

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

**ESTUDO DA TEMPERATURA DO AR EM
DIFERENTES ALTURAS UTILIZANDO ANÁLISE DE
COMPONENTES PRINCIPAIS E GEOESTATÍSTICA
EM FLORESTA NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA**

BRUNO SANTOS ABDALLA

**PROFA. DRA. LUCIANA SANCHES
ORIENTADORA**

**Cuiabá, MT
Junho de 2020**

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

**ESTUDO DA TEMPERATURA DO AR EM
DIFERENTES ALTURAS UTILIZANDO ANÁLISE DE
COMPONENTES PRINCIPAIS E GEOESTATÍSTICA
EM FLORESTA NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA**

BRUNO SANTOS ABDALLA

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

**PROFA. DRA. LUCIANA SANCHES
ORIENTADORA**

**Cuiabá, MT
Junho de 2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S237e Santos Abdalla, Bruno.
ESTUDO DA TEMPERATURA DO AR EM DIFERENTES ALTURAS
UTILIZANDO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E
GEOESTATÍSTICA EM FLORESTA NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA / Bruno
Santos Abdalla. -- 2020
61 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Luciana Sanches.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Temperatura do ar. 2. Geoestatística. 3. Análise de componentes principais. 4.
Floresta Amazônica. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ESTUDO DA TEMPERATURA DO AR EM DIFERENTES ALTURAS UTILIZANDO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS E GEOESTATÍSTICA EM FLORESTA NO SUDOESTE DA AMAZÔNIA

AUTOR : DOUTORANDO BRUNO SANTOS ABDALLA

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 01 de junho de 2020, pela comissão julgadora:

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Profa. Dra. Luciana Sanches - Orientadora e Presidente da Banca (Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia/UFMT)
2. Prof. Dr. Carlo Ralph De Musis - Examinador Interno (Universidade de Cuiabá - UNIC)
3. Prof. Dr. Leone Francisco Amorim Curado - Examinador Interno (Instituto de Física - UFMT)
4. Profa. Dra. Débora Eiriléia Pedrotti Mansilla - Examinadora Externa (Instituto de Biociências/IB/UFMT)
5. Prof. Dr. Marcelo de Carvalho Alves - Examinador Externo (Universidade Federal de Lavras/UFLA)
6. Prof. Dr. José de Souza Nogueira - Suplente (Instituto de Física - UFMT)

INSTITUIÇÃO:

CUIABÁ-MT, 01/06/2020.



Documento assinado eletronicamente por **SERGIO ROBERTO DE PAULO**,



Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT, em 01/06/2020, às 21:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO DE CARVALHO ALVES, Usuário Externo**, em 01/06/2020, às 22:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUCIANA SANCHES, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 02/06/2020, às 08:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **DEBORA ERILEIA PEDROTTI MANSILLA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 02/06/2020, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LEONE FRANCISCO AMORIM CURADO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 02/06/2020, às 19:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLO RALPH DE MUSIS, Usuário Externo**, em 03/06/2020, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2566638** e o código CRC **B9C2AA32**.

DEDICATÓRIA

À minha querida e eterna mãe
Zaine Santos Abdalla (in
memorian), pelo exemplo,
força e coragem.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de vencer os obstáculos diários.

Agradeço minha família pelo amor, carinho, dedicação e apoio, em todas as circunstâncias.

Agradeço a Nayara Bianca pela eterna amizade, apoio, carinho e por estar sempre ao meu lado.

Agradeço aos meus amigos, Kaue Arima, Carlo Ralph, Jonathan Feroldi, Danilo Costa e Luis Otavio, os parceiros de sempre, pelo companheirismo e apoio.

Agradeço a minha orientadora Luciana Sanches pela paciência, dedicação, apoio e por todo o ensinamento compartilhado ao longo desses anos.

Aos amigos e colegas da Pós-Graduação em Física Ambiental, pelos momentos de descontração, alegria e companheirismo, em especial a Juliana Barbosa da Silva Lotufo, Lucas Douglas Rothmund, Elio Santos Almeida Junior, Daniela Roberta Borella, Luciene de Mello Taques, Luís Philippe de Arruda Lima, Heloisa Agnes Bodnar Massad, Flavia Regina Pereira Santos, Antonio Ramos Correia, Nelson Mário Banga, Keylyane Santos da Silva, Larissa Leite Pavão, Vagner Marques Pavão, Jonas Spolador e Claudia Pereira Guimarães Ávila

Agradeço a Profa. Dra. Débora Eriléia Pedrotti Mansilla, Prof. Dr. Marcelo de Carvalho Alves e Prof. Dr. Leone Francisco Amorim Curado pelas sugestões importantes e dedicação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal do Ensino Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro concedido durante parte da pesquisa;

Em geral, agradeço a todos os meus professores do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, pelo tempo de companheirismo, dedicação, e muito aprendizado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. A REGIÃO DA AMAZÔNIA	14
2.1.2 Clima da Floresta Amazônia.....	14
2.1.3 Vegetação.....	16
2.2. Análise de Componentes Principais	18
2.3. Semivariograma.....	19
2.3.1 Modelos teóricos do semivariograma	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Localização e Descrição da Área de Estudo.....	22
3.2. Instrumentação	23
3.3. Tratamento e análise de Dados.....	25
3.3.1. Análise do percentual de Falhas dos dados	25
3.3.2. Preenchimento de falhas	27
3.3.3 Disposição dos dados.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Caracterização do perfil da temperatura do ar.....	30
4.2 Análise Geoestatística do perfil da temperatura do ar.....	42
4.3 Análise de Componentes Principais	47
5. CONCLUSÃO	53
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitação e caracterização da vegetação da Reserva Biológica REBIO Jaru em Rondônia.....	17
Figura 2: Exemplo teórico de um semivariograma com seus parâmetros.	20
Figura 3: Localização da Reserva Biológica do Jaru, Rondônia.	22
Figura 4: Ilustração da altura de instalação dos sensores de temperatura de ar (amarelo) e do solo (verde) na torre.....	24
Figura 5: Temperatura do ar (T, °C) nas alturas 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m no ano de 2008. na REBIO Jaru, Rondônia.....	26
Figura 6: Precipitação mensal acumulada durante o ano de 2008.....	30
Figura 7: Média com as máximas e mínimas diárias da temperatura do ar a 2, 12, 22, 32 54 e 62 m de altura do solo no ano de 2008, na REBIO Jaru, RO.....	32
Figura 8: Dia médio da temperatura do ar (\pm DP) na estação seca (b) e chuvosa (c) no ano de 2008 (a) na REBIO Jaru, RO.....	36
Figura 9: Boxplot do perfil da temperatura do ar (°C) na estação chuvosa (a), seca (b) e no ano de 2008 (c). As linhas contínuas são as medianas e as linhas pontilhadas são as médias.	37
Figura 10: Mapa temporal do perfil da temperatura do ar durante um dia típico do ano de 2008 (a), na estação seca (b) e chuvoso (c).	40
Figura 11: Semivariograma da temperatura do ar no ano de 2008 (a), na estação seca (b) e chuvosa (c).....	44
Figura 12: Gráfico da previsão do ano de 2008 (a), nas estações seca (b) e chuvosa (c).	45
Figura 13: Gráfico de dispersão, com a linha de tendência da análise do ano de 2008 (a), nas estações seca (b) e de chuvosa (c).	47
Figura 14: Autovalor dos componentes principais do perfil de temperatura do ar no ano de 2008(a) e na estação chuvosa (b) e seca (c).....	48
Figura 15: Biplot Dimensão 1 (Dim1) versus Dimensão 2 (Dim2) entre as temperatura do ar medidas a 2, 12, 22, 32 e 62 m de altura do solo no ano de 2008 (a) e durante s estação chuvosa (b) e seca (c).	50
Figura 16: Correlação entre as dimensões e as variáveis de temperatura do ar no ano de 2008 (a) e nos estação chuvosa (b) e seca (c).....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos instrumentos instalados na torre localizada na REBIO Jaru.	24
Tabela 2: Porcentagem de dados utilizados e de falhas na série de dados de temperatura do ar medidos a 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m de altura	26
Tabela 3: Médias, mínimas e máximas anuais da temperatura do ar (°C) a 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m de altura na REBIO Jaru, Rondônia no ano 2008.	31
Tabela 4: Correlação de Spearman (ρ) entre as temperaturas do ar nas a 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m de altura na REBIO Jaru/RO, no ano 2008.	41

LISTA DE ABREVIÇÕES E/OU SIMBOLOS

ACP -	Análise de Componentes Principais
Coef.-	Coeficiente
Dim -	Dimensões da Análise de Componentes Principais
IAF -	Índice da área foliar
LBA -	Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia
N -	Norte
PCA -	Principal Component Analysis
PCR -	Regressão em Componentes Principais
PLS -	Regressão por Mínimos Quadrados Parciais
REBIO -	Reserva Biológica
REBIO Jaru -	Reserva Biológica de Jaru
RFA -	Radiação Fotossinteticamente Ativa
RO -	Rondônia
S -	Sul
SIMCA -	Modelo independente para análise de classes
T -	Temperatura
T _{ar} -	Temperatura do ar
T _{solo} -	Temperatura do solo

RESUMO

ABDALLA, B.S. **Estudo da temperatura do ar em diferentes alturas utilizando análise de componentes principais e geoestatística em floresta no sudoeste da Amazônia.** Cuiabá, 2020. 61f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

A Floresta Amazônica, por ser uma das maiores florestas tropicais úmidas do planeta e pelo fato de que qualquer mudança no seu ecossistema pode afetar o clima local e global, o torna uma das florestas tropicais mais importante. Portanto o conhecimento sobre a interação entre a biosfera e a atmosfera, é muito importante para compreender como a dinâmica do dossel responderá as variações microclimáticas. O estudo realizou análises, utilizando componentes principais e a geoestatística das temperaturas do ar em diferentes alturas do solo (2, 12, 22, 32, 54 e 62 metros) no dossel do sudoeste da Floresta Amazônica, investigando a variabilidade vertical e temporal e a influência que uma temperatura do ar em cada altura exerce sobre as demais, definindo assim a existência da interação entre vegetação e o microclima da região, apresentando uma menor temperatura do ar dentro do dossel. No processo geoestatístico, verificou-se a variabilidade temporal, mostrando a existência de um ciclo temporal. Na análise de componentes principais (ACP), confirmou-se a influência das temperaturas do ar nas diferentes alturas. Portanto a presença da Floresta Amazônica influencia diretamente na temperatura do ar, formando assim o microclima da região.

Palavras-chave: Temperatura do ar, Geoestatística, Análise de Componentes Principais, Floresta Amazônica.

ABDALLA, B.S. **Study of air temperature at different heights using principal component analysis and geostatistics in a forest in southwest Amazonia..** Cuiabá, 2020. 61f. Thesis (PhD in Environmental Physics), Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2020.

ABSTRACT

The Amazon Rainforest, being one of the largest humid tropical forests on the planet and the fact that any change in its ecosystem can affect the local and global climate, makes it one of the most important tropical forests. Therefore, knowledge about the interaction between the biosphere and the atmosphere is very important to understand how the dynamics of the canopy will respond to microclimate variations. The study carried out analyzes, using main components and the geostatistics of air temperatures at different heights of the soil (2, 12, 22, 32, 54 and 62 meters) in the canopy of the southwestern Amazon Forest, investigating the vertical and temporal variability and the influence that an air temperature at each height has on the others, thus defining the existence of the interaction between vegetation and the region's microclimate, presenting a lower air temperature inside the canopy. In the geostatistical process, time variability was verified, showing the existence of a time cycle. In the principal component analysis (PCA), the influence of air temperatures at different heights was confirmed. Therefore, the presence of the Amazon Forest directly influences the air temperature, thus forming the region's microclimate.

Keywords: Air temperature, Geostatistics, Principal Component Analysis, Amazon Forest.

1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais ocupam um importante papel na manutenção do clima em todo o planeta, além de abrigar uma grande e variada biodiversidade (BASSET et al., 2012), absorvendo quantidade considerável de radiação solar incidente e a transformando em fluxo de calor latente, resfriando e estabilizando as temperaturas, favorecendo a umidade do ar na atmosfera, e a geração de precipitação (LAWRENCE; VANDECAR, 2014).

A floresta tropical com a maior extensão do planeta é a Floresta Amazônica (MALAVELLE et al., 2019), com aproximadamente 7 milhões de km², o que equivale a 56% das florestas tropicais do mundo (PIERANTI; SILVA, 2007). Localizada no meio dos trópicos, onde a troca de energia entre a superfície e a atmosfera são intensas, uma mudança no ecossistema dessa região pode afetar a circulação atmosférica global, o clima global, inclusive no Brasil (CORREIA et al., 2007), além da ciclagem global de nutrientes.

Apesar disso durante as últimas décadas, na região Amazônica vem ocorrendo modificações significativas no seu uso e cobertura do solo, devido o avanço da agricultura, da pecuária, pelo corte indiscriminado de árvores centenárias e pelos incêndios florestais ocasionando alterações climáticas em micro, meso e macroescala, afetando dessa maneira o equilíbrio do ecossistema da floresta (NOBRE et al., 1996; NEPSTAD et al., 2001; DAVIDSON e ARTAXO, 2004).

Neste cenário, o conhecimento sobre os elementos climáticos envolvidos na interação entre a biosfera e a atmosfera é de suma importância para estabelecer a dinâmica do dossel como uma resposta as variações microclimáticas, assim como estudos da variação da temperatura do ar na altura do dossel da Floresta Amazônica.

Nas pesquisas realizadas por Shaw e Patton (2003) e Patton et al (2016), demonstram a influência do dossel no microclima, portanto, é relevante obter uma compreensão clara de como a Floresta Amazônica responde variabilidade da temperatura em diversas alturas entre o solo e o dossel durante o decorrer do ano de 2008, para uma melhor compreensão do microclima local.

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a relação entre as temperaturas do ar em diferentes alturas do solo no dossel do sudoeste da Floresta Amazônica utilizando análise de componentes principais e geoestatística.

Para alcançar o objetivo geral, tem-se os objetivos específicos:

1. Caracterizar temporalmente a temperatura do ar a 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m de altura do solo;
2. Analisar a relação entre as temperaturas do ar em diferentes alturas do solo em função do tempo utilizando geoestatística;
3. Analisar a influência que uma temperatura do ar em cada altura exerce sobre as demais utilizando a análise de componentes principais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A REGIÃO DA AMAZÔNIA

A Floresta Amazônia tem uma área se estende por vários países da América do Sul, é considerada a maior floresta tropical do mundo, com cerca de 60% desse território localizado no Brasil (AMORIM et al., 2019). Além da grande extensão, a Floresta Amazônica também possui uma abundante variedade biológica, com milhares de espécie, das quais muitas ainda podem ser desconhecidas pela comunidade científica (BASSET et al., 2012). Segundo CORREIA et al. (2007) a floresta é responsável por aproximadamente 20% do total de água doce despejado nos oceanos do planeta, por meio do rio Amazonas e seus afluentes representando a maior rede fluvial do globo.

No entanto, devido as consequências do avanço da ocupação humana em áreas de florestas, ocorre alterações nos recursos hídricos como sua diminuição em disponibilidade hídrica, a extinção da biodiversidade, e a longo prazo, ocorre a influência nas mudanças climáticas globais (NEVES; BIZAWU, 2019). De acordo com Gomes et al. (2019), o impacto causado pelo homem na Floresta Amazônia em 2013 causou uma perda de 11% da área e que até 2050, a floresta perderá entre 21 – 40%, e a quantidade de espécies ameaçadas será de 40-64%.

Mudanças nos ecossistemas Amazônicos podem ocasionar impactos na circulação atmosférica, no transporte de vapor d'água na atmosfera, não apenas sobre a América do Sul, mas em outras partes do planeta (CORREIA et al., 2007), tornando assim de grande relevância a preservação da Floresta Amazônica.

2.1.2 CLIMA DA FLORESTA AMAZÔNIA

A Floresta Amazônica possui um clima predominante, segundo a classificação de climática de Köppen, do tipo Aw (Clima Tropical Chuvoso). O clima da região Amazônica é uma combinação de vários fatores, sendo que o mais importante é a disponibilidade de energia solar, através do balanço de energia. Devido aos altos valores de energia que incide na superfície, o comportamento da

temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano (FISCH et al., 1998).

