



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANDRÉ BEZERRA OLIVEIRA

**ESTUDO DA VARIABILIDADE HORÁRIA E MENSAL DA TEMPERATURA E
UMIDADE DO SOLO NA ÁREA EXPERIMENTAL DO PROJETO ESECAFLOR
– CAXIUANÃ - LBA**

**GEOCIÊNCIAS
U F P A**

366

Belém – Pará

Setembro – 2015

ANDRÉ BEZERRA OLIVEIRA

**ESTUDO DA VARIABILIDADE HORÁRIA E MENSAL DA TEMPERATURA E
UMIDADE DO SOLO NA ÁREA EXPERIMENTAL DO PROJETO ESECAFLOR –
CAXIUANÃ - LBA**

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 a
obtenção de grau superior de Bacharel em
Meteorologia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos
Lôla da Costa

Belém

2015

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação(CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Oliveira, André Bezerra, 1993-

Estudo da variabilidade horária e mensal da temperatura e umidade do solo na área experimental do Projeto Esecaflor – Caxiuanã - LBA / André Bezerra Oliveira. – 2015.

39 f : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Antônio Carlos Lôla da Costa

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2015.

1. Medições de Temperatura. 2. Solos - Umidade. 3. Floresta Nacional de Caxiuanã (PA). I. Título.

CDD 22 ed. 536.50287

ANDRÉ BEZERRA OLIVEIRA

ESTUDO DA VARIABILIDADE HORÁRIA E MENSAL DA TEMPERATURA E
UMIDADE DO SOLO NA ÁREA EXPERIMENTAL DO PROJETO ESECAFLOR –
CAXIUANÃ - LBA

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 a obtenção de grau
superior de Bacharel em
Meteorologia.

Aprovado em: 31/08/2015

Conceito: EXC

Banca Examinadora:

Prof. Antônio Carlos Lôla da Costa – Orientador
Doutor em Engenharia Ambiental
Universidade Federal do Pará

Prof. João de Athaydes Silva Junior
Doutor em Ciências Socioambientais
Universidade Federal do Pará

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

À minha mãe Maria de Fátima
Bezerra Oliveira, meus irmãos
Cássio Bezerra Oliveira e Cíntia
Bezerra Oliveira, e a todos meus
familiares, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me encorajar e por estar ao meu lado em todos os momentos difíceis, sem Ele não teria alcançado essa vitória.

A minha mãe Maria de Fátima Bezerra Oliveira que batalhou e lutou para que eu tivesse sempre o melhor. Sou grato pela educação, carinho, confiança, dedicação e pela motivação. Te amo mãe.

Ao meu irmão Cássio Bezerra Oliveira, minha cunhada Marília Cabral e meu sobrinho João Cassiano Oliveira por acreditarem em mim e me ajudar em todos os momentos. Agradeço também a minha irmã Cíntia Bezerra Oliveira e meu cunhado Leonardo Gurgel que sempre me ajudaram e depositaram confiança em mim. Compartilho com todos vocês essa conquista alcançada.

Aos meus avós maternos Maria Bezerra e Francisco Freire e minha avó paterna Francisca Oliveira. Agradeço toda a confiança depositada em mim.

A meus tios Antônia Sá e Agnaldo Moia por ter ajudado nos momentos mais difíceis e por nos ter ajudado a superá-los. Serei eternamente grato a vocês por tudo.

Ao meu orientador Dr. Antonio Carlos Lôla da Costa pela dedicação, orientação e toda confiança depositada em mim.

A todos os professores da Faculdade de Meteorologia e aos colegas da turma de Meteorologia 2011 por ter contribuído no meu aprendizado. Sempre serei grato pelo conhecimento adquirido durante o curso.

A professora Dra Maria Aurora e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela oportunidade de ter começado a trabalhar como bolsista.

A Secretária Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) pela oportunidade em trabalhar como estagiário e poder ampliar meu conhecimento.

A Casa do Estudante Universitário do Pará (CEUP) por me acolher e ser a minha casa durante esses anos de estudo e batalha.

A Universidade Federal do Pará (UFPA), Instituto de Geociências (IG) e pela Faculdade de Meteorologia (FAMET).

A toda a minha família por acreditar que eu chegaria até o fim e por não duvidarem da minha capacidade. Agradeço vocês por tudo.

A todos meus amigos que contribuíram diretamente e indiretamente para a realização deste objetivo.

Em especial Kamila Souza, Jamilly Dias, Rodolfo Klautau, Romero Wanzeler, Thiago Souza, Douglas Pereira que me auxiliaram, sempre me motivaram e estiveram comigo em todos os momentos que precisei.

Agradeço a disponibilização dos dados do Projeto “Estudo da Seca da Floresta/Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia – ESECAFLOR/LBA”.

Aos membros da banca pelas contribuições e críticas construtivas. A todos, meu eterno agradecimento e carinho.

“Sonhos determinam o que você quer.
Ação determina o que você conquista.”

(Aldo Novak)

RESUMO

O Projeto ESECAFLOR induz artificialmente um período de estiagem prolongada e estuda as consequências sobre os fluxos de água e dióxido de carbono em uma Floresta Tropical Amazônica, avaliando os impactos provocados no ecossistema em resposta a esta exclusão de água no solo, fato parecido à influência de um evento de El Niño. O ESECAFLOR é desenvolvido na estação científica Ferreira Penna (ECFPn), administrada pelo Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã- FLONA, localizada no município de Melgaço (01° 42'30'' S; 51° 31' 45'' W; a 60 metros de altitude) . Este trabalho tem como objetivo estudar a variabilidade da temperatura e umidade do solo em áreas de floresta tropical chuvosa na Amazônia Brasileira, com diferentes conteúdos de água no solo. Os dados utilizados referem-se a um período de 3 anos (abril de 2011 – maio de 2013). Os resultados indicaram maior variabilidade da umidade do solo na parcela de controle (A), quando comparada à parcela de exclusão (B), em razão de essa última ter a disponibilidade hídrica reduzida artificialmente. Na parcela de exclusão (B), a umidade do solo se manteve praticamente constante durante o período estudado. Em relação à temperatura do solo, as variações foram pequenas em ambas as parcelas, porém com valores maiores na parcela de exclusão (B) em relação à parcela de controle (A), pois grande parte da energia que alcança a superfície é utilizada como calor sensível, para seu aquecimento, e, portanto com uma menor componente de calor latente. Com a exclusão de água no solo da floresta, todo o seu ciclo de vida poderá sofrer alterações irreversíveis.

Palavras-chave: Temperatura do solo. Umidade do solo. Caxiuanã.

ABSTRACT

The ESECAFLOR project artificially induces a period of prolonged drought and study the consequences of the water flows and carbon dioxide in a Tropical Forest Amazon, assessing the impacts on the ecosystem in response to this exclusion of water in the soil, indeed like the influence of an El Nino event (COSTA et al, 2003). The ESECAFLOR is developed in the scientific station Ferreira Penna (FPSS), administered by Paraense Emilio Goeldi Museum (MPEG), located in the National Forest Caxiuanã- National Forest, located in the municipality of Melgaço (01° 42'30" S, 51° 31'45" W; 60 meters). This work aims to study the variability of temperature and soil moisture in tropical rainforest areas in the Brazilian Amazon, with different water content in the soil. The data used refer to a period of three years (April 2011 - May 2013). The results showed greater variability of soil moisture in the parcel control (A) compared to the exclusion of part (B), due to the latter having reduced water availability artificially. The exclusion of part (B), soil moisture remained almost constant during the period studied. Regarding the soil temperature, the changes were small in both plots, but with higher values in the exclusion of part (B) with respect to the portion control (A), since much of the energy that reaches the surface is used as heat sensitive, for its heating, and therefore with a lower latent heat component. With the exclusion of water on the forest floor, throughout their life cycle could suffer irreversible changes.

