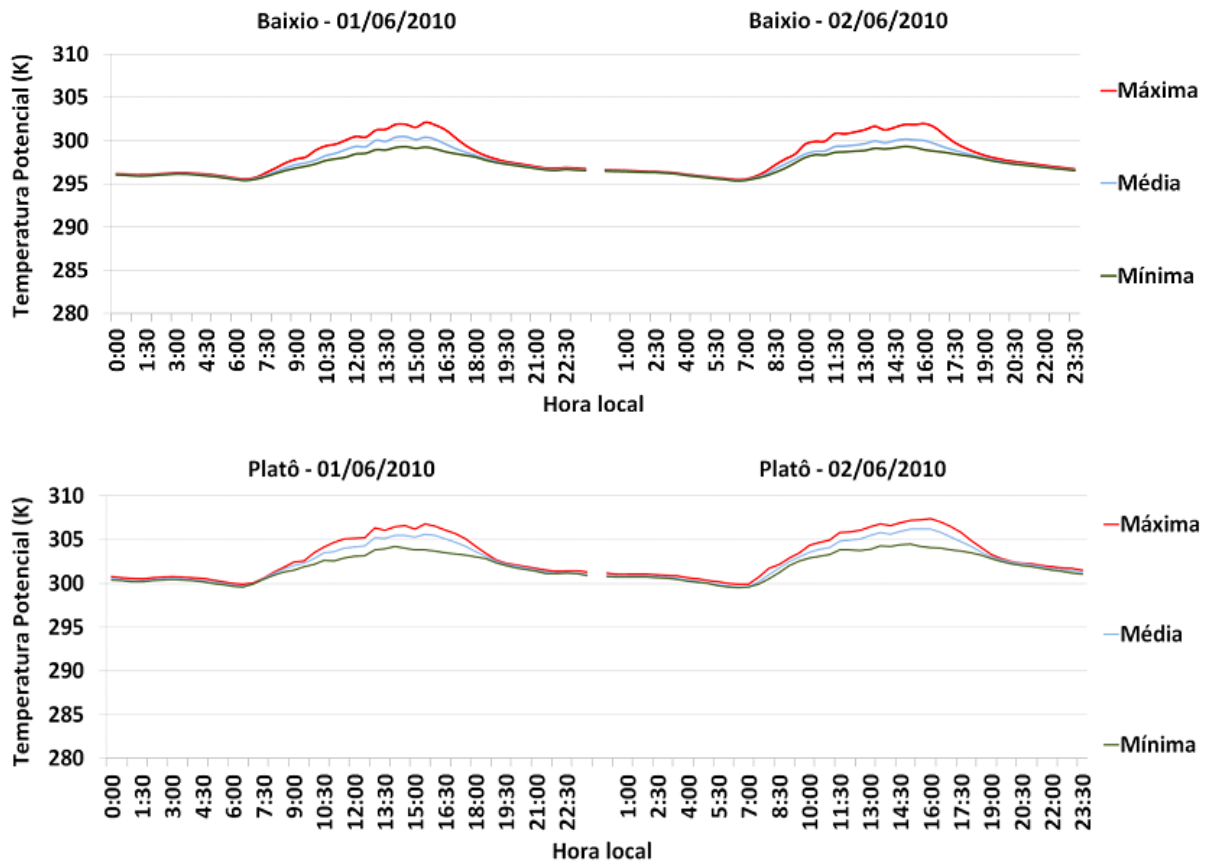
Figura 10 – Razão de mistura média (g/Kg) de diferentes camadas de ar dentro do dossel da FLONA de Caxiuanã (PA), no Baixio e no Platô para os dias 01 e 02 de junho de 2010.



Fonte: Autor 2013

É claramente perceptível que existem camadas de comportamento térmico distinto dentro do dossel da floresta, quando se compara o baixio com o platô. O baixio por ter uma maior abertura de dossel, perde mais rápido a energia para o meio, enquanto o platô por ser mais fechado retém a energia absorvida pela radiação solar (energia), daí o motivo da energia no platô ser maior entre as camadas.