O clima da Amazônia é influenciado por inúmeros elementos, sendo que o principal fator de influência é a disponibilidade de energia solar, como a localização da Amazônia está situada na região entre 5° N e 10° S, favorecendo uma quantidade de horas máximas de insolação predominantemente constantes, variando de 11h 36min a 12h 38min. No entanto, os valores das horas de luz do sol na superfície irão decair devido à alta umidade na atmosfera da região, que causa frequente formação de nuvens (SALATI e MARQUES, 1984).

No topo da atmosfera da Floresta Amazônica o valor máximo de radiação solar incidente é aproximadamente 36,7 MJ/m² dia, contudo os valores de radiação solar incidente na superfície variam entre 16-18 MJ/m² dia (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998). Sendo que a radiação solar na estação seca foi 18,3 MJ/m² dia e na estação chuvosa foi 17,1 MJ/m² dia (FEITOSA et al., 1997).

Devido aos altos índices de energia incidente na região, o comportamento da temperatura do ar mostra pequenas variações ao longo do ano, com exceção da parte mais ao sul (Rondônia e Mato Grosso), que inclusive sofre a ação de sistemas frontais denominados localmente por Friagens (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998).

Parte da energia que alcança a superfície terrestre retorna para a atmosfera na forma de fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente (FIGUEROA e NOBRE, 1990; FISCH et al., 1998), dessa forma a radiação solar influencia na temperatura do ar e na quantidade de vapor d'água na atmosfera em uma região.

A distribuição das chuvas na Amazônia é bastante irregular, apresentando variabilidade espacial e temporal (SALATI, 1983). As médias anuais de precipitações variam de mais de 6000 mm nas encostas dos Andes a aproximadamente 1600 mm na interface da Amazônia com o Cerrado do Planalto Central Brasileiro, sendo a média geral da ordem de 2300 mm anuais (SALATI e VOSE, 1984; FISCH et al., 1998).

2.1.3 VEGETAÇÃO

A Floresta Amazônia possui uma cobertura vegetal marcada pela predominância de ambientes com formações densas e abertas (BRASÍLIA, 2010). Alguns fatores da região, proporciona esse tipo de formação, por exemplo, em locais planos, bem drenados e com solo profundo, caracterizado por um dossel contínuo, há predominância de floresta ombrófila densa. Já a floresta ombrófila aberta ocorre em locais com variações topográficas consideráveis, com solo medianamente raso e marcado pela presença de rocha, cascalho e areia (IBAMA, 2007).

Nos leitos de drenagens e cursos d'água é possível encontrar algumas formações vegetais que retratam os efeitos e a influência do nível hidrológico local. Evidenciando a Formação Pioneira sob Influência Fluvial, em locais que variam de encharcados a alagados, a qual pode ser marcada pela presença predominante e quase homogênea de buriti (*Mauritia flexuosa*).

Em trechos onde a inundação possui uma menor intensidade e o solo é mais drenado, encontra-se presentes as fácies aluviais das formações Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Aberta, caracterizada pelo alto índice de cipós e palmeiras (AZEVEDO, 2014). A Figura 1 ilustra as fácies da Floresta Ombrófila, nela é possível observar a predominância de Floresta Ombrófila na reserva.

Sendo assim a Floresta Amazônica, é o maior bloco de floresta do mundo com aproximadamente 13% de todas as árvores do mundo (GOMES et al., 2019), apresentando uma altura média de do dossel de aproximadamente 35m, sendo que algumas árvores emergentes podem atingir até 45m de altura (GOMES et al., 2015).

A floresta possui uma aproximadamente $3,9 \times 10^{11}$ árvores individuais, com uma densidade média de aproximadamente 565 árvores / há, sendo o número total de espécies de árvores na Amazônia é cerca de 16.000 (STEEGE et al., 2013). Devido a elevada concentração de árvores na floresta, o índice da área foliar (IAF) anual médio é próximo de $4,7 \text{ m}^2/\text{m}^2$ (MYNENI et al., 2007), no entanto Rottenberger et al. (2004) considera que o IAF como sendo entre $5 - 6 \text{ m}^2/\text{m}^2$.

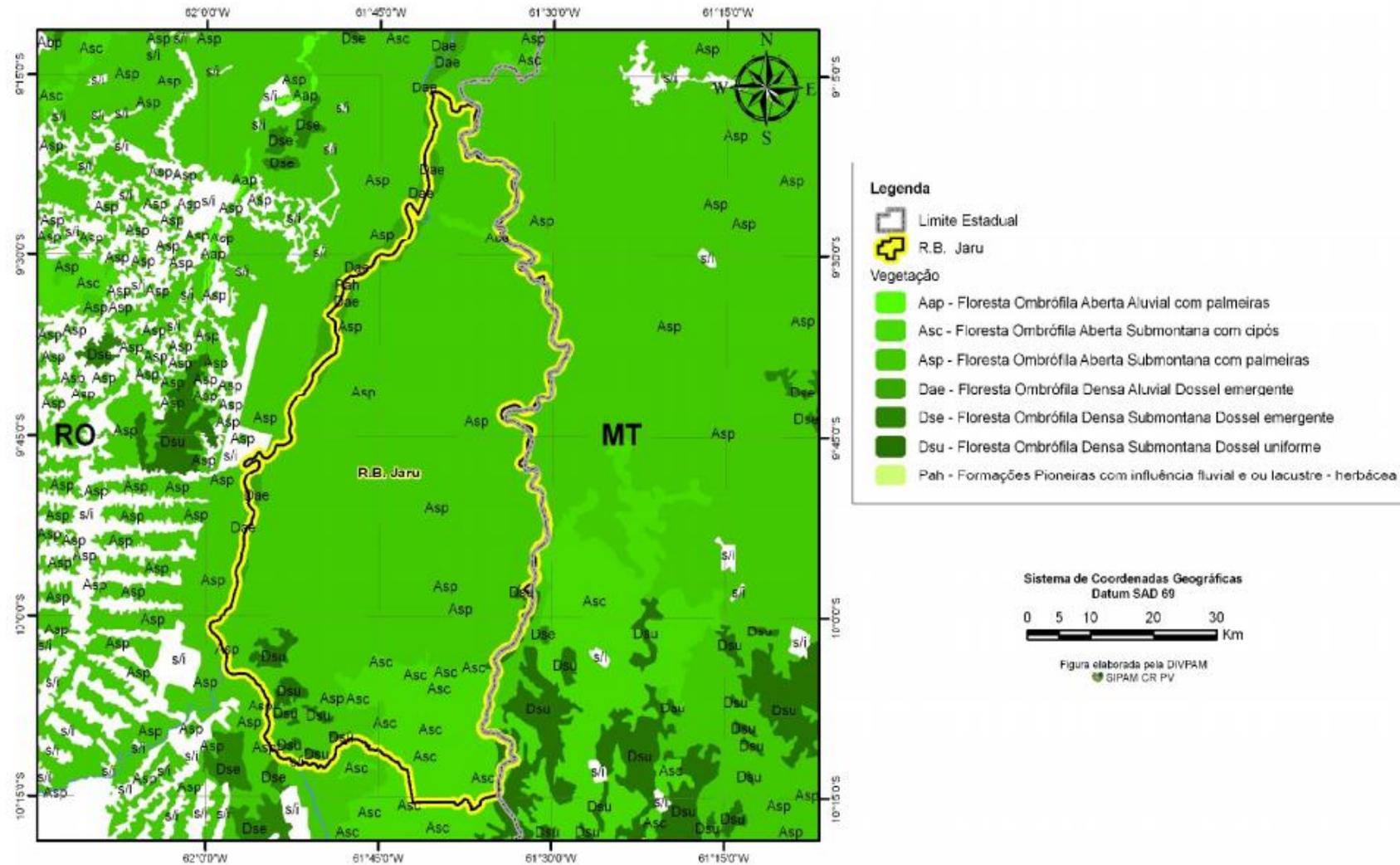


Figura 1: Delimitação e caracterização da vegetação da Reserva Biológica REBIO Jaru em Rondônia.

Fonte: Brasília (2010)

2.2. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

O método de Análise de Componentes Principais (ACP) descrito por Pearson em 1901 e a descrição dos métodos computacionais práticos aconteceu após 1933 e com o Hotelling (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016). É uma técnica de análise multivariada utilizada para realizar análise de inter-relação entre diversas variáveis e explicá-las baseada em suas dimensões inerentes ou dos componentes. A ACP é uma técnica estatística que transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016).

A análise de componentes principais encontra-se entre as mais importantes ferramentas da análise multivariada, inclusive por constituir a base onde se fundamenta a maioria dos outros métodos multivariados de análise de dados. Como uma ferramenta de análise exploratória a ACP permite revelar a existência ou não de amostras anômalas, de relações entre as variáveis medidas e de relações ou agrupamentos entre amostras. Além disto, métodos eficientes de classificação, como a modelagem independente para analogia de classes (SIMCA) e de calibração, como a regressão em componentes principais ou a regressão por mínimos quadrados parciais, são derivados da PCA (LYRA et al., 2010).

Os componentes principais apresentam propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados (JOHNSON; WICHERN, 1998).

Na maioria dos casos a análise de componentes principais é relacionada com a redução dos dados, sem ter uma perda significativa da informação. Para isso redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados. Este método pode ser empregado para criação de índices e agrupamento de indivíduos. O agrupamento dos indivíduos é realizado de acordo com sua variação dos indivíduos, onde são agrupados de acordo com as suas variâncias, ou seja, o método agrupa os indivíduos de uma população segundo a variação de suas características.

A ACP em estudos ambientais é comum, alguns dos exemplos de utilização do ACP tem-se Lopes et al. (2016) que aplicaram o ACP para derivar padrões espaço-temporais de secas sazonais na bacia Amazônica, Tadić, Bonacci e Brleković (2019), aplicaram o ACP para analisar a relevância dos parâmetros meteorológicos nas mudanças climáticas. E Bethere, Sennikovs e Bethers (2017) empregaram o ACP para derivar índices climáticos que descrevem as principais características espaciais do clima nos estados bálticos (Estônia, Letônia e Lituânia).

Como apresentado pelos exemplos anteriores, o ACP é um método de ordenação com grande tradição nos estudos de ecologia florestal, porém na atualidade, é mais utilizada para a síntese de dados ambientais, ou seja, na ordenação de sítios a partir de variáveis ambientais (KENT e COKER, 1992).

2.3. SEMIVARIOGRAMA

A aplicabilidade e a utilização da geoestatística aplicada como metodologia de análise de dados no espaço ou no tempo está difundida em vários ramos da ciência, envolvendo áreas de humanas, biológicas e exatas (Guimarães, 2004).

Contudo o semivariograma é apresenta um papel importante nos estudos da geoestatística, sendo capaz de descrever a estrutura de dependência espacial, além de ser o ponto chave na determinação do preditor geoestatístico (McBratney e Webster, 1986).

Segundo Lima (2015), o semivariograma é o gráfico da semivariância em função da distância (h) entre os pares de pontos. O semivariograma é representado pela metade da esperança da variância entre pares de pontos separados por uma distância que é definida como semivariância:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum (x_{i+h} - x_i)^2 \quad (1)$$

Na equação 1, $\gamma(h)$ é o valor do semivariograma estimado para a direção h entre pares de pontos, já o n é a quantidade de pares de valores medidos, separados pela distância h , sendo que a influência é um tanto maior quanto menor for a distância entre pontos (LANDIM, 2006). O semivariograma experimental (Figura 2), apresenta as características de um semivariograma ideal, descritos por parâmetros como:

- Alcance(α): É a medida da distância, onde as amostras ainda estão correlacionadas no espaço/ tempo;

- Patamar (C): É o valor a qual o $\gamma(h)$ se estabiliza e a partir desse ponto não exista dependência espacial entre as amostras.
- Efeito Pepita (C_0): É o efeito revela a descontinuidade do semivariograma, o qual é atribuído aos erros de medição, de calibração do equipamento.
- Contribuição (C_1): É a diferença entre o patamar (C) e o Efeito Pepita (C_0).

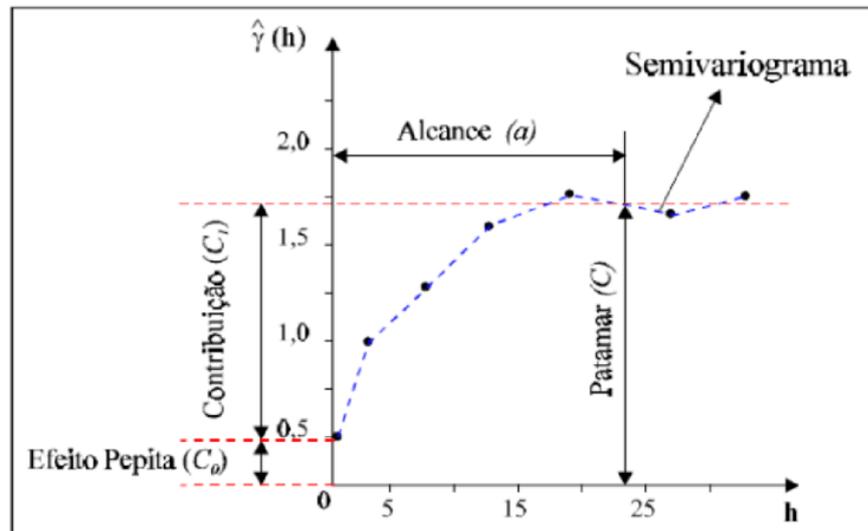


Figura 2: Exemplo teórico de um semivariograma com seus parâmetros.

Fonte: Camargo (1988)

A dependência espacial de um semivariograma pode ser medida pela semivariância da pepita expressa como uma porcentagem da semivariância total (CAMBARDELLA et al., 1994). Sendo assim, se o efeito pepita for menor ou igual a 25% do patamar, tem-se uma forte dependência, se o efeito pepita for maior que 25% e menor ou igual a 75%, existe uma dependência moderada. No entanto, se a relação entre efeito pepita e patamar estiver maior que 75% e menor que 100%, possui uma dependência fraca e se a relação entre efeito pepita e patamar for igual a 100%, o semivariograma possui o efeito pepita puro.

Em um semivariograma, a distância h é definida por meio de um vetor, sendo assim, o semivariograma depende de sua magnitude e direção.

2.3.1 MODELOS TEÓRICOS DO SEMIVARIOGRAMA

Após a confecção do semivariograma, é possível ajustar um modelo matemático representativo da configuração do semivariograma por meio de funções que se ajustam ao semivariograma experimental. Existem diversos

modelos, mas o modelo utilizado foi o modelo cardinal-seno ou modelo onda, esse modelo não possui patamar e a sua equação é dado por:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & \text{se } h = 0, \\ C_0 + C_1 \frac{\alpha}{h} \sin\left(\frac{h}{\alpha}\right), & 0 < h < \infty. \end{cases} \quad (2)$$

Na equação 2, $\gamma(h)$ é o valor do semivariograma, o efeito pepita é C_0 , C_1 representa a contribuição e o h a direção entre os pontos.

Existem diversas pesquisas na ecologia que utilizam o modelo onda, um exemplo, foi o estudo temporal sobre albedo de Cunha et al (2018), já O'rourke (2015), utilizou o modelo onda em sua pesquisa sobre a correlação entre o crescimento de pequenas árvores ao longo do tempo e Carvalho, Vieira e Grego (2008) utilizou o mesmo modelo para a precipitação pluvial anual médio. Dessa maneira, é possível observar, a mais variada utilização do semivariograma aplicado ao meio ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local em estudo foi a Reserva Biológica do Jaru (REBIO Jaru) que é uma unidade de conservação federal de proteção integral (ICMBIO, 2017), criada no dia 11 de julho de 1979, pelo do Decreto Federal 83.716. Esta reserva possui uma área aproximada de 346.861,71 hectares, e está inserida no bioma da Amazônia (ICMBIO, 2017).

A REBIO Jaru encontra-se, em sua maior parte localizado no estado de Rondônia, entre as latitudes $09^{\circ}19'52''$ e $10^{\circ}11'46''$ S e longitudes $61^{\circ}35'40''$ e $61^{\circ}52'48''$ O inseridos em seis municípios: Ji-Paraná, Vale do Anari, Machadinho D'Oeste, Theobroma, Ouro Preto do Oeste e Vale do Paraíso e possui limite com os municípios Colniza e Rondolândia no estado de Mato Grosso (Figura 1). A área da REBIO Jaru está localizada na bacia do Rio Machado, também conhecido como Rio Ji-Paraná.