Keywords: Soil temperature. Soil moisture. Caxiuanã.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Parcela A (controle) do projeto ESECAFLOR/LBA.....	22
Figura 2 - Parcela B (exclusão) do projeto ESECAFLOR/LBA.	23
Figura 3 - Localização ampliada no sentido horário da Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço/Pará – FLONA.	24
Figura 4 - Variabilidade média horária da temperatura do solo em 5 cm nas parcelas A e B.....	25
Figura 5 - Variabilidade média horária da temperatura do solo em 20 cm nas parcelas A e B.....	26
Figura 6 - Variabilidade média horária da temperatura do solo em 50 cm nas parcelas A e B.....	26
Figura 7 - Variabilidade média horária da umidade do solo na superfície nas parcelas A e B.....	28
Figura 8 - Variabilidade média horária da umidade do solo em 50 cm nas parcelas A e B.....	28
Figura 9 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em três níveis na parcela A.....	30
Figura 10 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em três níveis na parcela B.....	31
Figura 11 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em 5 cm nas parcelas A e B.....	31
Figura 12 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em 20 cm nas parcelas A e B.....	32
Figura 13 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em 50 cm nas parcelas A e B.....	32

Figura 14 - Variabilidade média mensal da umidade do solo em dois níveis na parcela A.	33
Figura 15 - Variabilidade média mensal da umidade do solo em dois níveis na parcela B.....	34
Figura 16 - Variabilidade média mensal da umidade do solo na superfície nas parcela A e B.....	35
Figura 17 - Variabilidade média mensal da umidade em 50 cm nas parcelas A e B.	35

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Máxima e mínima absoluta, média, desvio padrão e coeficiente de variação da temperatura do solo em três profundidades nas parcelas A e B.....27
- Tabela 2 - Máxima e mínima absoluta, média, desvio padrão e coeficiente de variação da umidade do solo na superfície e 50 cm de profundidades nas parcelas A e B..... 29

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FLONA - Floresta Nacional de Caxiuanã

Parcela A – Parcela Controle

Parcela B – Parcela Exclusão

ECFPn – Estação Científica Ferreira Penna

ESECAFLOR – Estudo da Seca da Floresta

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

MPEG – Museu Paraense Emilio Goeldi

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Grau Celsius

% - Por cento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
3 OBJETIVOS	21
3.1 Objetivo Geral	21
3.2 Objetivos Específicos	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Metodologia	22
4.2 Dados	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Variabilidade média horária da temperatura do solo	25
5.3 Variabilidade média mensal da temperatura do solo	29
5.4 Variabilidade média mensal da umidade do solo	33
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Silva et al. (2001, apud GASPARIM et al. 2005) as medições de temperatura do solo nas diversas profundidades são rotineiras em estações meteorológicas, mas poucos são os estudos que tem se beneficiado de tais observações. A Floresta Amazônica apresenta elevadas temperaturas e grandes quantidades de precipitações anuais, embora ocorram variações desses parâmetros no decorrer do ano. Segundo (COSTA, 2003) a precipitação define-se em duas épocas distintas para a região ao longo do ano, uma estação chuvosa, compreendida entre os meses de dezembro a maio, e outra menos chuvosa, que corresponde os meses de junho a novembro. Estas condições estão diretamente associadas à intensa radiação solar na região tropical, além da influencia direta da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a qual é o principal sistema meteorológico responsável pelo regime de chuvas na região amazônica (HOREL et al., 1989). Segundo Vianello (1991), algumas variáveis meteorológicas como a precipitação, umidade e a temperatura do solo apresentam extrema importância no comportamento da vegetação, e conseqüentemente, inclusive em área de floresta, de acordo com Souza et al (2006), influenciando decisivamente no conteúdo de água disponível no solo.

O solo é a principal fonte de armazenamento e troca de energia térmica da Terra, sua interação com a atmosfera é de suma importância para a vida no planeta, já que armazena calor e aquece o ar adjacente. (VIANA, 2010)

Segundo Varejão e Silva (2006) a superfície do solo se aquece principalmente por absorção de energia solar. Quer durante o dia, quer à noite, ocorrem trocas de calor entre a superfície do solo e a atmosfera, tanto por condução quanto por irradiação. A temperatura do solo, tanto à superfície como em qualquer nível mais abaixo, pode variar no espaço e com o tempo. Uma vez que o fluxo de calor é condicionado principalmente pela absorção de energia solar à superfície, a oscilação da temperatura do solo apresenta um ciclo diário e outro anual, que, embora com certa defasagem, acompanham os respectivos movimentos aparentes do Sol.

Essas defasagens se explicam porque o fluxo de calor no interior do solo é relativamente lento. Assim, o instante em que se verifica a temperatura máxima do solo a uma dada profundidade, acontece algum tempo depois do momento em que se

verificou a temperatura máxima do ar naquele dia. A defasagem é tanto maior quanto mais profunda a camada que se considere (Geiger, 1980). Com isso, quando verificamos a temperatura mínima do dia, nota-se a mesma relação.

Segundo Kaiser et al. (2002), a temperatura do solo é uma variável meteorológica que determina os níveis de evaporação e aeração, devido a isso, a dinâmica da temperatura do solo é fundamental no desenvolvimento ecológico, pois sua variação interfere diretamente na germinação e no crescimento das plantas, assim como na sua absorção de água e nutrientes.

Os perfis de temperatura e umidade dos solos dependem entre outros fatores, das características físicas dos mesmos e das trocas de calor e vapor de água com a atmosfera. Essas trocas, por sua vez, dependem do clima e da cobertura vegetal local. Os padrões térmicos e hídricos do solo, naturalmente apresentam variações devido ao pulso diário do fluxo de radiação solar incidente na superfície, dos eventos de precipitação pluviométrica e das variações sazonais e anuais dessas variáveis meteorológicas. Os balanços de energia e água nas interfaces do solo, vegetação e atmosfera na Amazônia, têm sido estudados com vistas à avaliação de impactos de desmatamento, modelamento do tempo e/ou do clima regional e global, bem como a aplicações na agricultura, avaliação de recursos hídricos e outros.

Este trabalho tem como objetivo estudar a variabilidade horária e mensal da temperatura e umidade do solo no sítio experimental do projeto Estudo da Seca da Floresta (ESECAFLOR), desenvolvido na Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço, Pará.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As florestas tropicais contem uma grande proporção da biodiversidade e biomassa mundial. Elas também são muito sensíveis ao clima, com altas taxas de produtividade a nível mundial, representando com as savanas tropicais, mais de 50% da produtividade primária bruta global. Assim, qualquer perturbação que leva a alterações substanciais para os ciclos de carbono e água da floresta tropical é susceptível de ter consequências importantes a nível mundial para a troca de massa e energia entre a superfície terrestre e a atmosfera. O provável aumento na ocorrência e gravidade dos extremos climáticos foi recentemente apontado como uma causa provável da mudança substancial nos processos do ecossistema deste século (REICHSTEIN et al., 2013). Uma perturbação fundamental é a seca. Compreender o impacto da seca sobre os ecossistemas florestais da Amazônia é muito importante para a gestão do futuro ambiental da região (DAVIDSON et al., 2012).

A floresta Amazônica apresenta elevadas temperaturas e precipitações anuais, embora ocorram grandes variações anuais. 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).

Os perfis de temperatura e umidade dos solos dependem entre outros fatores, das características físicas dos mesmos e das trocas de calor e vapor de água com a atmosfera. Essas trocas por sua vez dependem do clima e da cobertura vegetal local. Os comportamentos térmicos e hídricos do solo, naturalmente apresentam variações devido ao pulso diário do fluxo de radiação solar incidente na superfície, dos eventos de precipitação pluviométrica e das variações sazonais e anuais dessas variáveis meteorológicas. Os balanços de energia e água nas interfaces do solo, vegetação e atmosfera na Amazônia, têm sido estudados com vistas à avaliação de impactos de desmatamento, modelamento do tempo e/ou do clima regional e global, bem como a aplicações na agricultura, avaliação de recursos hídricos e outros. (SOUZA, 2002)

As propriedades térmicas do solo são resultantes de um conjunto de fatores nos quais se incluem a sua textura e composição química. No entanto, as observações regulares de sua temperatura em diferentes profundidades possibilitam identificar-se o

seu comportamento térmico e o conhecimento de importantes propriedades, tais como difusividade e a condutividade térmica (RAMANA RAO et. al., 2005)

A variação diária da temperatura do solo depende do tipo de cobertura presente à superfície, já que esta interfere no suprimento de energia oriunda do Sol. Para um dado tipo de solo, a amplitude térmica diária, a uma determinada profundidade, é maior quando inexistente vegetação. A presença de plantas, ou a proteção da superfície com algum tipo de cobertura morta (mulching), contribui para reduzir a amplitude térmica diária do solo. (VIANELLO; SANDANIELO, 1984).