Figura 11 – Temperatura potencial (K), do baixo e platô na FLONA de Caxiuanã (PA) para os dias 01 e 02 de junho de 2010.



Fonte: Autor 2013

5 CONCLUSÃO

A temperatura do ar aumenta com a elevação do dossel, sendo que os níveis da copa respondem mais rápidos aos eventos de chuva e os níveis próximos ao solo respondem ao evento de chuva mais prolongado.

Quando ocorre precipitação em um período menos chuvoso, ocorre o processo de inversão térmica onde a temperatura da copa de sol se torna menor que a temperatura da copa de sombra, isto acontece no período da tarde. Com a umidade relativa ocorre o inverso, já que a temperatura é inversamente proporcional.

Parece existir em alguns momentos um forte influencia da baía de Caxiuanã sobre a temperatura em todos os níveis de dossel estudados.

Durante as horas de radiação solar diária o dossel da floresta comporta-se como uma superfície conversora da radiação incidente em calor, onde a noite o dossel se resfria e passa a receber calor tanto do solo como do ar, acima do mesmo. Esse efeito é menos notável nas horas de dia claro no período chuvoso.

Ao comparar o baixio e platô no período chuvoso, observou-se que a diferença de cobertura vegetal reflete na retenção de umidade no solo.

Observa-se que tanto as variações diurnas e noturnas, como do pulso de radiação ou da influencia da Baía de Caxiuanã, produzem pouca alteração nas médias horárias de cada período. Isso não significa que não haja variações consideráveis das temperaturas e umidades relativas durante as horas de um determinado dia, e sim que, as médias sazonais mascaram essas variações diárias.

REFERÊNCIAS

- COSTA, A. C. L. Variações sazonais dos componentes do balanço de radiação e energia na reserva florestal de Caxiuanã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria – RS, Santa Maria: ABA, 2003.
- COSTA, M.H.; FOLEY, J.A. The water balance of the Amazon basin: Dependence on vegetation cover and canopy conductance, **Journal of Geophysical Research - Atmospheres**, n.102, 23973-23990. 1997.
- CUNNINGHAM, S.C; READ, J. Comparison of temperate and tropical rainforest tree species: photosynthetic responses to growth temperature. **Ecophysiology**, v. 133, p. 112–119. 2000.
- HENDERSON-SELLERS, A.; Possible climatic impacts of land cover transformations, with particular emphasis on tropical deforestation. **Climatic Change**. v. 6, p. 231-257. 1993.
- LISBOA, P.L.B.; FERRAZ, M.G. Estação Científica Ferreira Penna. Ciência e desenvolvimento sustentável na Amazônia. **Museu Paraense Emílio Goeldi**. Serie. 9, Belém, n.4, p. 23-33. 1999.
- MIRANDA SANTOS, R.; GAVINA, J. L.; THALES, M. Topografia do Sítio de Caxiuanã. I Seminário Científico do PPBio: Estratégias Científicas do Programa. 22 a 15 de maio de 2007, Belém, Pará. 2007.
- MORAES, J. C. et al. Estudos hidrometeorológicos na bacia do Ro Caxiuanã. In: LISBOA, P. L. B. (org). **Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental** Belém: CNPq/Museu Paraense Emílio Goeldi, 1997. p. 85-95.
- OLIVEIRA, L. L. D. et al. Net precipitation and interception in Caxiuanã, in the Eastern Amazonia. **Acta Amazônica**, v.38, n.4, p. 723 – 732. 2008.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, n.5, p. 1633-1644. 2007.
- RUIVO, M. L. P.; QUANZ, B.; SALES, M. E. C; MEIR, P. Solos dos sítios do experimento ESECAFLOR. In: LISBOA, P. L. B. (org.). **Caixuanã: populações tradicionais, meio físico & diversidade biológica**. Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, 2000. p.207-213.
- SOUZA, E. B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. Intraseasonal and submonthly variability over the eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theor. App. Climatol.**, v.81, p.177-191. 2005.
- Viana, J. S.; Almeida, S. S.; Conceição, C.; Ferreira, E.; Alves, N.E.; 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 Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. Belém. 2003.