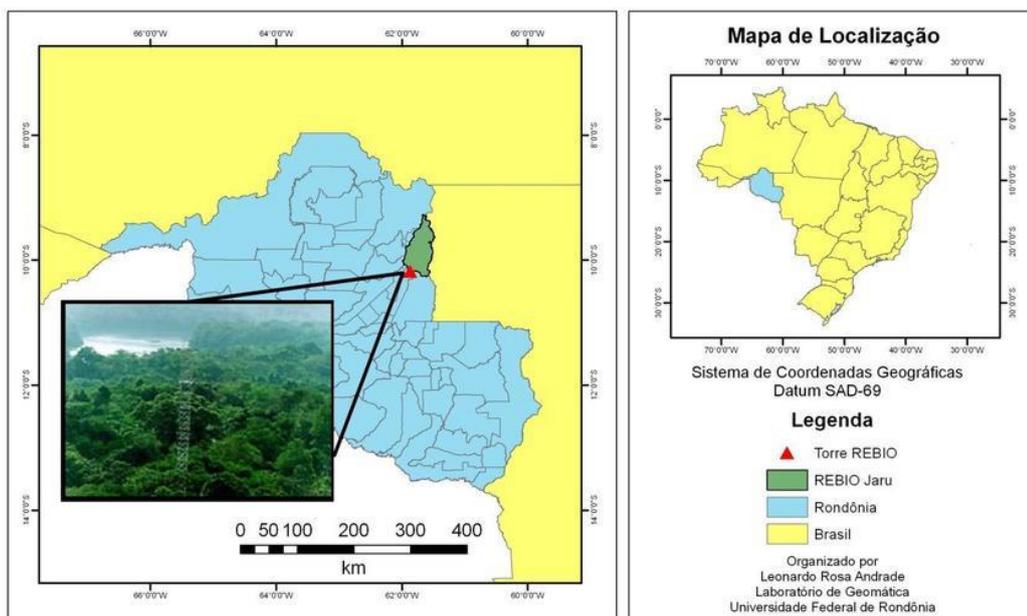


Figura 3: Localização da Reserva Biológica do Jaru, Rondônia.

Fonte: CORTES (2014)

Localizado em uma área de floresta tropical amazônica a 120 m do nível do mar (CULF et al., 1996), a reserva contém extensas áreas sem muita degradação

humana, às margens do rio Machado ou Ji-Paraná. Estas particularidades definem a REBIO Jaru como um dos mais importantes refúgios para a fauna silvestre do estado e de toda a região (AZEVEDO, 2014). Nesta área reside em floresta primária classificada como Floresta Ombrofila Aberta com um índice de área foliar de aproximadamente $4 \text{ m}^2/\text{m}^2$ e uma altura média do dossel de 30 m (SANTOS, 1999).

A REBIO Jaru possui um clima tropical chuvoso, com uma média da temperatura do ar de $24,7^\circ\text{C}$ e com médias anuais de precipitação entre 1700 mm ao sul e 2400 mm ao norte (MMA, 2010). A média da umidade relativa do ar é 82%, já a temperatura média da região é 25°C (ANDRADE et al., 2009), tal como as medidas de temperatura realizadas por FISCH et al. (1998), em que relataram a temperatura média da região, entre 24°C e 26°C , com uma amplitude térmica de 1 a 2°C .

3.2. INSTRUMENTAÇÃO

Na REBIO Jaru desde o final do ano de 1998, há uma torre metálica meteorológica instalada, que desde fevereiro de 1999, vêm medindo continuamente os fluxos de energia e de massa e as variáveis microclimáticas. Porém no ano de 2002, a inativação dela ocorreu devido as queimadas causadas por invasores nas localidades.

Em janeiro 2004 a torre foi reativada, dentro da REBIO Jaru, movida 13 km ao sul da primeira localização, cerca de 105 km ao norte do município de Ji-Paraná, nas coordenadas de referência $10^\circ 11' 11,4'' \text{ S}$ e $61^\circ 52' 29,9''$, com altitude de 120 m, a 1240 m da margem do rio Machado (ou Ji-Paraná).

Em torno da torre, o relevo característico é plano-ondulado, em consequência das áreas onduladas, como a Serra da Providência. A área possui diversos igarapés e nascentes, além de possuir afluentes de grandes rios, o que dificulta a ocorrência de incêndios na vegetação primária, devido à alta concentração de umidade (IBAMA, 2006).

A vegetação no local é composta por um rico sub-bosque de palmeiras de apenas alguns metros, a altura média do dossel é de cerca de 30 m, mas algumas árvores emergentes chegam a medir 45 m (RUMMEL et al., 2002). O índice de área foliar no local varia entre 5 a $6 \text{ m}^2/\text{m}^2$ (ANDREAE et al., 2002).

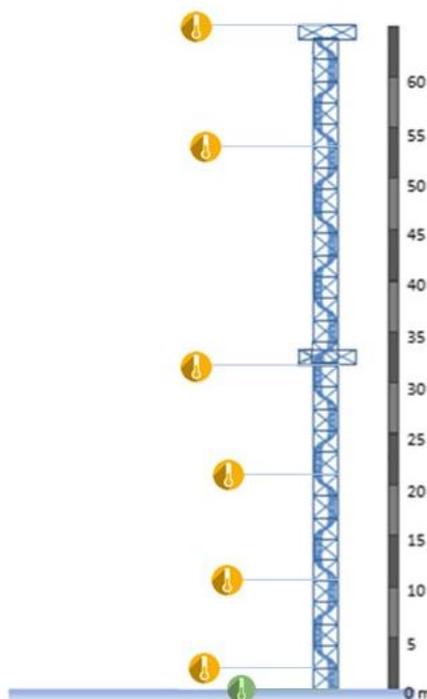


Figura 4: Ilustração da altura de instalação dos sensores de temperatura de ar (amarelo) e do solo (verde) na torre.

Tabela 1: Descrição dos instrumentos instalados na torre localizada na REBIO Jaru.

Variável	Instrumento utilizado	Altura do solo	Precisão
Temperatura do ar	Termohigrômetro Vaisala (HMP35A), Helsinki, Finlândia	62 m	$\pm 0,4^{\circ}\text{C}$
		2 cm	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
		12 m	
		22 m	
		32 m	
		54 m	
Temperatura do solo	Sensor de temperatura do perfil do solo STP01 (Hukseflux), Delft, Holanda.	-0,02 m	$\pm 0,02^{\circ}\text{C}$
		-0,05 m	
		-0,10 m	
		-0,20 m	
		-0,50 m	

Para medir a temperatura do ar, a torre dispunha de seis sondas de temperatura instalados nas alturas de 2, 12, 22, 32 e 54 m em relação ao solo, no topo da torre, a 62 m de altura, está instalado um termohigrômetro e para realizar as medidas de temperatura do solo, a base da torre possuía um sensor de temperatura do perfil do solo STP01, que realizava leituras a 2, 5, 10, 20 e 50cm abaixo do solo (Figura 4, Tabela 1).

Os dados coletados pelos sensores foram armazenados por meio de um *Datalogger* (modelo CR10X, Campbell Scientific Instrument, Utah, USA), que realizava leituras a cada 30 segundos e o armazenamento das médias dessas leituras em sua memória a cada 10 min.

3.3. TRATAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

3.3.1. ANÁLISE DO PORCENTUAL DE FALHAS DOS DADOS

A torre micrometeorológica localizada na REBIO Jaru possui dados coletados desde 1998, de maneira ininterrupta, portanto a ocorrência de falha é pertinente. Essas falhas ocorrem por erros intrínsecos aos sensores, ou a por falta de manutenção técnica em consequência do difícil acesso a torre, ou até mesmo erros de coleta e armazenamento (DEPINÉ et al., 2014).

Devido à ocorrência de falhas, selecionou-se o ano de 2008 para representar um ano típico, pois nesse ano houve a menor quantidade de falha simultânea entre as leituras de temperatura do ar realizadas em diferentes alturas.

Para a apresentar a temporalidade das falhas, construiu-se um gráfico de linhas com os dados brutos de T_{ar} em cada altura em função do tempo (Figura 5).

Durante o ano de 2008 foram realizadas 17.544 leituras, sendo a média de falhas de 13,74%, e os dados válidos apresentaram uma média de 86,26% (Tabela 2). A sonda de temperatura instalada a 2 m de altura do solo apresentou uma quantidade significativa de falhas.

Tabela 2: Porcentagem de dados utilizados e de falhas em relação as leituras realizadas no ano de 2008 na série de dados de temperatura do ar medidos a 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m de altura

Altura de instalação do equipamento (m)	% de dados utilizados (% falhas)
62 m	97,6% (2,4%)
54 m	97,6% (2,4%)
32 m	92,0% (8,0%)
22 m	88,7% (11,3%)
12 m	92,4% (7,6%)
2 m	49,1% (50,9%)

As falhas de dados na série temporal da T_{ar} a 2 m de altura foram de aproximadamente metade das leituras ocorridas no ano durante 2008. Nas demais alturas não existiram falhas que ultrapassem 30 dias.

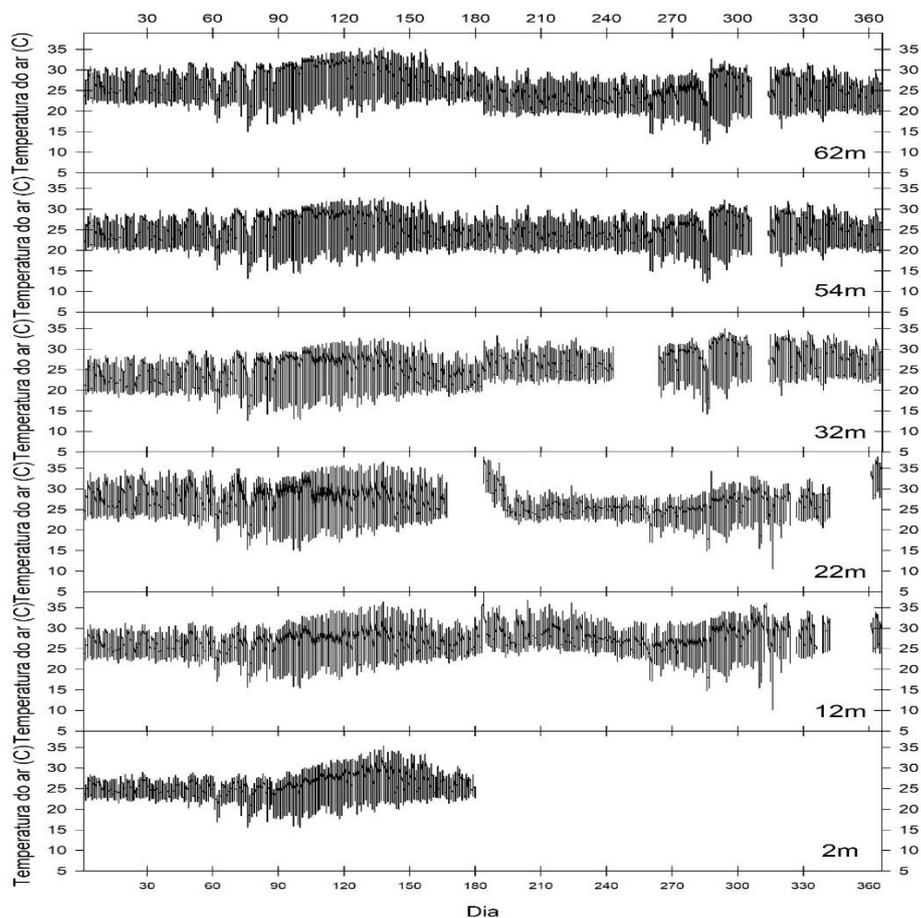


Figura 5: Temperatura do ar (T , °C) nas alturas 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m no ano de 2008, na REBIO Jarú, Rondônia.

3.3.2. PREENCHIMENTO DE FALHAS

Em 2008 foram realizadas 17.544 leituras para leituras realizadas a cada 1 hora. A média de falhas foi aproximadamente 13,74 %, já os dados válidos apresentaram um média de 86,25%. O sensor que apresentou uma maior falha foi o que está posicionado a 2 m de altura do solo.

No mês de dezembro, houve falha no sensor que registrava a temperatura do ar a 22m de altura, durante o processo de correção de falha não foi possível recuperar as falhar desse mês.

Para realizar o preenchimento das falhas utilizada série temporal utilizou-se a média para falhas de até 1 hora e a interpolação para falhas acima de 1 hora, dessa forma, fez-se com que o período sem falhas se comportasse da mesma maneira a um período similar com dados, contribuindo para um preenchimento de falha mais realístico.

A interpolação dos dados foi realizada da seguinte maneira, para falhas maiores que 1 hora e menor que 3 horas foi utilizado a equação:

$$X_i = X_P + \frac{(X_{P-f-i})}{f+1} \cdot (i - P) \quad (3)$$

em que, X_i é o valor a ser preenchido, X_P é o antecessor da falha e X_{P-f-i} é o sucessor da falha. Se a falha (f) for maior que 3 horas e menor que 24 horas:

$$X_i = X_{i-24} + \frac{[(P+f+1)-i]}{f+1} \cdot (X_P - X_{P-24}) + \frac{(i-P)}{f+1} \cdot (X_{P-f-1} - X_{P-f-1-24}) \quad (4)$$

em que, X_{i-24} é o valor coletado 24 horas antes da falha, X_{P+f+1} é o sucessor da falha. E se a falha for maior que 24 horas:

$$X_i = X_{i-24m} + \frac{[(P+f+1)-i]}{f+1} \cdot (X_P - X_{P-24m}) + \frac{(i-P)}{f+1} \cdot (X_{P-f-1} - X_{P-f-1-24m}) \quad (5)$$

em que, m é igual a parte inteira de $(f/24 + 1)$.

3.3.3 DISPOSIÇÃO DOS DADOS

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi definido alguns parâmetros e estabelecida a estrutura dos dados para as análises. Contudo um dos primeiros parâmetros a ser definido, foram os meses das estações, porém antes de determinar

os meses de cada estação, verificou-se em pesquisas anteriores, como a de Malhi et al. (1998), em que consideraram que a região da Floresta Amazônica possui um estação de seca, entre meados de junho e final de outubro, e uma estação chuvosa, entre dezembro e março, já Fisch et al. (1998) consideraram a estação seca entre maio e setembro e a estação chuvosa entre novembro e março, no entanto, Alves (2017) considerou que a região possui quatro estações, uma seca, entre junho e agosto, estação de transição entre seca e chuvosa, que ocorre entre setembro e outubro, a estação chuvosa, acontece entre novembro e abril, pôr fim a transição entre a estação chuvosa e seca, nos meses de abril e março.

Levado as considerações dos estudos anteriores, foi definido neste trabalho que os meses de novembro até abril, corresponde a estação chuvosa e os meses de maio até outubro, a estação seca.

Considerando as definições realizadas das estações, iniciou-se as análises dos dados de maneira a analisar primeiramente todo ano de 2008 e em seguida as estações do mesmo ano.

Após a realização dos preenchimentos das falhas, iniciou-se as análises, primeiramente a descritiva dos dados, sem realizar nenhuma mudança na estrutura, no entanto, para o cálculo das médias diárias da temperatura do ar do ano em estudo, calculou-se a média cada 24h, a qual foi realizado para cada altura do perfil e posteriormente gerou-se o gráfico de linhas da média diário da temperatura do ar, com as temperaturas máximas e mínimas.

O mapa temporal do perfil da temperatura do ar e do solo foi realizado com os dados de um dia médio das temperaturas do ar e das temperaturas do solo do ano 2008 e das estações seca e chuvosa de 2008, em seguida elaborou-se os gráficos de contorno em que o eixo x representa a horas do dia (1 – 24h), o eixo y a altura em que foi realizado as medidas da temperatura em metros e o eixo z a temperatura do ar em graus celsius.

Nas análises geoestatísticas, houve a necessidade de estruturar os dados de dia médio, de maneira em que os dados de horário, altura e temperatura do ar, sejam separados por colunas, sendo que cada uma dessas colunas representarão um eixo do plano cartesiano. Porém, devido à dificuldade de se trabalhar com a espacialização da temperatura em relação ao tempo, buscou-se neste trabalho o desenvolvimento de um protocolo de simplificação de variáveis, esse tipo de protocolo já foi utilizado em estudos anteriores como o de Rondon (2011).

O protocolo de simplificação de variáveis foi desenvolvido de maneira que ocorra a redefinição das escalas das variáveis de altura e das horas, para que fiquem com a mesma proporção.