As temperaturas do ar e do solo apresentam um papel fundamental no comportamento da vegetação, embora a do solo possa diferir consideravelmente da temperatura do ar, principalmente quando submetidas a condições adversas de tempo (VIANELLO, 1991). Estas temperaturas são essenciais para a caracterização do microclima no interior das florestas, tornando-se de grande importância o seu conhecimento para melhor entendimento dos fenômenos relacionados à troca de energia na floresta (OLIVEIRA, 2003).

A temperatura varia de horizonte para horizonte e flutua com a hora, flutuação esta que pode ser pequena abaixo da superfície e bastante ampla quando superficial, dependendo do meio ambiente (VIEIRA, 1975).

Segundo Kaiser et al. (2002), a dinâmica da temperatura do solo é fundamental no desenvolvimento da agricultura, pois sua variação interfere diretamente na germinação e no crescimento das plantas, assim como na sua absorção de água e nutrientes. Para Gasparim et al. (2005), é a partir da quantidade de radiação solar absorvida e perdida que a superfície do solo se aquece e se resfria no decorrer do dia, provocando variações térmicas nas diferentes camadas superficiais. Para Mota (1989), a temperatura do solo tem grande influência nas condições da camada de ar junto a ele, pois sua superfície absorve e emite radiação, evapora e condensa a água, afetando na circulação do ar nesse nível.

A energia radiante que atinge a superfície terrestre será destinada a alguns processos físicos principais e dentre esses, um está relacionado ao aquecimento do ar (convecção) e outro ao aquecimento do solo (condução), portanto, responsáveis pelas variações de temperatura nestes meios (PERREIRA et. al., 2002).

A variação temporal e espacial da temperatura de um solo depende de sua condutividade térmica, e de seu calor específico, e de sua emissividade (poder emissor da superfície), os quais irão depender de sua textura, densidade e umidade. Solos barrentos e argilosos têm a maior condutividade térmica, conduzindo calor a maiores profundidades, resultando em menor amplitude térmica em camadas superiores (COELHO, 2005).

As variações das temperaturas do ar e do solo são fundamentais 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 (OLIVEIRA, 2002).

Nos processos de interação solo-atmosfera, os perfis de temperatura e umidade do solo dependem entre outros fatores, das características físicas dos mesmos e das trocas de calor e vapor d'água com a atmosfera, que por sua vez dependem do clima e da cobertura vegetal local. O estudo e monitoramento da temperatura e umidade do solo possuem relevância nos estudos agrometeorológicos, através da disponibilidade hídrica para culturas, e também tem igual importância para estudos micrometeorológicos e ambientais em geral (COSTA, 2004).

A umidade do solo é um elemento importante, pois regula as atividades dos organismos e limita a distribuição dos mesmos dentro de um ecossistema (ODUM, 1988).

Em escala global, sua importância está relacionada com sistema solo-água-planta-atmosfera. (LIBARDI, 2004). A umidade nas camadas do solo apresenta variabilidade espacial e temporal importante, sendo estas variações funções de diferentes tipos de solo e de suas características físico-hídricas (BUSKE, 2013).

De acordo com Timm et al. (2006), a umidade influencia importantes processos no solo e na planta tais como: movimento de água, compactação do solo, aeração do solo e desenvolvimento radicular

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade da temperatura e umidade do solo em duas áreas distintas de uma floresta tropical chuvosa para avaliar a resposta destes parâmetros com relação a uma simulação de déficit hídrico prolongado.

3.2 Objetivos Específicos

Estudar a variabilidade média horária e mensal da temperatura e umidade do solo em duas parcelas de floresta tropical com diferentes conteúdos de água no solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Metodologia

A estrutura física do ESECAFLORE se constitui de duas parcelas de 01 hectare, controle e exclusão, localizadas a cerca de 1 km de distância da base Estação Científica Ferreira Penna (ECFPn). A parcela controle (Figura 01) foi usada como referência para os experimentos realizados na parcela exclusão (Figura 02), na qual se fez a eliminação de aproximadamente 50% da água da chuva.

Figura 1 - Parcela A (controle) do projeto ESECAFLORE/LBA.



Fonte: Oliveira (2014) Acervo ESECAFLORE/LBA.

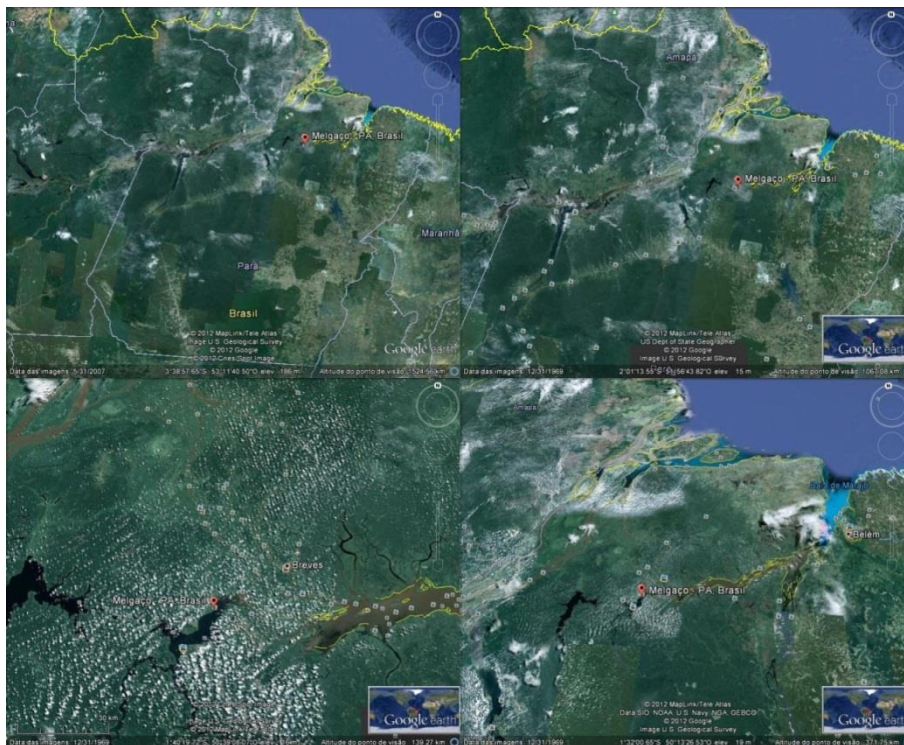
Figura 2 - Parcela B (exclusão) do projeto ESECAFLOR/LBA.



Fonte: Oliveira (2014) Acervo ESECAFLOR/LBA.

Os dados de temperatura e umidade do solo utilizados neste trabalho foram obtidos através do projeto ESECAFLOR (Estudo da Seca da Floresta) parte integrante do “Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (LBA)”. O projeto ESECAFLOR é desenvolvido na estação científica Ferreira Penna (ECFPn), localizada na Floresta Nacional de Caxiuanã- FLONA, município de Melgaço ($01^{\circ} 42'30''$ S; $51^{\circ} 31' 45''$ W; a 60 metros de altitude) Mesorregião do Marajó no Estado do Pará, como mostra a Figura 03, estando distante cerca de 400 km a oeste da capital paraense, Belém/PA (COSTA et al., 2003).

Figura 3 - Localização ampliada no sentido horário da Floresta Nacional de Caxiuanã, Melgaço/Pará – FLONA.



Fonte: Google Earth (2015).