Para transformar as escalas de altura e a hora, nas mesmas proporções utilizou-se para a altura a equação 6, em que “AP” representa o novo valor da altura e “A” a altura medida no local.

$$AP = 0,0465A - 1,3877 \quad (6)$$

Para as horas foi utilizado a equação 7, a qual o “HP” representa o novo valor das horas e “H” a o horário no fuso local.

$$HP = 0,1425H - 1,8129 \quad (7)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o ano de 2008, o local em estudo apresentou uma média da temperatura do ar de 24,2°C, a máxima do ano foi 35,2°C, já a mínima foi 14,3°C, a umidade relativa média anual foi 79,41%, sendo que o período da seca, houveram as menores ocorrências, e durante agosto ocorreram a menor umidade relativa do ar, alcançando uma mínima de 21,5%. Já a máxima foi 98,1%, durante o período de forte atividade convectiva ocorrida no mês de fevereiro.

No ano de 2008, ocorreu uma precipitação máxima de 60 mm/dia (ALVES, 2017). A precipitação acumulada com maiores intensidades ocorreu nos meses novembro a março e menores intensidades nos meses de maio a setembro (Figura 6).

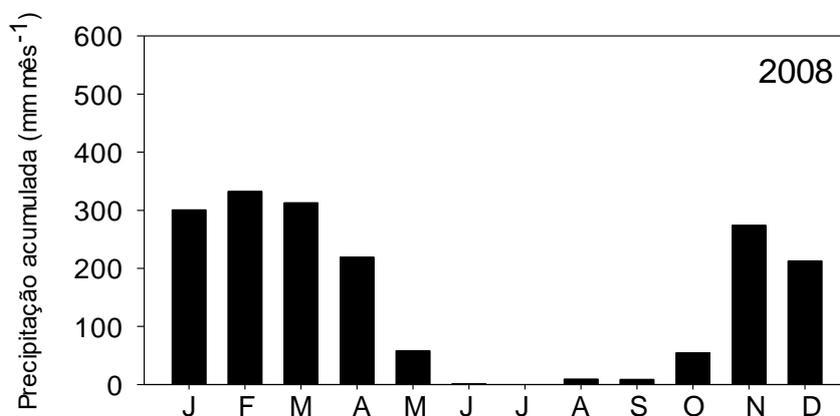


Figura 6: Precipitação mensal acumulada durante o ano de 2008.

Fonte: (ALVES, 2017)

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL DA TEMPERATURA DO AR

A média anual da amplitude da T_{ar} em diferentes alturas foi 3,1 °C durante o ano 2008, sendo a menor T_{ar} a 32 m e a maior T_{ar} a 22 m (Tabela 3). Concordando com Andrade et al. (2009) que mencionaram a média da T_{ar} na região de 25°C, portanto, as médias de T_{ar} em todo o perfil apresentaram uma diferença de 1 a 3°C em relação da média da região, contudo a média de todas as T_{ar} do perfil foi 24,22°C, T_{ar} característica da floresta.

Tabela 3: Médias, mínimas e máximas anuais da temperatura do ar (°C) a 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m de altura na REBIO Jaru, Rondônia no ano 2008.

Altura	Temperatura do ar (°C)		
	Mínimo	Máximo	Média
62 m	14,94	35,42	25,44
54 m	13,22	33,79	23,19
32 m	12,68	32,76	22,37
22 m	14,90	43,87	25,41
12 m	15,45	37,81	24,81
2 m	15,56	35,38	24,13

As mínimas T_{ar} ocorreram entre 32 e 54 m de altura, considerando que a altura média do dossel está entre 30 e 50 m (SANTOS, 1999), a razão pelo registro das menores temperaturas ar ser menor na região do dossel, é pertinente ao processo de evapotranspiração da planta, o qual causa uma elevação da umidade do ar e devido à alta concentração de água no local, faz com que a maior parte da energia recebida pela radiação solar é dissipada em forma de calor latente, ao invés de calor sensível, provocando conseqüentemente a redução da temperatura do ar (HERINGER; LUCAS, 2014).

A mínima da média diária da T_{ar} ocorreu na estação chuvosa (novembro a abril), provavelmente devido ao regime pluviométrico da região com maior ocorrência nesta estação (Figura 7). Durante a estação seca (maio a outubro), estação em que ocorre menor intensidade de precipitação, as T_{ar} foram maiores, estando de acordo com Aguiar et al. (2018), que mencionaram média da T_{ar} de 24,8°C na estação chuvosa e 26,2°C na estação seca.

Os menores valores das médias da T_{ar} ocorreram a 32 e 54 m do solo, no entanto, as T_{ar} em todas as alturas, apresentaram variabilidade semelhante, com maiores valores em setembro e outubro e menores em junho e julho.

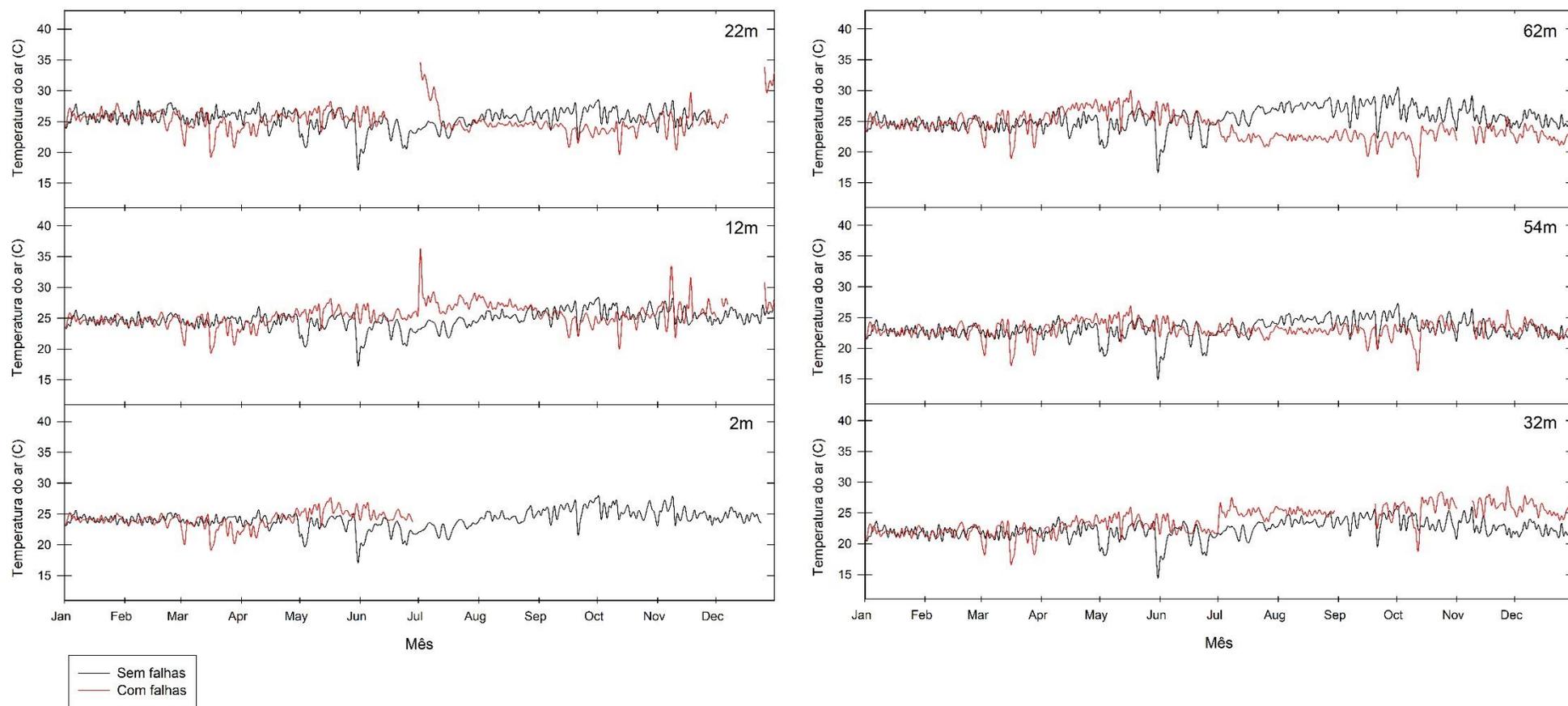


Figura 7: Média com as máximas e mínimas diárias da temperatura do ar a 2, 12, 22, 32 54 e 62 m de altura do solo no ano de 2008, na REBIO Jaru, RO.

A menor amplitude da T_{ar} ocorreu durante a estação chuvosa (Figura 8), concordando com Nascimento et al. (2016) que mencionaram que há diferença na amplitude térmica da T_{ar} entre as estações seca e chuvosa na Floresta Amazônica na REBIO Jaru, Rondônia.

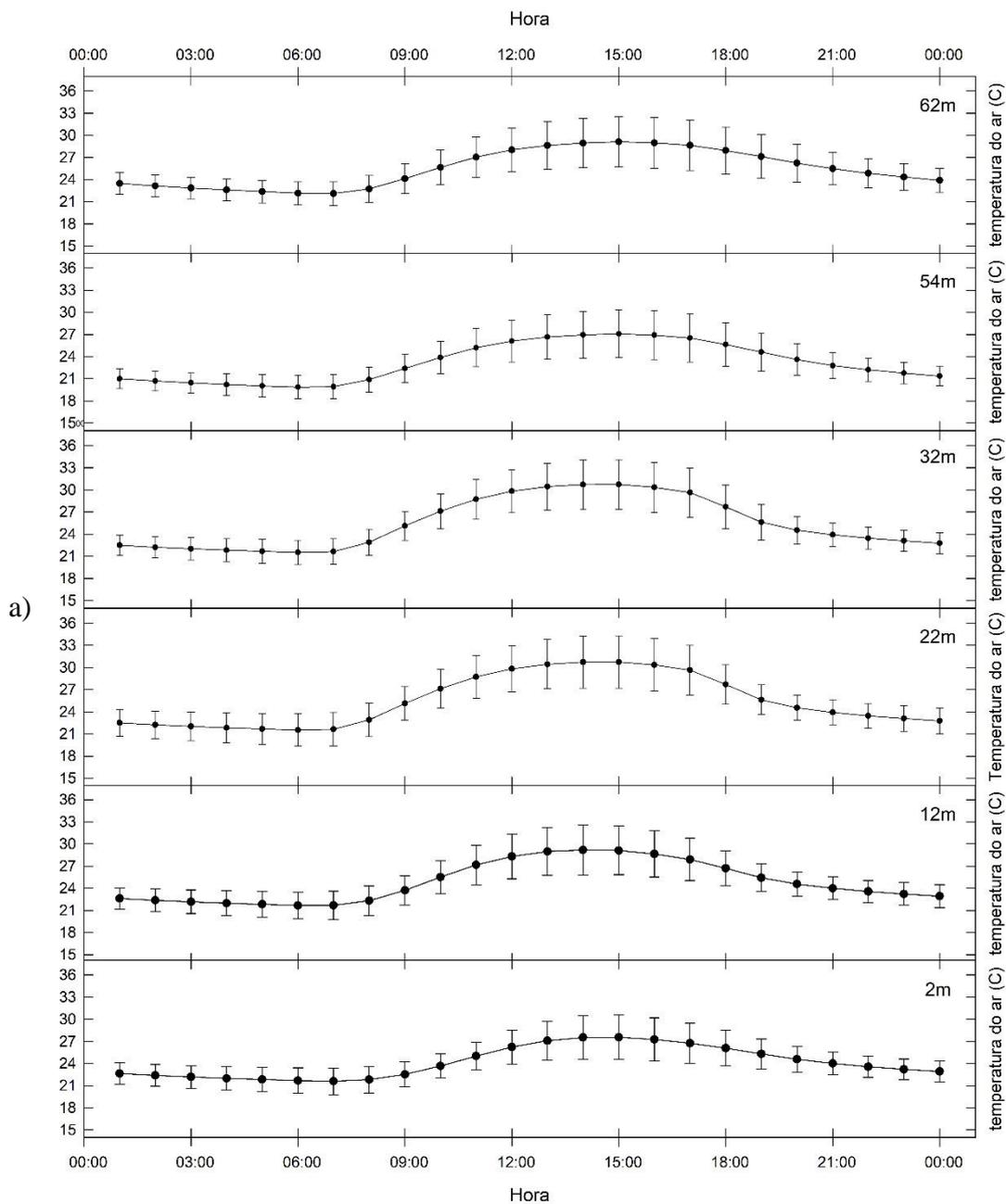
Continuando na estação seca, ocorreu as maiores T_{ar} de 2 a 22 m de altura, e uma redução na T_{ar} de 32 m e um aumento na T_{ar} de 54 a 62 m. A redução da T_{ar} a 32 m, esteve relacionada com a taxa de evapotranspiração do dossel (LEINONEN e JONES, 2004), já que a altura média do dossel é em torno de 35 m (GOMES et al., 2015).

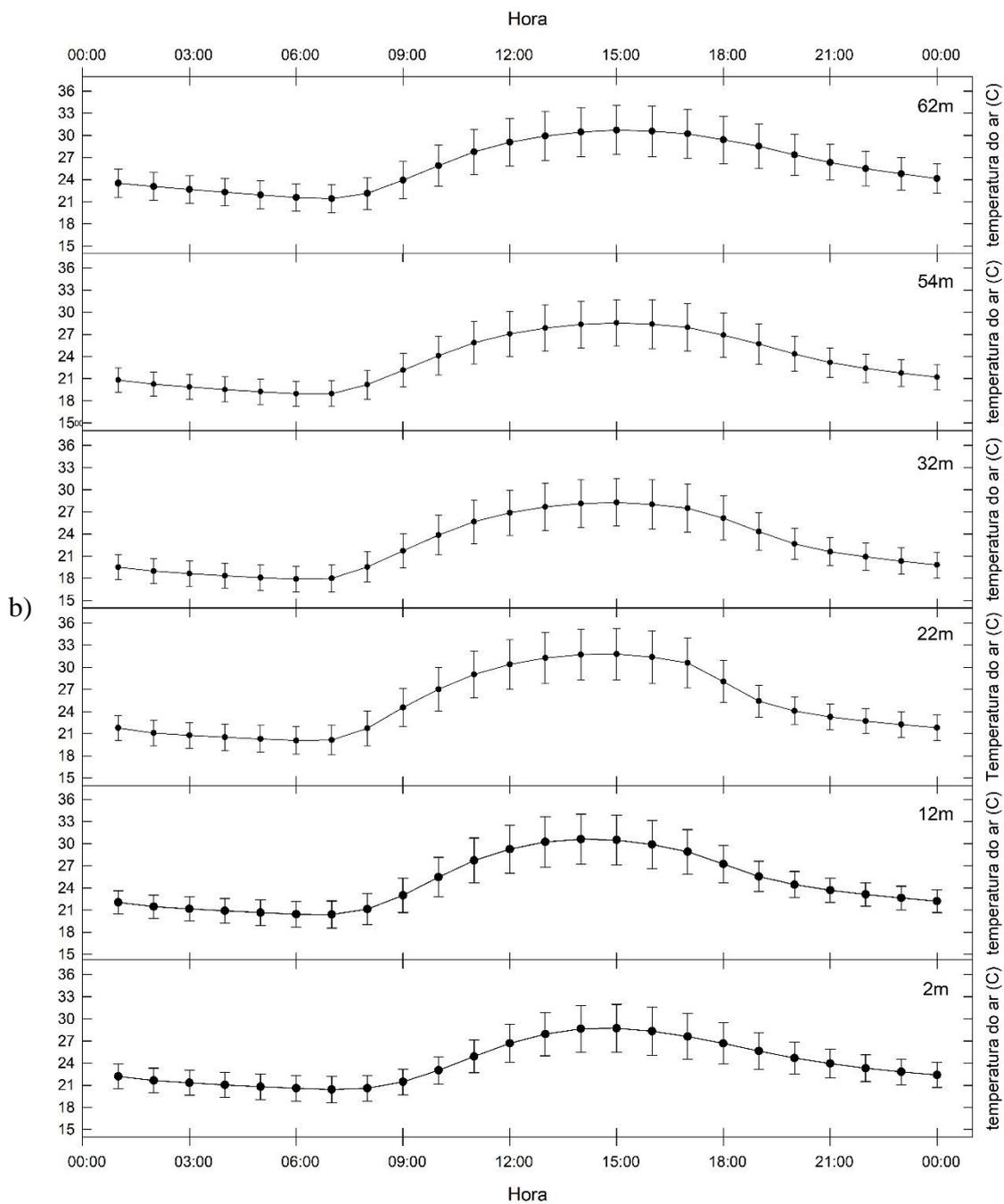
Com relação a variação da T_{ar} abaixo do dossel durante as estações, houve uma variação menor na estação chuvosa em relação a estação seca, no entanto, a T_{ar} a 62 m foi maior na seca, possivelmente devido as menores taxas de cobertura de nuvens na estação seca, permitindo assim uma maior incidência de radiação solar durante o dia, aumentando a energia disponível no sistema (ANDRADE et al., 2016).

Durante a estação chuvosa, a T_{ar} a 22 m teve uma maior variação da temperatura do ar entre as leituras realizadas pelos demais termômetros. Já as T_{ar} nas alturas de 32 e 54 m, foram inferiores as T_{ar} nas demais alturas.

Durante a estação seca houve uma diferença maior entre as médias e as medianas da T_{ar} , de 0,45°C a 1,4°C, provavelmente causada pela influência das friagens que são frentes frias que atingem a Amazônia durante o inverno (OLIVEIRA et al., 2004).

Contudo na estação seca ocorreram as menores médias de T_{ar} a 2, 12 e 22 m de altura em relação a estação chuvosa, ou seja, nas alturas abaixo das copas das árvores ocorreram uma redução na T_{ar} , enquanto, a 32, 54 e 62 m, que se situam na dentro e acima do dossel, houve uma elevação da T_{ar} em relação a T_{ar} na estação chuvosa. O fato ocorreu devido a radiação global solar incidente na parte baixa do dossel ser menor (SANTANA et al., 2018), mantendo desse modo as T_{ar} mais baixas.





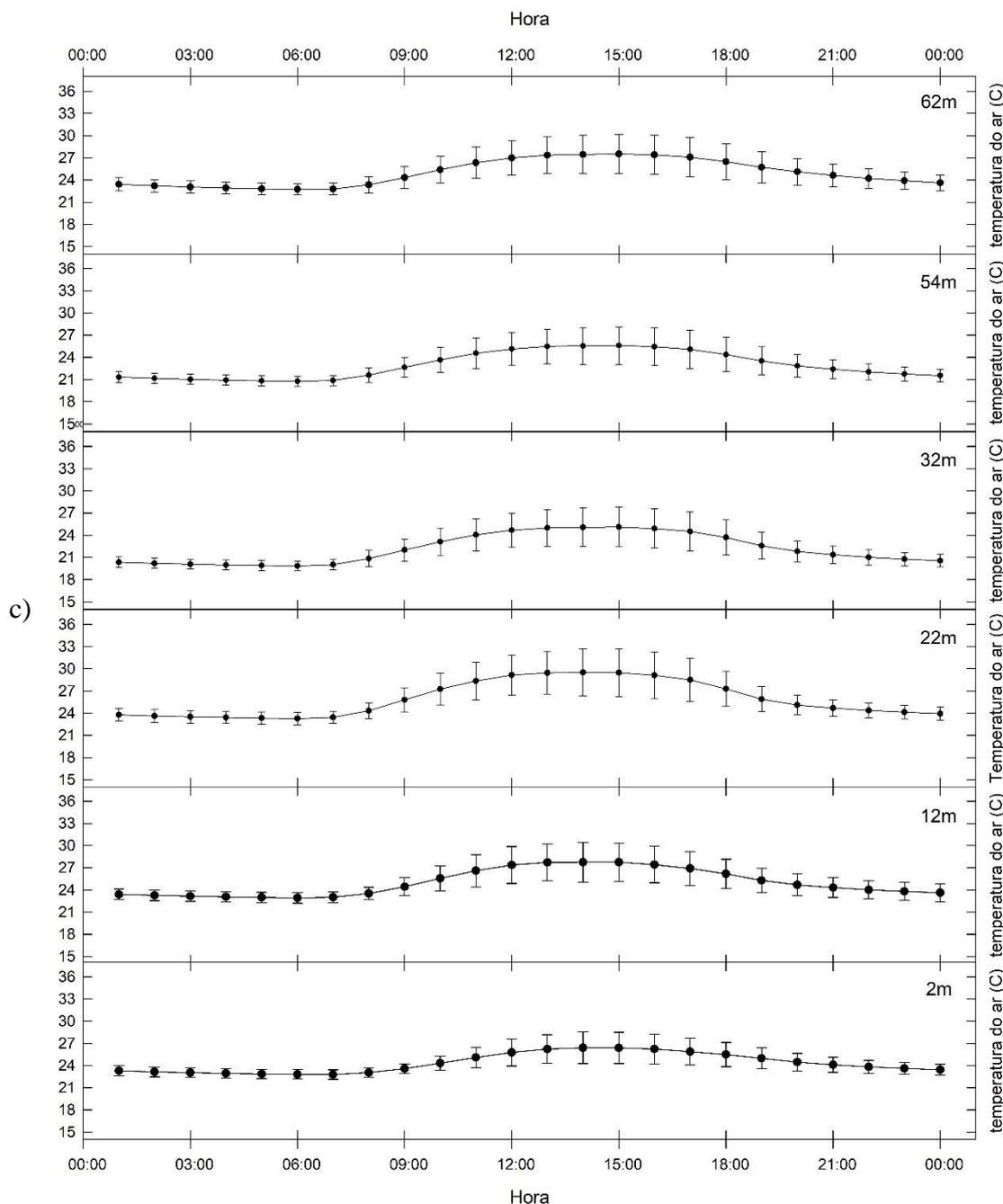


Figura 8: Dia médio da temperatura do ar (\pm DP) na estação seca (b) e chuvosa (c) no ano de 2008 (a) na REBIO Jaru, RO.

As T_{ar} a 2 m de altura tiveram menor variação durante um dia médio do ano, esse fato ocorreu devido a floresta ser densa, reduzindo a quantidade de radiação solar incidente no solo.

Moura et al. (2000), ao analisarem o perfil da radiação fotossinteticamente ativa dentro do dossel da Floresta Amazônica, verificaram a 2,5 m de altura do solo cerca de transmitância da radiação de 1,0% e 2,8% e Pezzopane et al. (2005) encontraram transmitância de 8,0% a 1 m de altura do solo na Mata Atlântica.

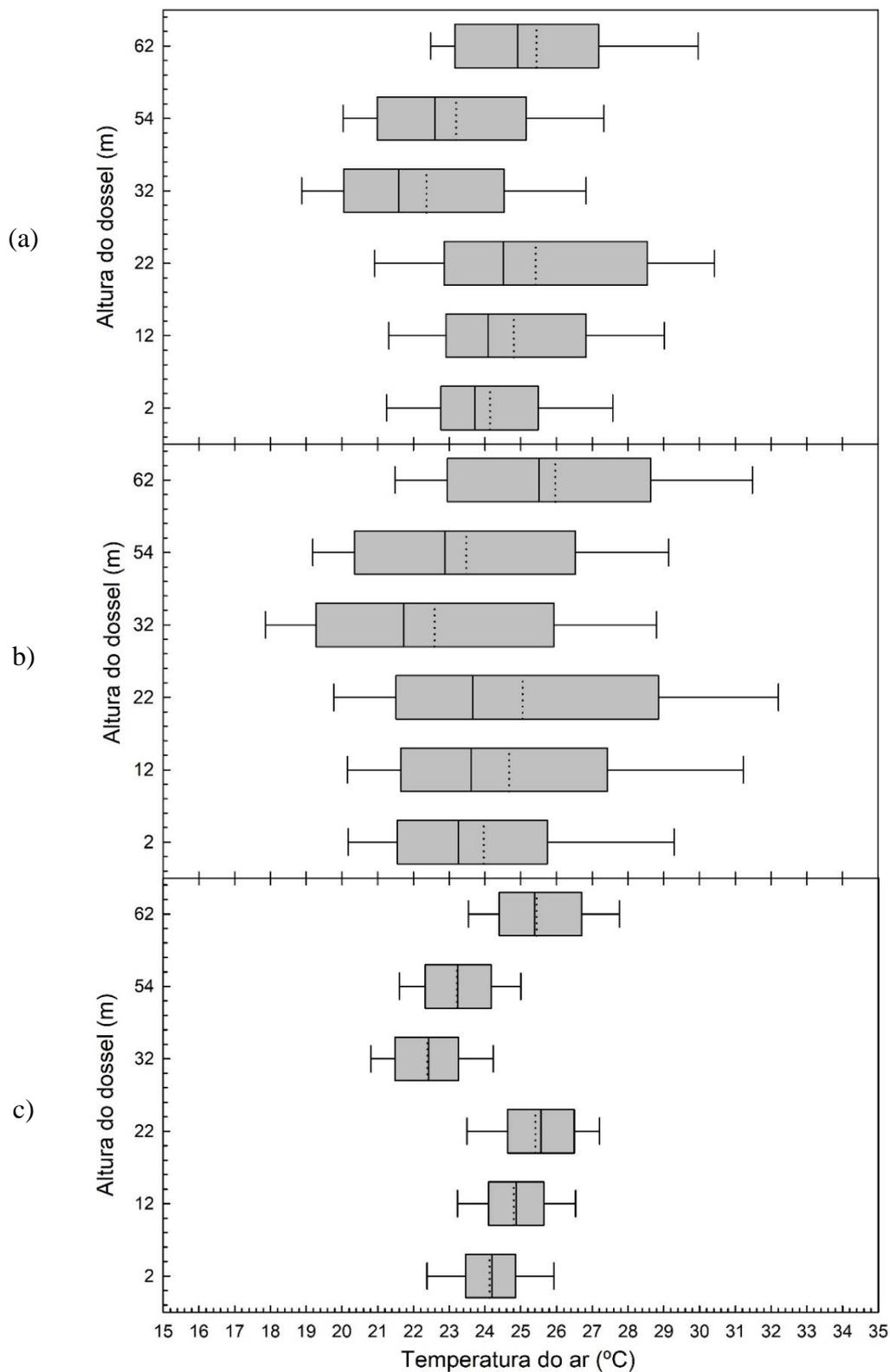


Figura 9: Boxplot do perfil da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) na estação chuvosa (a), seca (b) e no ano de 2008 (c). As linhas contínuas são as medianas e as linhas pontilhadas são as médias.

O Boxplot foi semelhante ao dia médio da T, com as menores T_{ar} a 32 m e a menor variação a 2 m (Figura 9).

A Figura 10 representa o mapa temporal do perfil da temperatura, no eixo x é representado as horas do dia, no eixo y a altura em metros em relação ao solo e as cores representam a temperatura em graus celsius (°C).

O mapa temporal da T_{ar} no ano de 2008 (Figura 10a), demonstra que a média da temperatura do ar deu-se entre 15 e 20 °C durante as 23h e 9h, já no horário em que apresentou as máximas temperaturas, a média da temperatura do ar foi próximo de 30°C. No entanto, a T entre 30 e 50 m foi menor que nas demais altura nos mesmos horários, confirmando assim a influência da cobertura vegetal na T_{ar} , conforme apresentado por Ziter et al. (2019), que mencionaram que a T_{ar} diminui com o aumento da cobertura das copa das árvores.

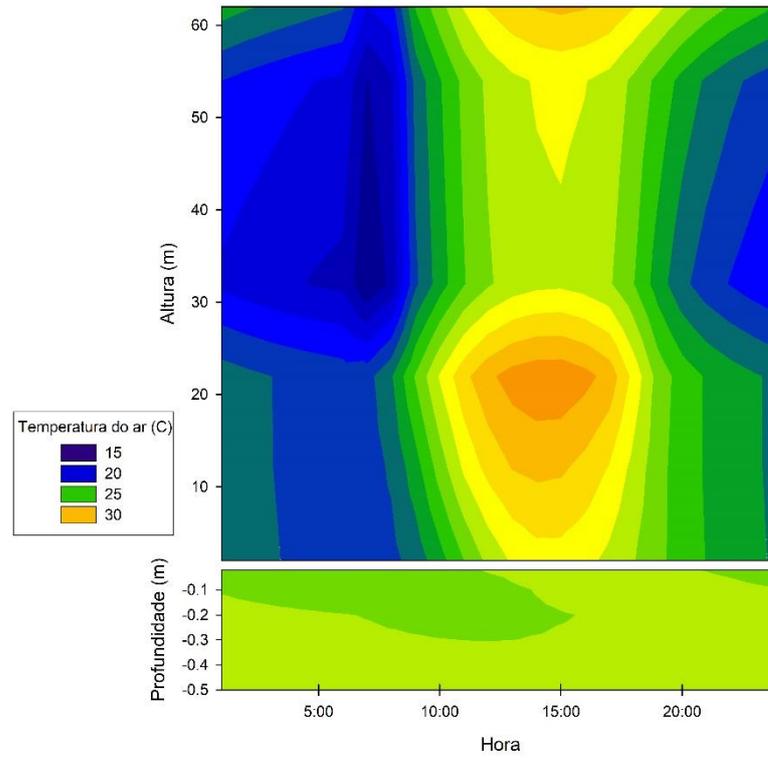
Ao analisar o mapa do mês mais úmido (Figura 10c), observou-se que a T_{ar} a 40 m de altura, em relação ao solo, foi mais baixa durante o dia, esse fato ocorreu devido ao aumento da capacidade de evapotranspiração da área, causado pela transpiração foliar, resultando a difusão do vapor de água através dos poros estomáticos (TAIZ; ZEIGER, 2009), gerando uma elevação da retenção de água na região, dessa maneira a maior parte da energia recebida pela radiação solar é dissipada em forma de calor latente, ao invés de calor sensível (YU; HIEN, 2006; ALBUQUERQUE; LOPES, 2016). No entanto, na mesma altura na estação seca (Figura 10b), conforme o horário local, entre as 10 e 17 h, houve uma elevação da T_{ar} , a ocorrência da elevação nesse período foi explicado pela baixa umidade do ar no período.

Na estação seca, a T_{ar} acima de 5 m apresentou uma temperatura mais baixa entre as 19 h e 9 h, já no intervalo entre 10 e 18 h, ocorreu um aumento na T, com pico as 15 h.

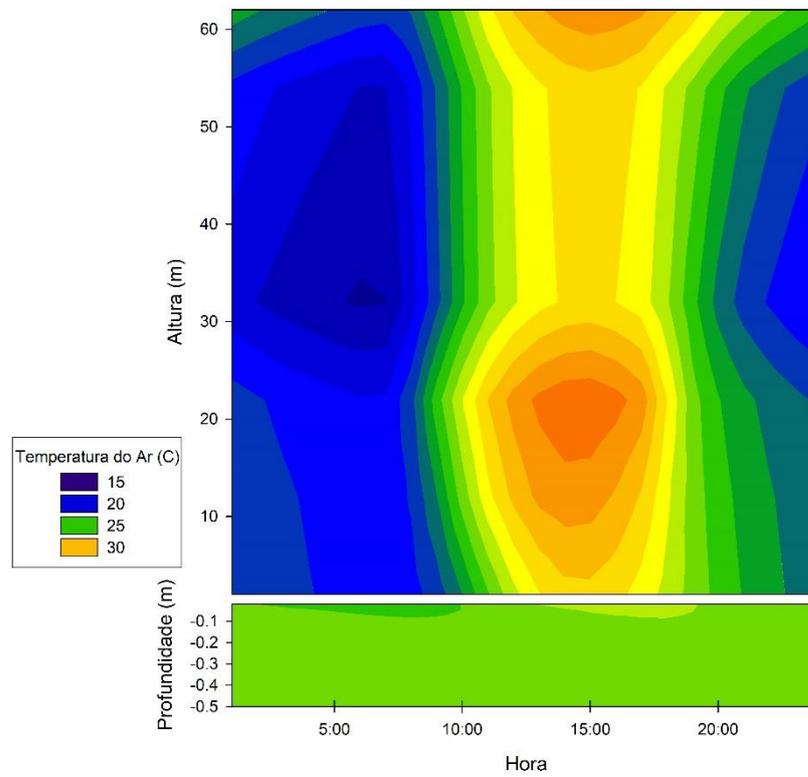
O horário em que a T apresentou-se mais elevado durante as estações, ocorreu por volta das 15 h, na estação seca, onde registrou-se leituras de aproximada de 30°C dentro do dossel, entre 30 e 50 m, diferentemente da estação chuvosa, onde houve um aumento da T_{ar} , porém ela esteve entre 20 °C a 25°C. A diferença entre a T_{ar} nas estações está relacionada a umidade do ar, em que na estação seca é menor que na estação chuvosa.