4.2 Dados

Os dados de temperatura do solo foram obtidos por 03 (três) sensores de temperatura do solo (108 Temperature Probe), instalados em dois poços medindo 0,8m x 1,8m x 5m, enquanto que para a umidade do solo foram utilizados 05 (cinco) sensores CS 616, de medidas de umidade do solo (Reflectômetro de Domínio Temporal), localizados próximos às torres nas parcelas de controle e exclusão do projeto ESECAFLOR/LBA. As profundidades utilizadas em relação à umidade do solo foram: superfície e 50 cm. Em relação à temperatura do solo, as profundidades foram: 5 cm, 20 cm e 50 cm, respectivamente. Utilizaram-se datalogger da Campbell Scientific, modelo CR1000 alimentado com energia fotovoltaica e programado para coletar e armazenar as informações a intervalos horários. O período de estudo refere-se ao intervalo compreendido 01 de abril de 2011 a 31 de maio de 2013. Estes dados horários foram organizados e analisados em planilha eletrônica Excel.

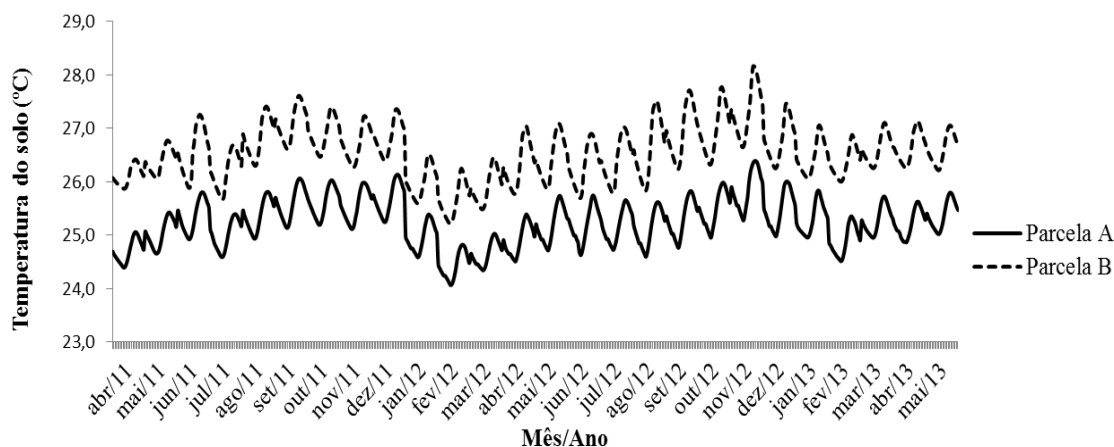
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variabilidade média horária da temperatura do solo.

De acordo com os dados obtidos no período de 2011 a 2013 foram feitas as análises da temperatura e umidade do solo e gerados os gráficos seguintes. As variações médias horárias da temperatura do solo nas profundidades de 5 cm, 20 cm e 50 cm abaixo do solo na parcela controle (A) e exclusão (B), são apresentados nas figuras 4, 5 e 6 respectivamente. A variação térmica característica do solo, que é determinado pelo aquecimento que ocorre na superfície, pela radiação solar e conseqüentemente, pelo transporte de calor sensível ao interior do solo através do processo de condução. Durante o dia a superfície se aquece, gerando um fluxo de calor da superfície para o interior do solo, aumentando o armazenamento de energia e elevando a sua temperatura. À noite, quando a superfície se resfria, as temperaturas nas camadas mais próximas a superfície diminuem, e o fluxo de calor se inverte, fazendo com que seja devolvida a energia transportada para o interior do solo.

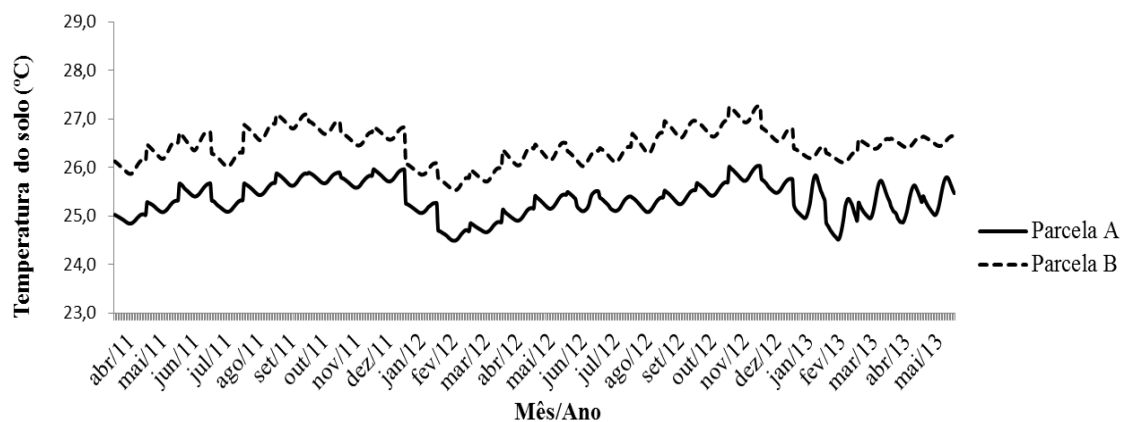
De uma maneira geral, as maiores amplitudes térmicas ocorreram próximas a superfície, decrescendo à medida que aumenta a profundidade. Este fato está relacionado com o transporte de energia para o interior do solo.

Figura 4 - Variabilidade média horária da temperatura do solo em 5 cm nas parcelas A e B.



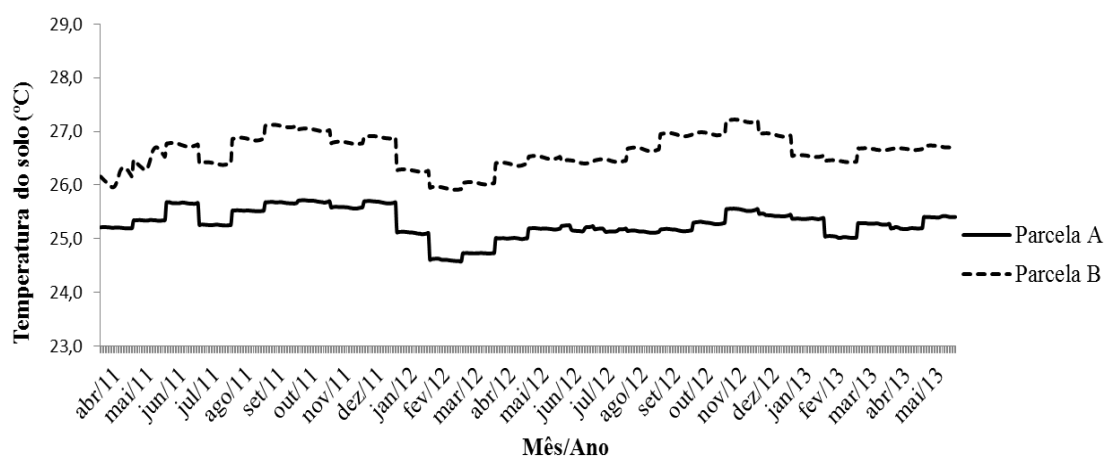
Fonte: Do autor

Figura 5 - Variabilidade média horária da temperatura do solo em 20 cm nas parcelas A e B



Fonte: Do autor

Figura 6 - Variabilidade média horária da temperatura do solo em 50 cm nas parcelas A e B.



Fonte: Do autor

Observa-se pela tabela 1 que a parcela B apresentou as maiores valores estatísticos de temperatura do solo durante todo o período estudado em relação à parcela A, isto ocorre devido a parcela B ter uma variação maior, pelo motivo dessa parcela utilizar toda energia para aquecimento e a umidade ser muito baixa devido à exclusão da precipitação. Vale ressaltar que os máximos absolutos de temperatura do solo ocorreram

na estação menos chuvosa (outubro e novembro) e os mínimos absolutos ocorreram na estação chuvosa (fevereiro).

Tabela 1 - Máxima e mínima absoluta, média, desvio padrão e coeficiente de variação da temperatura do solo em três profundidades nas parcelas A e B.