Na estação chuvosa, as T_{ar} acima do dossel estiveram em torno a 25°C e na estação seca acima de 30°C, motivo da diferença de temperatura acima do dossel entre a estação seca e chuvosa, decorreu devido a estação chuvosa ter uma maior quantidade de nuvem em relação a seca (ANDRADE et al., 2016).

a)



b)



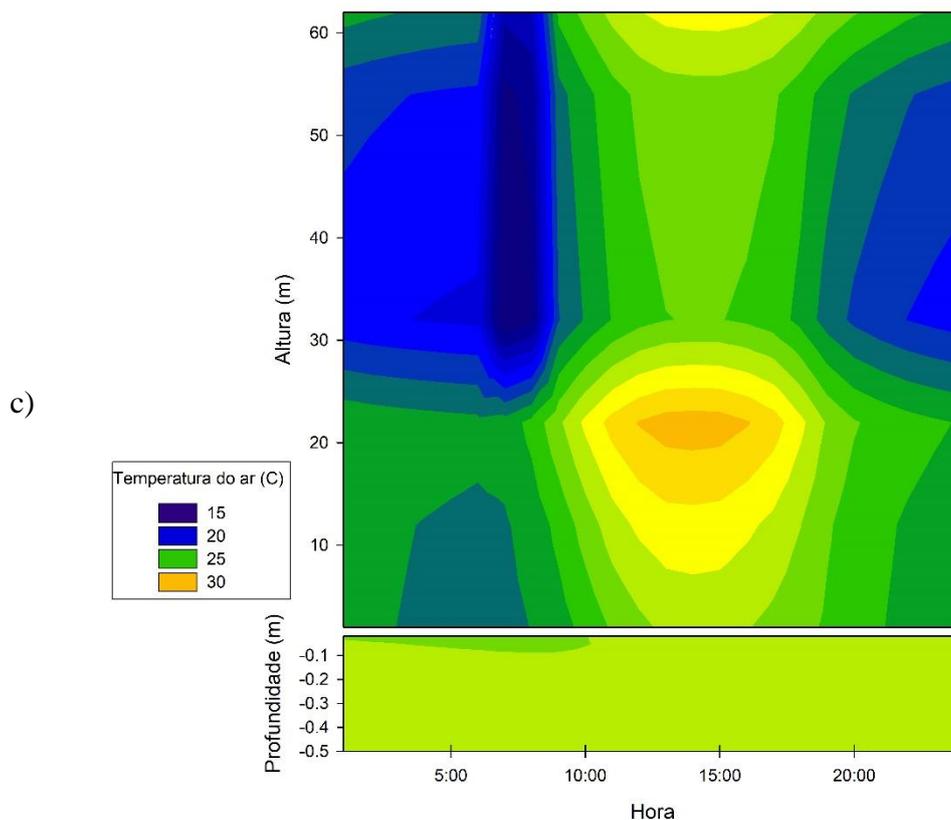


Figura 10: Mapa temporal do perfil da temperatura do ar durante um dia típico do ano de 2008 (a), na estação seca (b) e chuvoso (c).

As T_{solo} entre 0 e 30 cm, durante o ano de 2008, apresentou as mínimas T_{solo} as 10h, e máximas entre as 10h e 20h e após as 20h a T_{solo} diminuiu.

A maior T_{solo} ocorreu na estação chuvosa entre as 10h e 23h, no horário local, no entanto as temperaturas mais baixas estiveram entre 0 e 10 h. Na estação seca, entre 14 e 19 h, ocorreram as maiores T_{solo} e entre as 4h e 10h, a menores.

Pelo teste Kolmogorov-Smirnov verificou-se a não normalidade dos dados, utilizando então para a correlação entre as temperaturas nas alturas, a correlação de Spearman (Tabela 4), que foi positiva em todas as T_{ar} em diferentes alturas, ou seja, se a T_{ar} em uma determinada altura aumentou, a T_{ar} nas demais alturas aumentaram.

Tabela 4: Correlação de Spearman (ρ) entre as temperaturas do ar nas a 2, 12, 22, 32, 54 e 62 m de altura REBIO Jaru/RO, no ano 2008.

T _{ar}	Estatística	T _{ar}					
		2 m	12 m	22 m	32 m	54 m	62m
2 m	ρ .	1,00	0,99	0,94	0,95	0,93	0,89
	p-valor	.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Elementos válidos	51587	51587	48015	51567	51567	51572
12 m	ρ	0,99	1,00	0,97	0,96	0,94	0,89
	p-valor	0,00	.	0,00	0,00	0,00	0,00
	Elementos válidos	51587	52621	48015	52601	52601	52606
22 m	ρ	0,94	0,97	1,00	0,95	0,92	0,84
	p-valor	0,00	0,00	.	0,00	0,00	0,00
	Elementos válidos	48015	48015	48015	47995	47995	48000
32 m	Coef. de correlação	0,95	0,96	0,95	1,00	0,98	0,94
	p-valor	0,00	0,00	0,00	.	0,00	0,00
	Elementos válidos	51567	52601	47995	52684	52684	52684
54 m	ρ	0,93	0,94	0,92	0,98	1,00	0,97
	p-valor	0,00	0,00	0,00	0,00	.	0,00
	Elementos válidos	51567	52601	47995	52684	52684	52684
62 m	ρ	0,89	0,89	0,84	0,94	0,97	1,00
	p-valor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	.
	Elementos válidos	51572	52606	48000	52684	52684	52689

4.2 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DO PERFIL DA TEMPERATURA DO AR

Após analisar a correlação entre as T_{ar} em diferentes alturas, fez-se a análise espaço-temporal utilizando de semivariograma (Figura 11), dessa maneira, observou-se a dependência temporal entre as T_{ar} . O semivariograma analisado, não apresentou o formato de um variograma clássico, como os modelos esféricos, gaussiano ou hiperbólico.

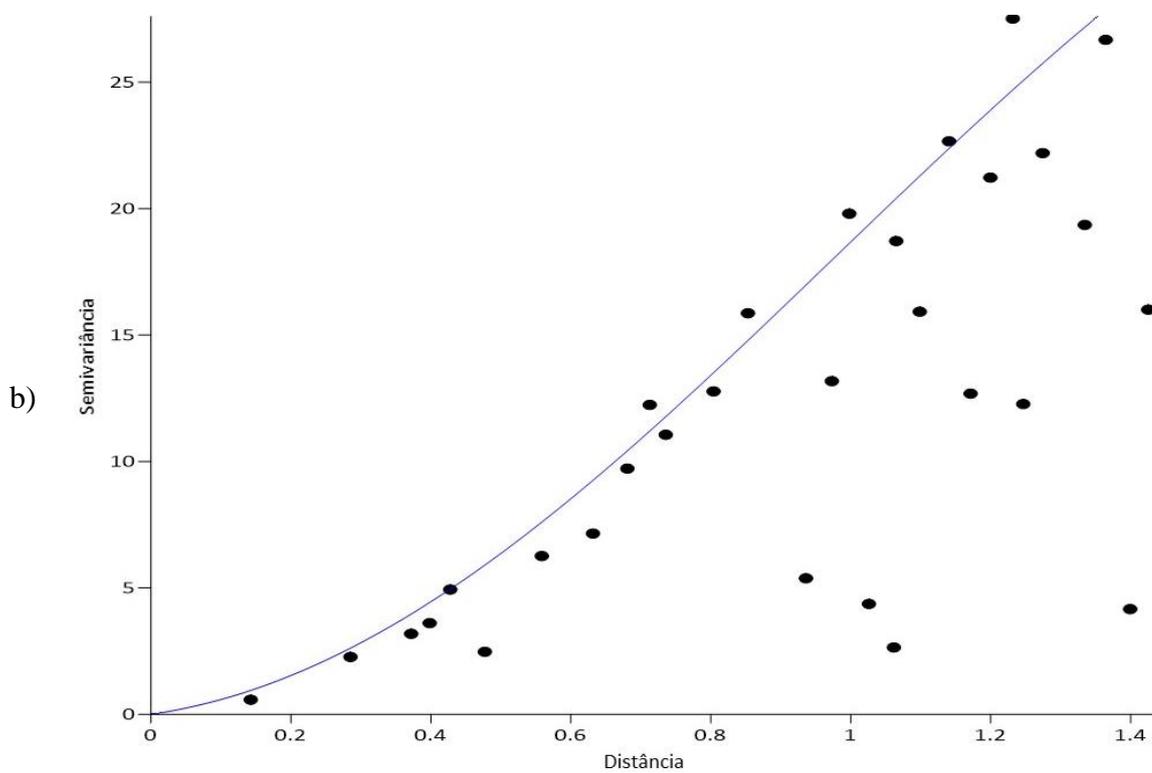
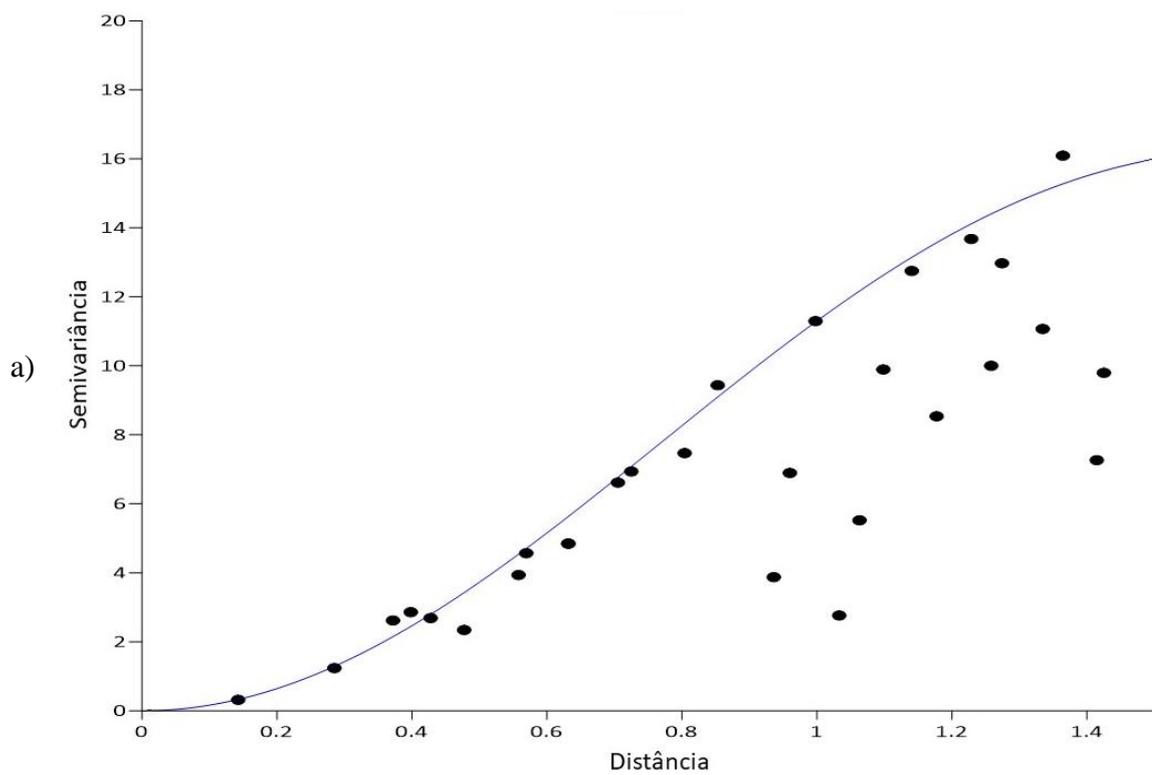
O semivariograma ao atingir o patamar não estabilizou e aumentou, conforme o formato do variograma durante a estação seca com uma descendência do patamar de maneira bem sutil, onde o modelo onda foi o que melhor descreveu esse comportamento.

Modelo semelhante foi mencionado por Cunha et al. (2018), em que a configuração senoidal em estudos temporal sobre o albedo.

O alcance indicou a distância temporal, onde o crescimento do semivariograma e o patamar na distância 1,4, ponto máximo de crescimento, isso porque as T_{ar} apresentaram um ciclo temporal de aproximadamente 10h, duração da insolação na região. O efeito pepita foi próximo a zero, devido a dependência forte entre a T_{ar} e a hora do dia.

Após construir os semivariogramas, foi realizada o mapa de contorno da krigagem, mostra as isolinhas que representam a variabilidade espacial da temperatura do em relação à altura do solo (Figura 12), onde o eixo x representou o tempo e o eixo y a T_{ar} nas alturas. Como houve um redimensionamento nas escalas houve a conversão dos valores dos eixos x e y em metros e horas.

A T_{ar} mais baixa, (coloração azul na Figura 12a), ocorreu entre as 20h (1,04) e as 10h (-0,39) e as T_{ar} mais altas ocorreram entre as 10h e as 20h (Figura 12a). As T_{ar} mais amenas ocorreram a 32 m (0,1) e 54 m (1,12), conforminando uma característica da região onde a altura média do dossel está entre 30 e 50 m (SANTOS, 1999).



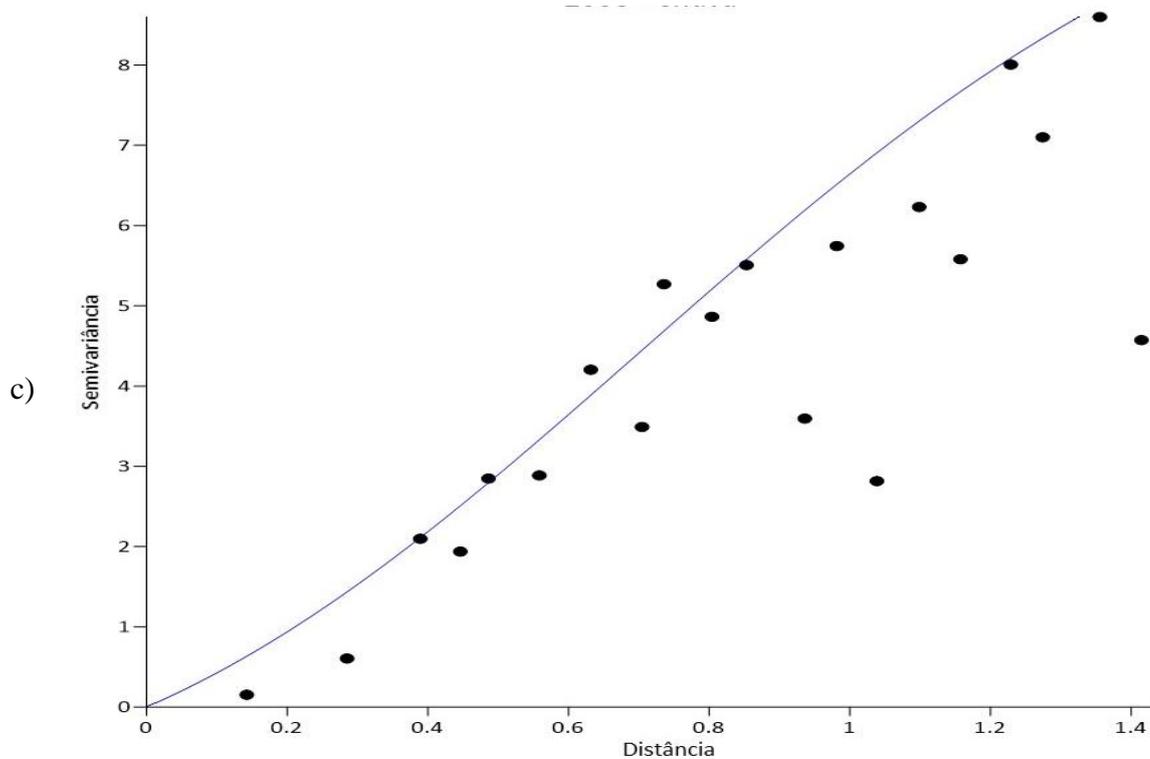
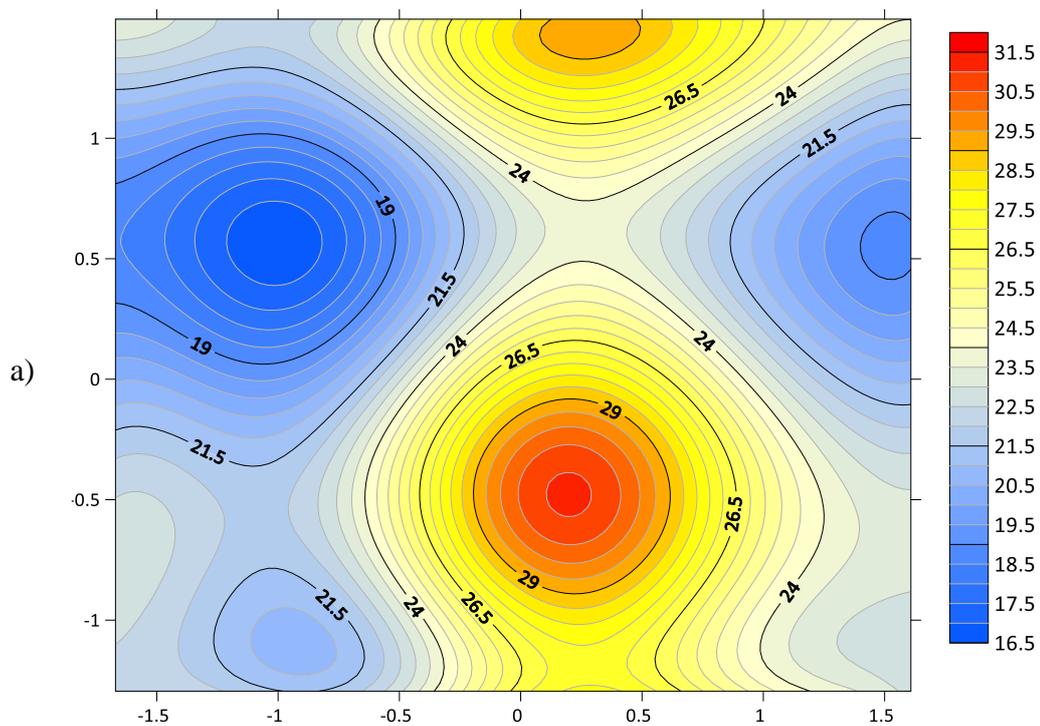


Figura 11: Semivariograma da temperatura do ar no ano de 2008 (a), na estação seca (b) e chuvosa (c).



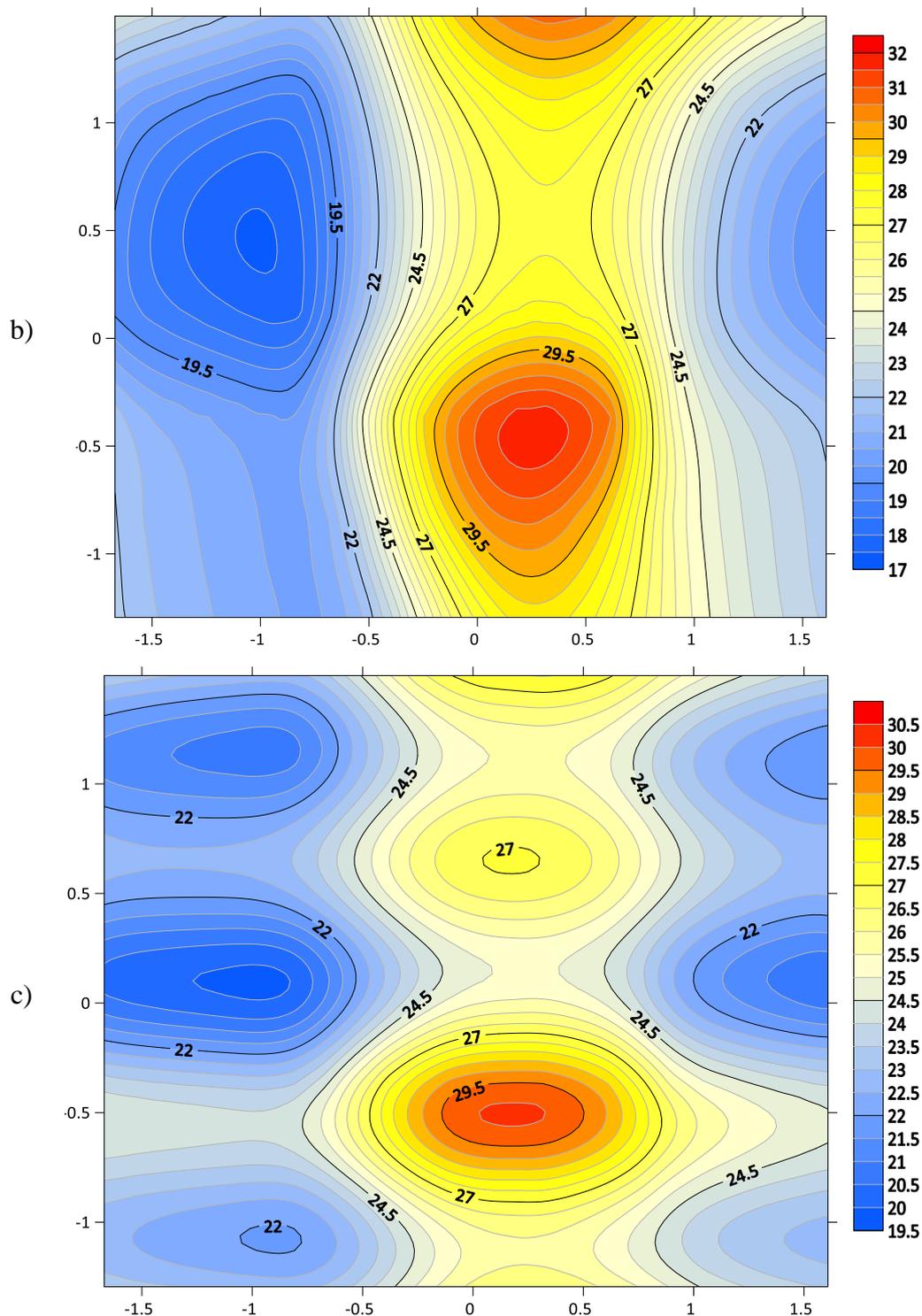
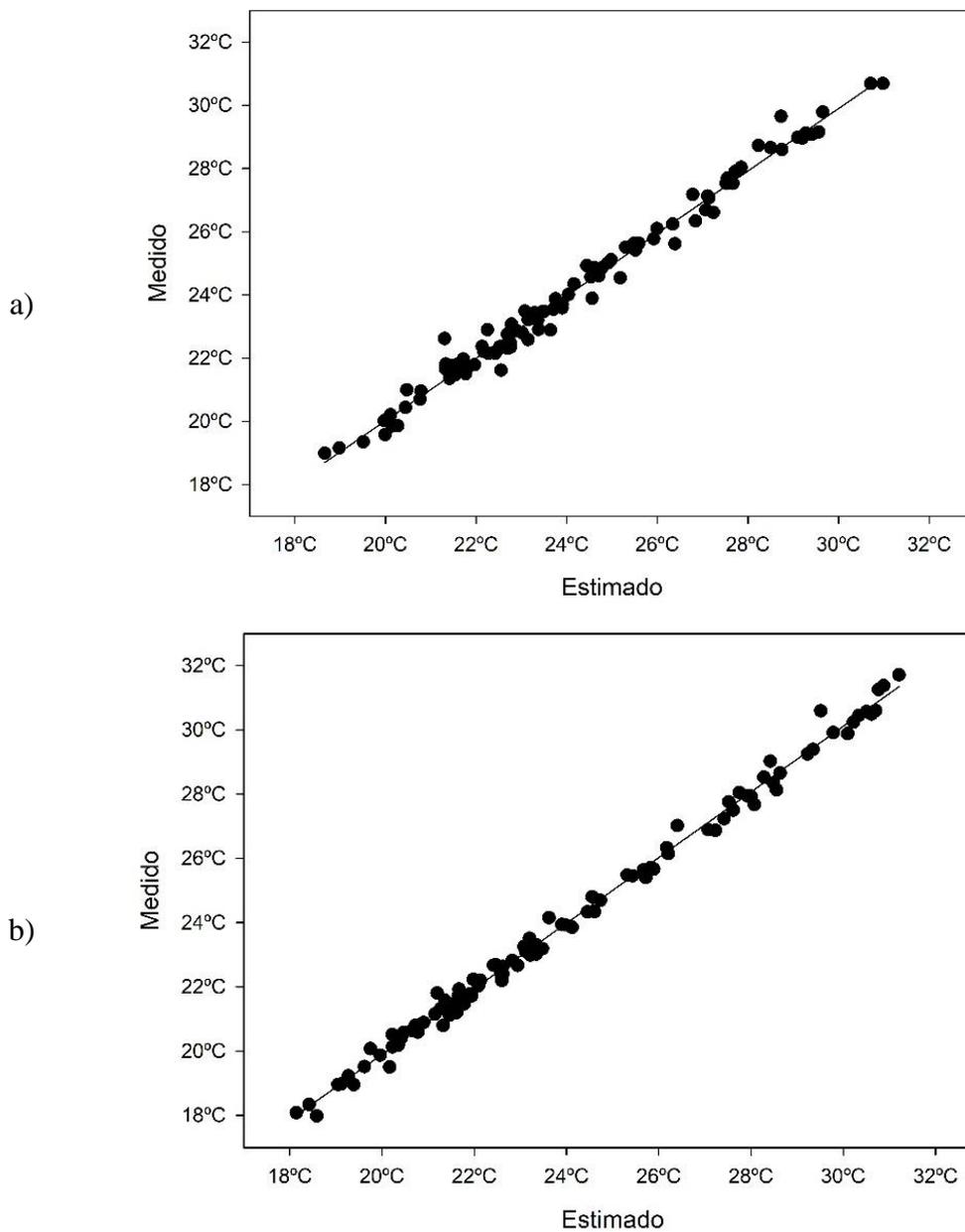


Figura 12: Gráfico da predição do ano de 2008 (a), nas estações seca (b) e chuvosa (c).

Durante a estação chuvosa, houve T_{ar} menor, o evento ocorreu nos horários entre 10h (-0,39) e 20h (1,04), o mesmo aconteceu durante o desenvolvimento do mapa temporal do perfil do T_{ar} na estação chuvosa (Figura 10c).

No entanto, para aferir a predição realizado pela krigagem, realizou-se a validação cruzada. Para a estimativa do período de todo o ano de 2008, a krigagem apresentou uma acurácia de 98,6%, na estação chuvosa o modelo apresentou uma

acurácia maior, cerca de 99,79% e para a estação seca a acurácia foi 99,46%, a Figura 13 apresenta o gráfico de dispersão, juntamente com a linha de tendência da análise.



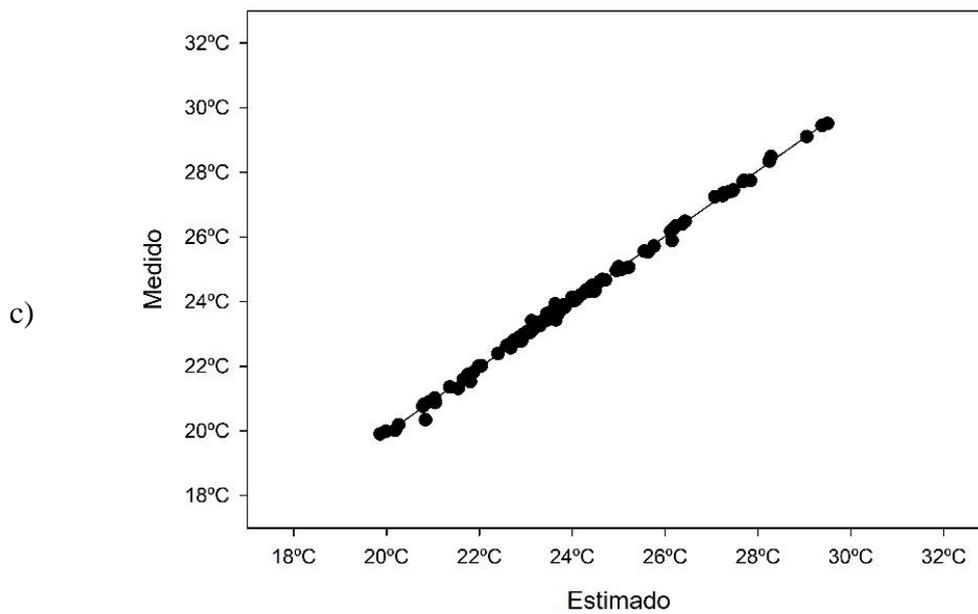
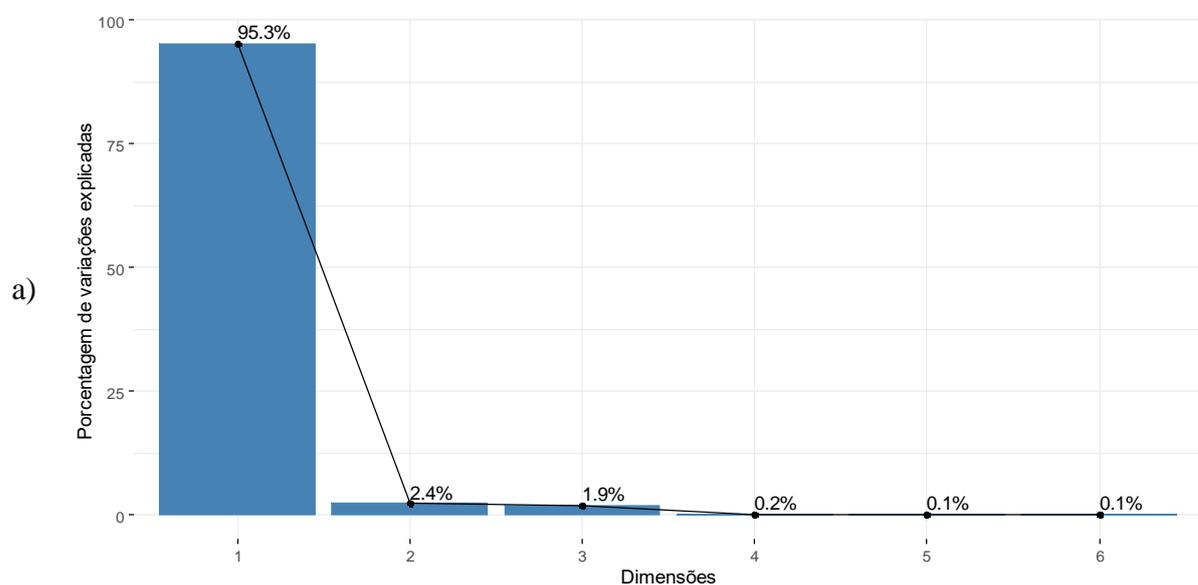


Figura 13: Gráfico de dispersão, com a linha de tendência da análise do ano de 2008 (a), nas estações seca (b) e de chuvosa (c).

4.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Na Análise de Componentes Principais (ACP) houve a inter-relação entre as T_{ar} nas diferentes alturas. Considerando a T_{ar} no ano de 2008, a primeira dimensão foi responsável por 95,3% da variação total das T_{ar} , na dimensão 2 influencia apenas 2,4% da variação e as outras dimensões apresentaram uma influência abaixo de 2%.