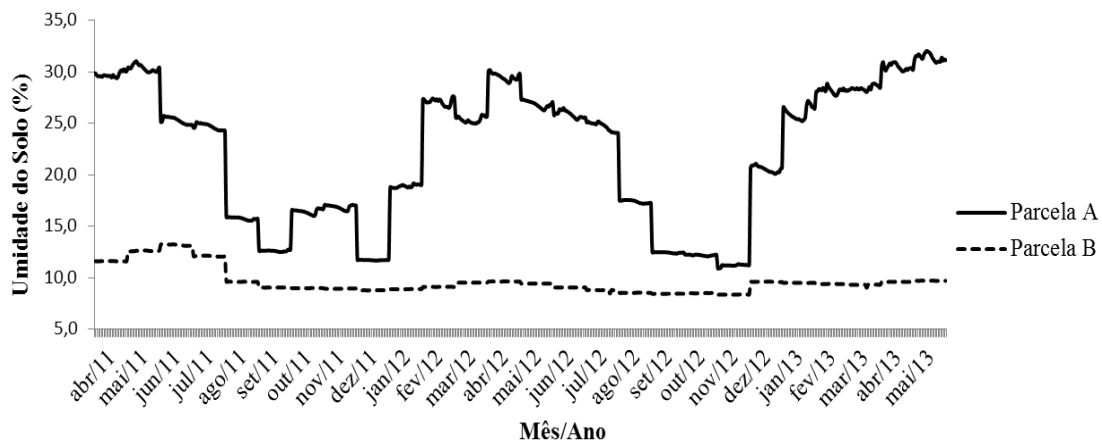
	Profundidade 5 cm		Profundidade 20 cm		Profundidade 50 cm	
	Parcela A	Parcela B	Parcela A	Parcela B	Parcela A	Parcela B
Máxima Absoluta	26,3°C	28,1°C	26,0°C	27,2°C	25,7°C	27,2°C
Mínima Absoluta	24,0°C	25,2°C	24,4°C	25,5°C	24,5°C	25,9°C
Média	25,2°C	26,5°C	25,3°C	26,4°C	25,3°C	26,6°C
Desvio Padrão	0,5°C	0,5°C	0,4°C	0,4°C	0,3°C	0,3°C
Coeficiente de Variação	2%	2%	1%	1%	1%	1%

Fonte: Do autor

5.2 Variabilidade média horária da umidade do solo.

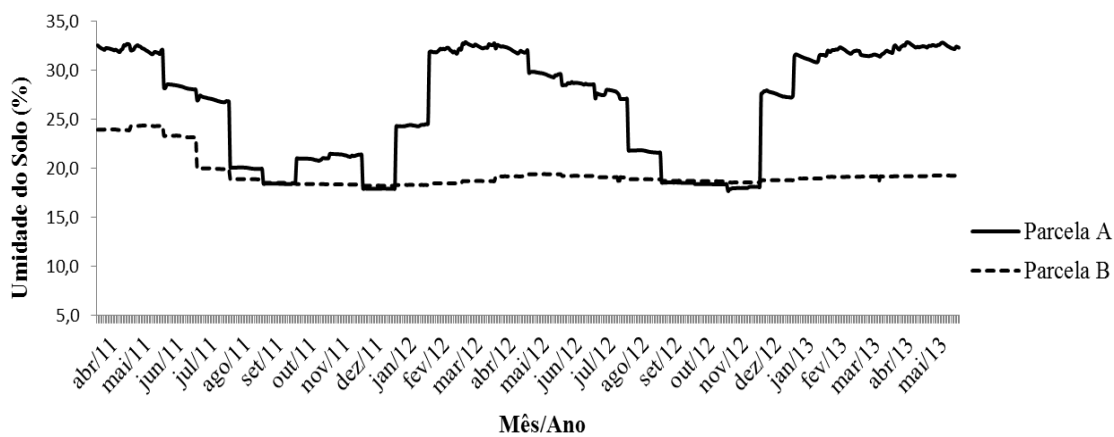
Nas figuras 7 e 8 são apresentadas as variações médias horárias da umidade do solo em superfície e 50 cm nas parcelas A e B, respectivamente. Observou-se que na superfície, a parcela A apresentou os maiores valores médios horários de umidade do solo, durante todo o período estudado, quando comparado com a parcela B. Na parcela A foi bem caracterizada a sazonalidade, sendo as maiores e menores umidades do solo observados nos meses de fevereiro e novembro, respectivamente. Para a parcela B, em função da mesma se encontrar em estresse hídrico, essa sazonalidade foi bastante reduzida, evidenciando a eficiência da exclusão da água da chuva no solo do projeto ESECAFLOR/LBA. Para a profundidade de 50 cm houve maior variabilidade na parcela A, já na parcela B a variabilidade apresentou um padrão quase constante, em todo o período estudado. Este padrão reflete novamente a influência da estrutura de exclusão da água no solo do projeto ESECAFLOR / LBA.

Figura 7 - Variabilidade média horária da umidade do solo na superfície nas parcelas A e B.



Fonte: Do autor

Figura 8 - Variabilidade média horária da umidade do solo em 50 cm nas parcelas A e B.



Fonte: Do autor

Na tabela 2 observou-se que os maiores valores estatísticos de umidade do solo foram encontrados na parcela A. A parcela B apresentou os menores valores, com isso esse padrão na parcela A de diminuição e aumento da umidade do solo deve-se ao período menos chuvoso e ao período chuvoso, respectivamente, e o fato da umidade do solo ser sempre maior na parcela A, é devido essa parcela está sob condições normais de tempo, principalmente de precipitação. Na parcela B o padrão constante deve-se ao fato dessa parcela encontra-se em estresse hídrico.

Tabela 2 - Máxima e mínima absoluta, média, desvio padrão e coeficiente de variação da umidade do solo na superfície e 50 cm de profundidades nas parcelas A e B.

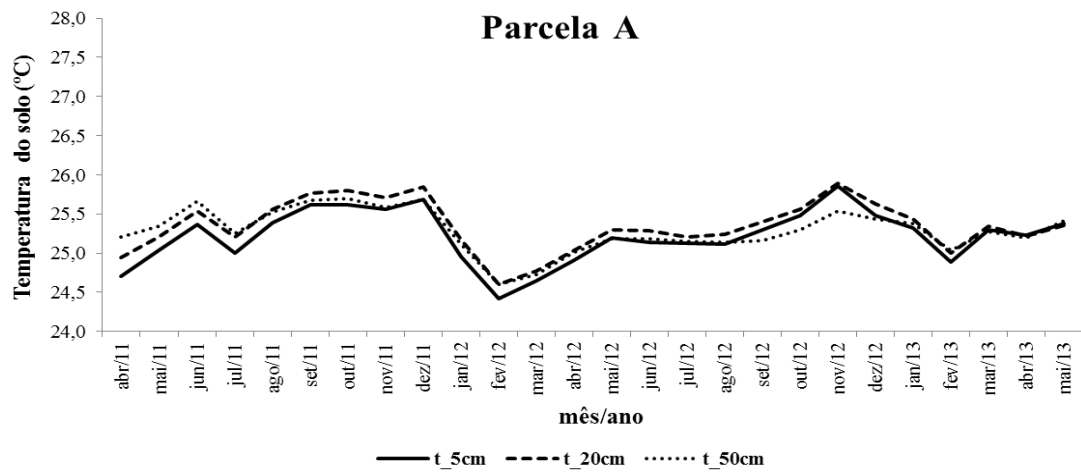
	Superfície		Profundidade 50 cm	
	Parcela A	Parcela B	Parcela A	Parcela B
Máxima Absoluta	32%	13%	33%	24%
Mínima Absoluta	11%	8%	18%	18%
Média	22%	10%	26%	19%
Desvio Padrão	7%	2%	6%	2%
Coeficiente de Variação	30%	13%	21%	8%

Fonte: Do autor

5.3 Variabilidade média mensal da temperatura do solo

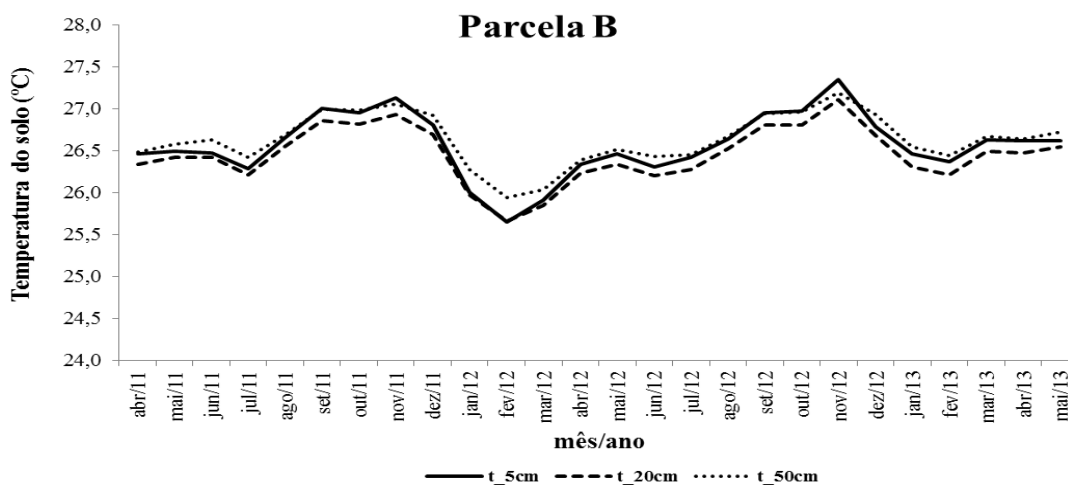
Nas figuras 9 e 10 temos a variabilidade média mensal de temperatura do solo em três níveis, respectivamente, onde se percebeu que nos três níveis há uma diminuição da temperatura do solo, em torno de 24,6°C nos meses de dezembro de 2011 a fevereiro do ano seguinte para a parcela A. Isso se deve ao início do período chuvoso para a região amazônica, porém no período menos chuvoso a temperatura volta a crescer, com valor médio de 25,3° C. Na parcela B a variação é maior, com um valor médio de 26,6°C, pelo motivo dessa parcela utilizar toda energia para aquecimento e pelo fato da umidade ser muito baixa, devido à exclusão da precipitação.

Figura 9 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em três níveis na parcela A.



Fonte: Do autor

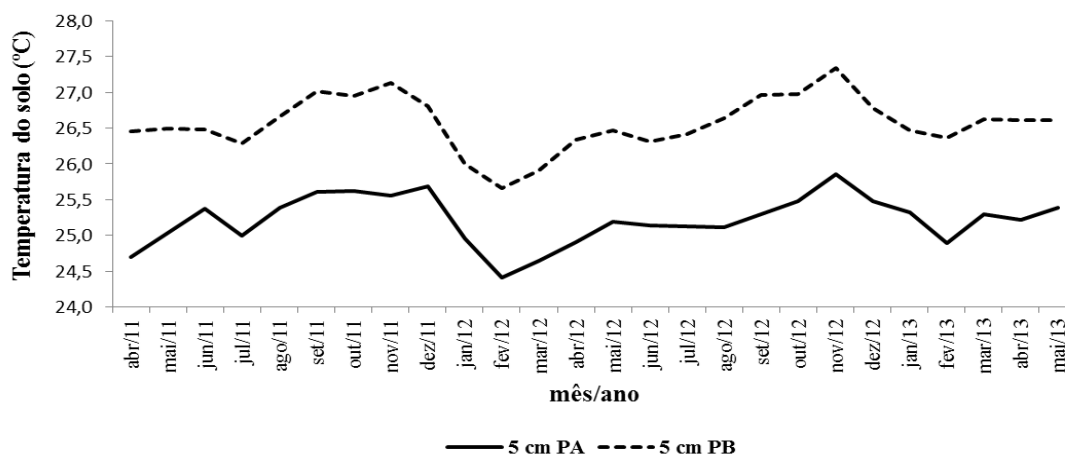
Figura 10 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em três níveis na parcela B.



Fonte: Do autor

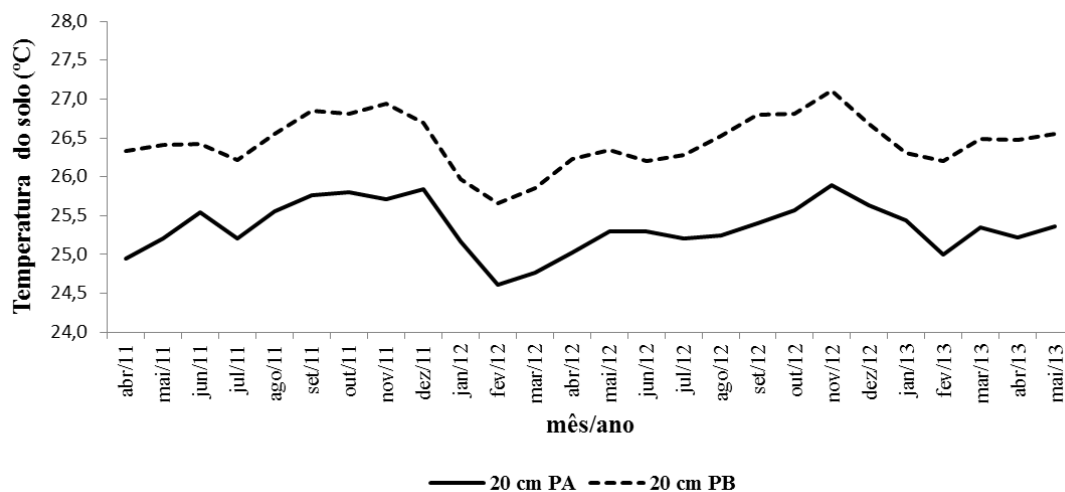
Nas figuras 11, 12 e 13, têm-se a variabilidade média mensal de temperatura do solo comparando as parcelas A e B nos níveis 5, 20 e 50 cm, respectivamente. Observou-se que a variação da temperatura do solo nos níveis de 5, 20 e 50 cm nas parcelas A e B têm praticamente o mesmo padrão, apresentando valor médio de 25,3° C (A) e 26,6° C (B), porém a temperatura nos três níveis na parcela B é sempre maior, devido essa parcela encontrar-se em estresse hídrico. Com a redução da umidade, a temperatura do solo aumenta, pelo fato de toda energia que chega nessa parcela ser utilizada para aquecimento.

Figura 11 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em 5 cm nas parcelas A e B.



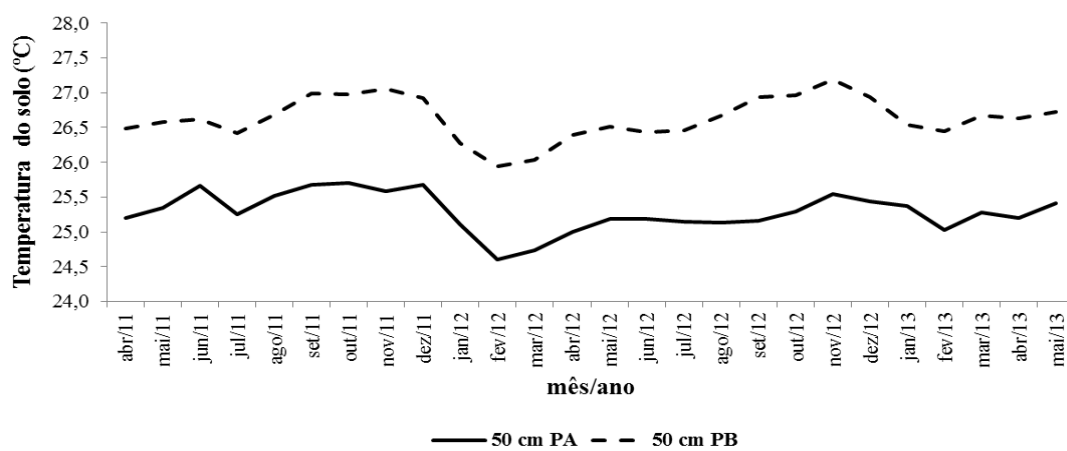
Fonte: Do autor

Figura 12 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em 20 cm nas parcelas A e B.



Fonte: Do autor

Figura 13 - Variabilidade média mensal da temperatura do solo em 50 cm nas parcelas A e B.



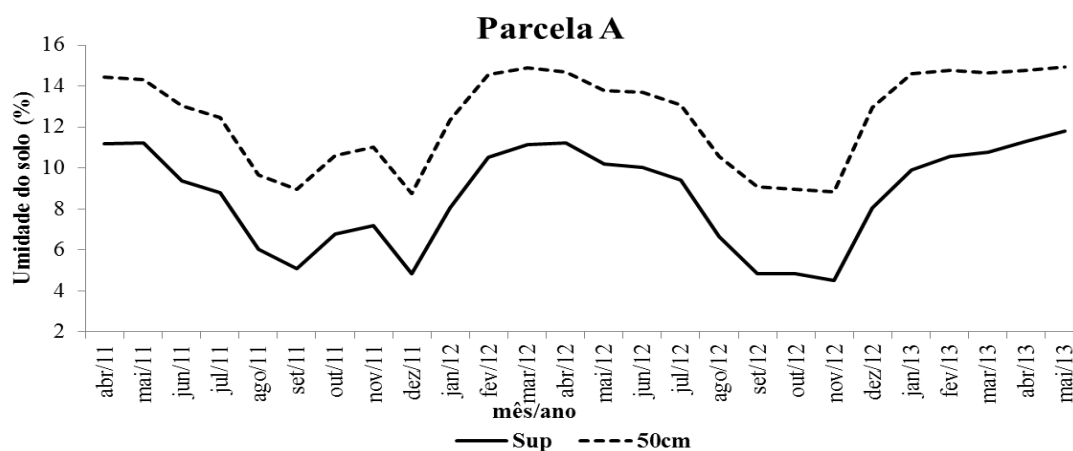
Fonte: Do autor

5.4 Variabilidade média mensal da umidade do solo

Nas figuras 14 e 15 temos a variabilidade média mensal da umidade do solo em dois níveis, superfície e 50 cm na parcela A e B, respectivamente. Observou-se que na parcela A os dois apresentam padrão de variação mensal semelhante, apresentando um mínimo em torno de 4,5%, no mês de novembro de 2012 e um máximo em torno de 14,9% no mês de março de 2012. Os valores máximos e mínimos ocorreram no período seco e chuvoso, respectivamente, para a região.

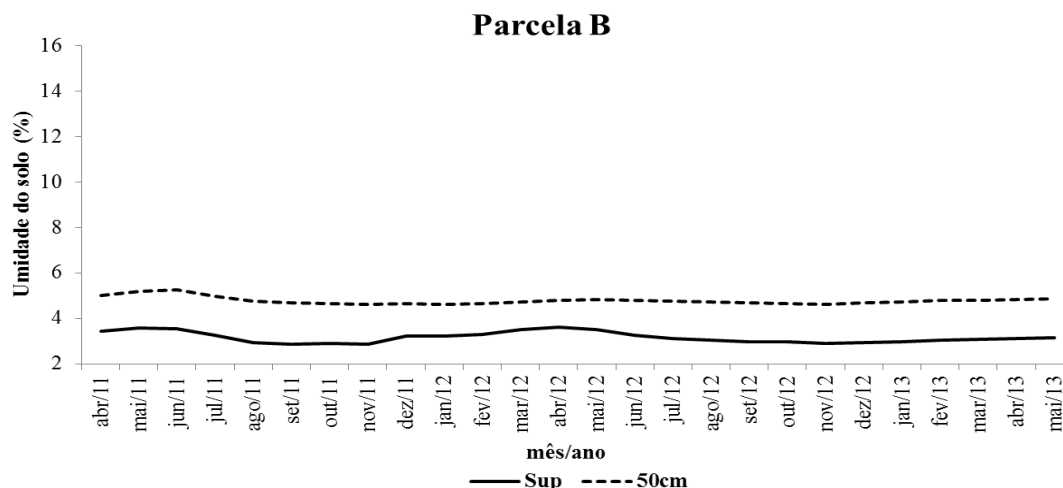
Já para a parcela B, a variação mensal é praticamente constante nos dois níveis, para os meses de julho de 2012 a maio de 2013, com valor médio de 4%, apresentando algumas variações nos meses de abril de 2011 a junho de 2012. Essa variação é quase constante devido à parcela B se encontrar em estresse hídrico, já que em torno de 50% da precipitação pluviométrica é excluída através do projeto ESECAFLOR/LBA.

Figura 14 - Variabilidade média mensal da umidade do solo em dois níveis na parcela A.



Fonte: Do autor

Figura 15 - Variabilidade média mensal da umidade do solo em dois níveis na parcela B.



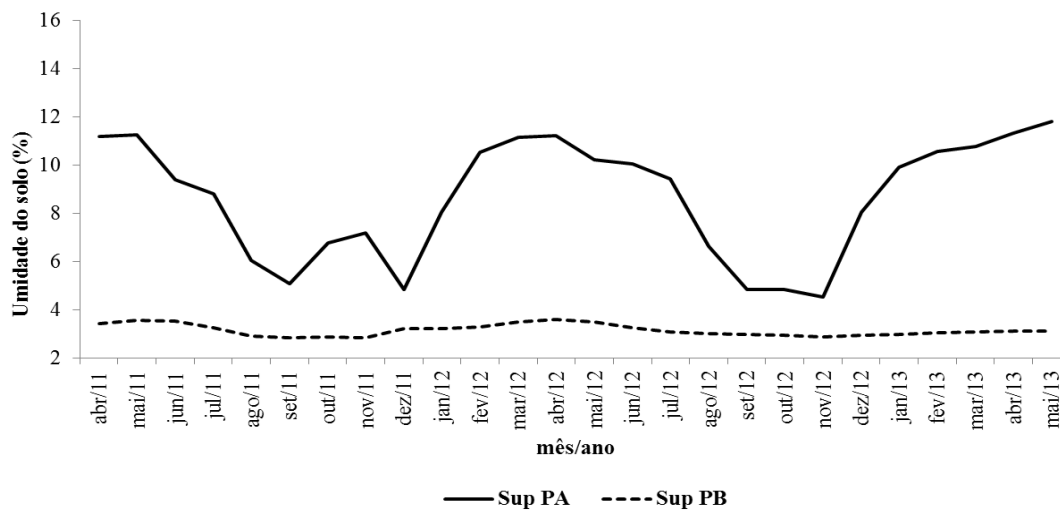
Fonte: Do autor

Nas figuras 16 e 17 temos a variabilidade média mensal da umidade do solo em dois níveis, superfície e 50 cm, nas quais podemos observar um padrão semelhante na variação mensal, tanto na parcela A quanto na parcela B, para as duas profundidades. A umidade do solo na parcela A apresenta uma diminuição nos meses de abril a setembro de 2011, em torno de 5% para superfície e 9% para a profundidade de 50 cm e um período onde temos aumento da umidade nos meses de dezembro a abril de 2012, em torno de 15% para a profundidade 50 cm e para a superfície o aumento da umidade dá-se nos meses de janeiro a abril de 2012, em torno de 11%.

Esse padrão ocorre nos dois níveis, sendo que a umidade na parcela A sempre esteve maior ao da parcela B, sendo que esta última apresentou padrão constante em torno de 5% para a profundidade de 50 cm e 3% para a superfície.

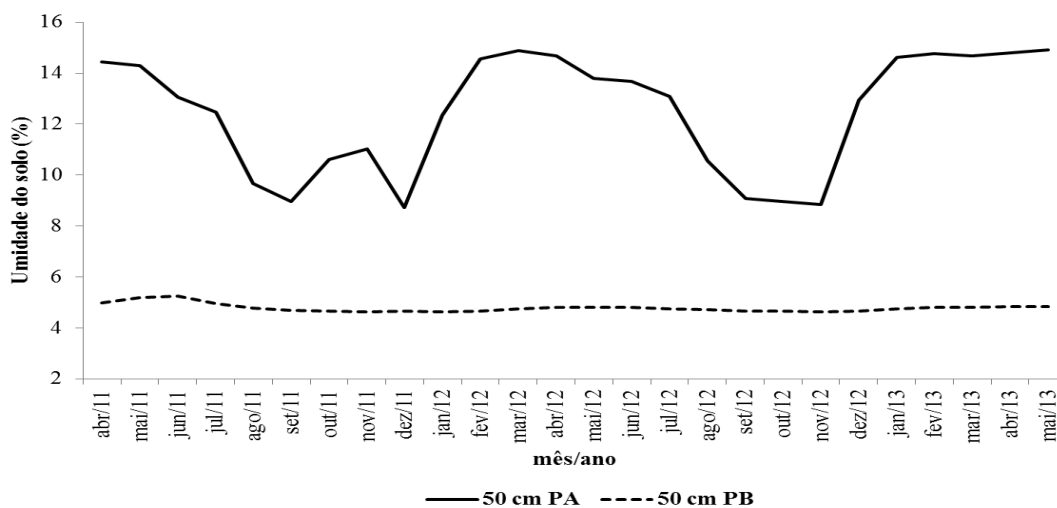
Esse padrão na parcela A de diminuição e aumento da umidade do solo deve-se ao período menos chuvoso e ao período chuvoso, respectivamente, e o fato da umidade do solo ser sempre maior na parcela A é devido essa parcela está sob condições normais de tempo, principalmente de precipitação. Na parcela B, o comportamento constante deve-se ao fato dessa parcela está sobre estresse hídrico.

Figura 16 - Variabilidade média mensal da umidade do solo na superfície nas parcela A e B.



Fonte: Do autor

Figura 17 - Variabilidade média mensal da umidade em 50 cm nas parcelas A e B.



Fonte: Do autor

6 CONCLUSÃO

- A temperatura do solo é transferida através do processo de condução, com isso nas primeiras horas de incidência solar os níveis do solo mais próximo da superfície se aquecem com mais facilidade e com isso as temperaturas no nível de 5 cm são maiores que no nível de 20 cm e que são maiores para o nível de 50 cm
- A umidade do solo na parcela A apresentou maior variação quando comparada a parcela B, em razão dessa parcela está sob condições normais de tempo, principalmente pela precipitação. Devido a parcela B se encontrar em estresse hídrico, a umidade do solo se manteve constante nos dois níveis estudados.
- A temperatura do solo na parcela A teve algumas variações durante o ano acompanhando quase as mesmas variações da parcela B, porém com valores maiores em relação à parcela A, pois grande parte da energia que chega é utilizada como calor sensível, para seu aquecimento, uma vez que está parcela está sob estresse hídrico.
- Com a exclusão de água na floresta, todos os processos físicos, químicos e biológicos são afetados, alterando toda a dinâmica da floresta. Portanto, a falta de água na floresta poderá influenciar diretamente em todo seu ciclo de vida, com isso não suporta essa deficiência por muito tempo.

REFERÊNCIAS

BUSKE, T. C. **Comportamento da umidade do solo determinada por métodos expeditos**. 2013. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo, Rio Grande do Sul, 2013.

COELHO, M.M. **Estudo da respiração do solo em floresta de transição do sudoeste da Amazônia**. 2005. 46f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Cuiabá, 2005.

COSTA, A. C. L.; BRAGA, A. P.; FERREIRA DA COSTA, R.; GONÇALVES, P. H. L.; SILVA JUNIOR, J. A.; MEIR, P.; MALHI, Y. Variações sazonais das temperaturas do ar e do solo sob influência de uma simulação de seca prolongada na floresta de Caxiuanã - ESECAFLOR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. [Anais...] Fortaleza: CBMET, 2004. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/>>. Acesso em 15/04/2015.

COSTA, R.F.; COSTA, A.C.L.; MEIR, P.; MALHI, Y.S.; FISHER, R.A.; BRAGA, A.P.; OLIVEIRA, P.J.; SILVA JUNIOR, J.A.; GONÇALVES, P.H.L.; COSTA, J.M.N.; VALE, R.L.; SOTTA, E.D.; COHEN, J.C.P.; RUIVO, M.L.; SILVA, R.B.C.; ANDRADE, V.M.S.; GRACE, J. **Projeto LBA/ESECAFLOR em Caxiuanã: características, atividades e resultados**. Estação Científica Ferreira Penna: dez anos de pesquisa na Amazônia, Caxiuanã. Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), 2003. 1 CD-ROM.

DAVIDSON, E. A.; ARAUJO, A. C. The Amazon basin in transition. **Nature**, v. 481, n. 19, p. 321-328, Jan. 2012.

GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum**, Maringá, 27 v., n.1, p. 107-115, Jan/mar, 2005.

GEIGER, R. **Manual de micrometeorologia**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1980.

GOOGLE Earth. 2015. Disponível em <<http://www.googleearth.com.br.>>. Acesso em 20/05/2015.

HOREL, J.D.; HAHMANN, A.N.; GEISLER, J.E., An investigation of the annual cycle of convective activity over the tropical Americas. **Journal of Climate.**, v. 2, n. 11, p. 1388 – 1403. 1989.

KAISER, D. R. et al. Temperatura do solo afetada por diferentes estados de compactação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Santa Maria. Disponível em <http://www.fiscadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Resumos/XIVRB MCSA_15.pdf>. Acesso em 20/05/2015.

MORAES, J.C.; COSTA, J.P.R.; ROCHA, E.J.P.; SILVA, I.M.O. **Estudos Hidrometeorológicos na Bacia de Caxiuanã, Melgaço/PA**. Belém/PA: Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), 1997. p 85-97.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia agrícola**. Método de medida e registro. 7 ed. Belém: Nobel S.A.,1989. 376 p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: RJ. Editora Guanabara. 1988. 434p.

OLIVEIRA, A. A. R. **Estudo de respiração do solo na floresta nacional de Caxiuanã, projeto ESECAFLOR/LBA**. 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) – Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Área de Concentração Interação Biosfera-Atmosfera, Santarém, 2014.

OLIVEIRA, M. C. F.; PEREIRA, M. G. P.; OLIVEIRA, J. B.; SOUZA, P. F. S.; COSTA, A. C. L; COSTA, J. P. R. Condições ambientais e micrometeorológicas do ecossistema de Caxiuanã- PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu-PR. **Anais..** Foz do Iguaçu-PR:CBMET, 2002. p. 2432-2435. Disponível em <<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-b5b3d4bf327761f3e649b3fb72171838.pdf>>.

OLIVEIRA, M.do C. F. de; PEREIRA, M. das G. P.; SOUZA, P. F. de S. e; COSTA, J. de P. R. da; COSTA, A. C. L. da; COSTA, M. C. da. Variações sazonais dos componentes do balanço de radiação e energia na reserva florestal de Caxiuanã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Situação atual e perspectivas da agrometeorologia**: anais. Santa Maria: UNIFRA: SBA: UFSM, 2003. p. 37-38.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Livraria e Editora Agropecuária Ltda. 478 p. 2002.

RAMANA RAO, T. V., DA SILVA, B. B. & MOREIRA, A. A., Características térmicas do solo em Salvador, BA. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.554-559, Campina Grande, PB, 2005.

REICHSTEIN, M. et. al. Climate extremes and the carbon cycle. **Nature**, v. 500, p.287-295, 2013.

GASPARIM, E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum**. Maringá, 27 v., n.1, p. 107-115, Jan/mar, 2005.

SOUZA, J. R. S; LOPES, Z. F.; COHEN, J. C. P.; COSTA, A. C. L. Variabilidade da temperatura e umidade em solos sob floresta, pastagem e manguezal, no Leste da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2002, Foz de Iguaçu-PR, 2002. p. 2522-2528. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-87a05b6c03f8bb21587702bd7da651ec.pdf>>. Acesso em 08/05/2015.

SOUZA JUNIOR, J.A.; OLIVEIRA, M.C.F.; DANTAS, V.A.; COSTA, J.P.R.. Regime pluviométrico da reserva florestal de Caxiuanã, 1996- 2001. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis/SC. **Anais...** Florianópolis/SC: CBMET, 2006. 1 CD-ROM.

TIMM, L. C.; PIRES, L.F.; ROVERATTI, R.; ARTHUR, R.C.J.; REICHARDT, K.; OLIVEIRA, J.C.M.; BACCHI, O.O.S. Field spatial and temporal patterns of soil water content and bulk density changes. **Sci. Agric.**, v. 63, n. 1, pp. 55-64, 2006.

VAREJÃO-SILVA, M. A; **Meteorologia e climatologia**, Versão Digital 2. Recife: [s.n.], 2006.

VIANA, R.S et. al. Perfil de temperatura do solo relacionado com a variabilidade de microorganismos em floresta tropical úmida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2010. Disponível em: <http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/438_46382.pdf>. Acesso em 12/05/2015.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa/MG, imprensa Universitária, 1991. 449 p.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Ceres, 1975.