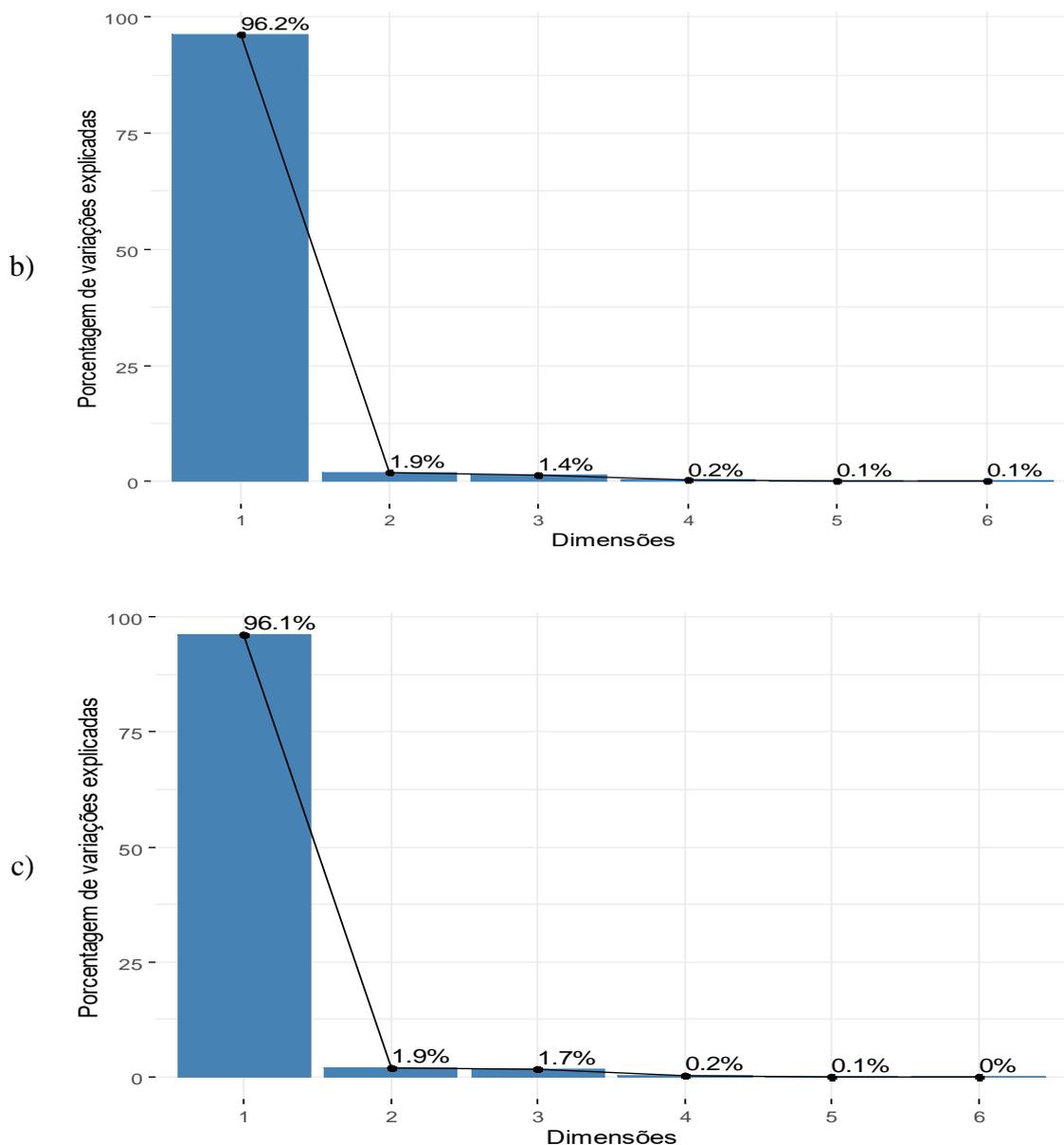


Figura 14: Autovalor dos componentes principais do perfil de temperatura do ar no ano de 2008(a) e na estação chuvosa (b) e seca (c).

A mesma análise PCA realizada no ano de 2008, também foi realizada na estação chuvosa (Figura 14b) e seca (Figura 14c), onde a dimensão 1 foi a dimensão com a maior representatividade dos dados, assim como aconteceu na análise dos dados de todo o ano de 2008 (Figura 14a).

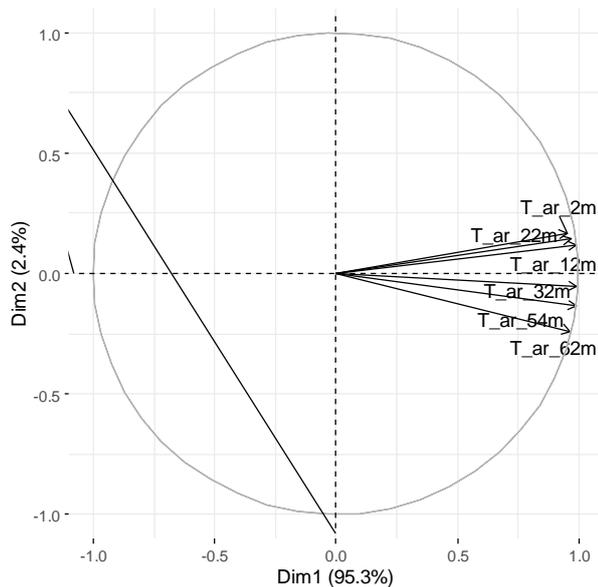
No entanto quando a análise foi realizada por estação, a dimensão 1 apresentou uma taxa de representatividade dos dados maior que a análise referente a todo o ano de 2008. A dimensão 2, em ambas estações tiveram uma influência menor que 2%, diferente da análise dos dados de todo o ano de 2008, que representou cerca de 2,4%.

Portanto ao utilizar apenas uma dimensão gerada pelo ACP, 95,3% dos dados representou as T_{ar} nas diferentes alturas no ano de 2008 da Floresta

Amazônica. Este resultado corrobora com um estudo realizado por Pineda-martínez e Carbajal (2017), analisando variáveis climáticas no México, demonstraram que apenas três dimensões foram suficientes para explicar 82,1% dos dados. No entanto, Vindel et al. (2016) apresentaram na ACP da variação dos dados apenas uma dimensão, a qual explica 81% da variância para estimativa do satélite e 91% para modelos numéricos sobre a comparação de estimativas de radiação solar global estimadas por sensoriamento remoto e por modelo numérico de previsão do tempo na Espanha Continental..

As T_{ar} abaixo do dossel a 2, 12 e 22 m de altura tiveram uma correlação entre si maior do que entre as T_{ar} a 32, 54 e 62 m (Figura 15). No entanto, a menor correlação entre a T_{ar} , ocorreu com a T_{ar} a 2 m e a 62 m. A temperatura do ar no ano de 2008, teve cada vetor representado por uma variável, de modo que todos os vetores tiveram os mesmos comprimentos e praticamente a mesma direção, isso porque as temperaturas do ar em alturas diferentes foram correlacionadas positivamente.

a)



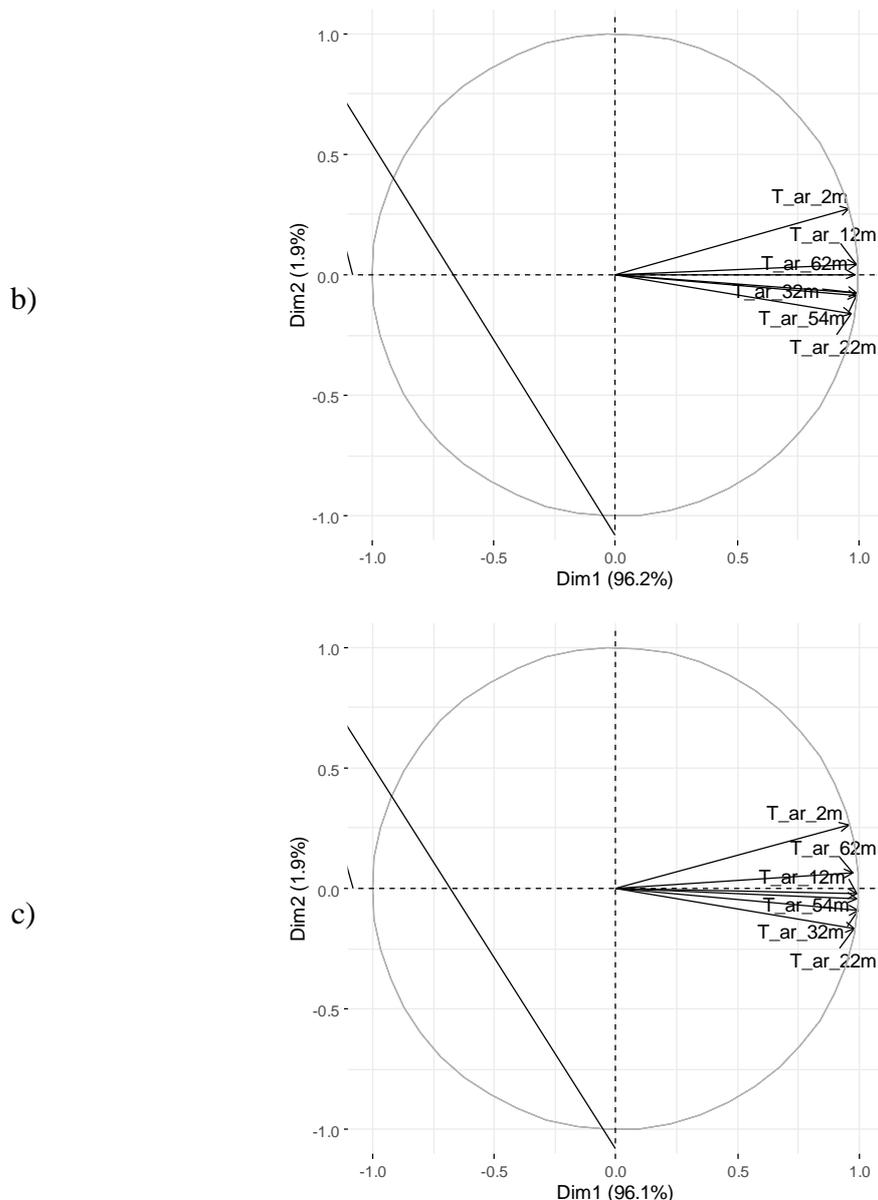


Figura 15: Biplot Dimensão 1 (Dim1) versus Dimensão 2 (Dim2) entre as temperatura do ar medidas a 2, 12, 22, 32 e 62 m de altura do solo no ano de 2008 (a) e durante s estação chuvosa (b) e seca (c).

O gráfico Biplot das T_{ar} nas estações chuvosa (b) e seca (c), o qual apresentou os vetores com as mesmas direções e comprimentos apresentados pela análise feita no ano de 2008, apresentando a Dimensão 1 como a de maior representatividade nas variáveis em estudo.

No entanto ocorreu uma pequena variação entre as variáveis, na estação chuvosa, a T_{ar} a 12 m teve uma influência maior na T_{ar} a 62 m do que a T_{ar} a 22 m, logo na estação seca a T_{ar} a 12 m, teve uma influência maior na T_{ar} a 54 m do que a 2 m.

Já a T_{ar} a 2 m do solo foi a T_{ar} que mais apresentou diferença entre as correlações, em que há uma correlação maior entre a T_{ar} a 2 m em relação a de 12 m na estação chuvosa, diferentemente da estação seca, o qual a correlação foi maior

com a T_{ar} a 62 m, no entanto no ano de 2008 a T a 2 m teve uma relação maior com a T_{ar} a 22 m. Portanto, foi possível identificar as diferenças entre as T_{ar} nas estações e como são influenciadas nas estações do ano na Floresta Amazônica.

Pelos Biplot (Figura 15), a T_{ar} em diferentes alturas tiveram certo grau de correlação entre si, pois nenhuma delas teve um vetor com ângulo superior a 90° (HONGYU; SANDANIELO; OLIVEIRA JUNIOR, 2016), portanto cada T_{ar} teve uma influência de maior ou menor grau sobre a outra.

Portanto, a expressividade da dimensão 1 na PCA, foi devido aos vetores das variáveis estarem próximos ao valor 1,0 no eixo x , (Dimensão 1), e foram menores que 0,5 no eixo y (Dimensão 2).

Na correlação entre as dimensões da T_{ar} no ano de 2008 (Figura 16a), observou-se o quanto cada variável foi expressada por cada dimensão, portanto, na dimensão 1, todas as 6 variáveis foram representadas com uma influência acima de 92%, já as demais dimensões não representaram mais que 6% ou até mesmo omitiram alguma das variáveis.

a)

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
T_{ar_2m}	0.91	0.03	0.06	0	0
T_{ar_12m}	0.98	0.01	0	0.01	0
T_{ar_22m}	0.94	0.02	0.04	0	0
T_{ar_32m}	0.99	0	0.01	0	0.01
T_{ar_54m}	0.98	0.02	0	0	0
T_{ar_62m}	0.93	0.06	0.01	0	0

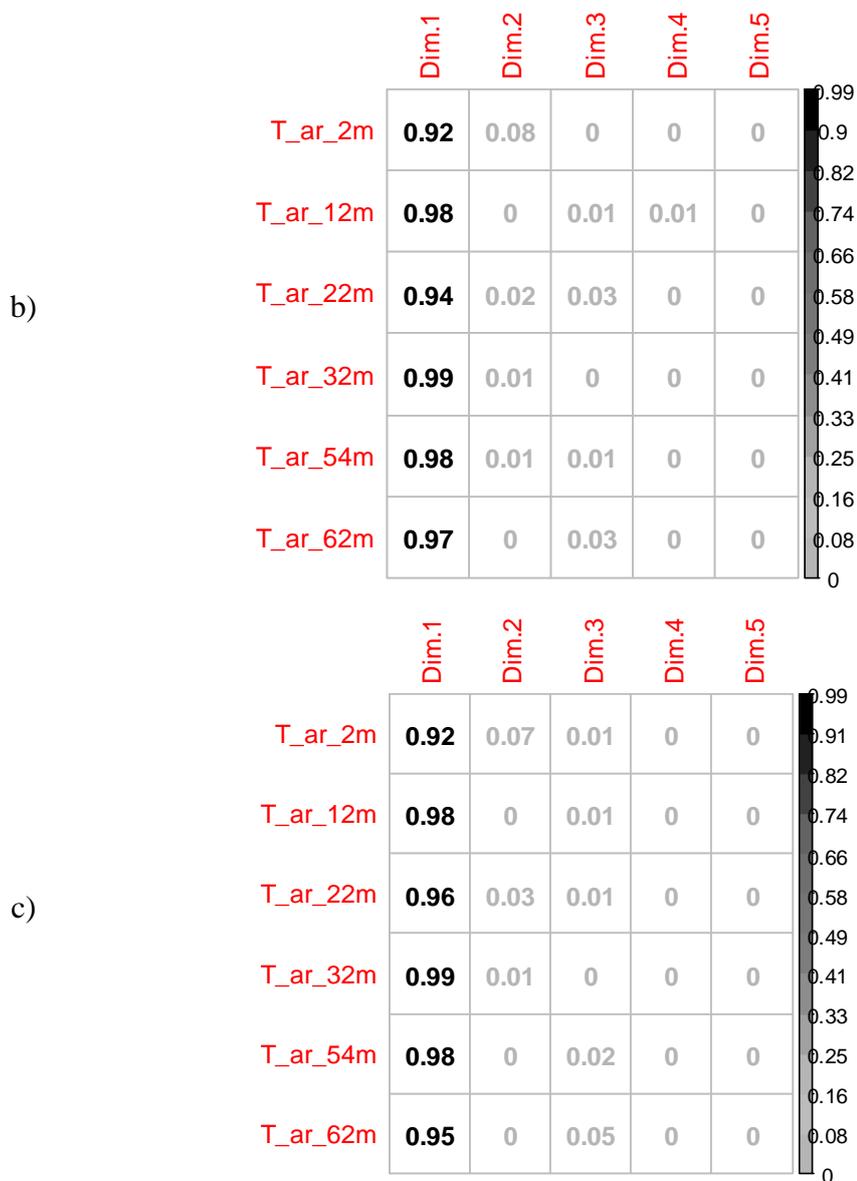


Figura 16: Correlação entre as dimensões e as variáveis de temperatura do ar no ano de 2008 (a) e nos estação chuvosa (b) e seca (c).

Já na correlação entre as dimensões com da T_{ar} na estação seca (c) e na chuvosa (b), apresentaram uma diferença pouco significativa entre a correlação da dimensão 1 (Dim 1) com as T_{ar} entre estações, ao comparar as T_{ar} nas estações e as anuais, observou-se que as diferenças entre as correlações das variáveis com a dimensão foram pequenas, isso porque a dimensão 1 representou a maioria das T_{ar} , tanto no ano 2008, quanto nas estações chuvosa e seca.

5. CONCLUSÃO

Durante a análise das relações entre as temperaturas do ar em diferentes alturas em relação ao solo no dossel do sudoeste da Floresta Amazônica, permitiu identificar, durante a caracterização temporal, que a temperatura do ar nas diferentes alturas teve sazonalidade, com maior amplitude entre as mínimas e máximas durante a estação seca.

Ainda durante a caracterização temporal, constatou-se que a temperatura do ar dentro do dossel, apresentou leituras inferiores as das demais alturas devido a estrutura de vegetação

Ao utilizar a geoestatística para obter a relação entre as temperaturas do ar em diferentes alturas do solo em relação ao tempo, concluiu-se que a temperatura do ar apresentou uma dependência espacial cíclica, indicando dessa maneira um ciclo temporal de aproximadamente 10 horas, apresentando relacionamento com o ciclo de insolação da região.

Na Análise de Componentes Principais, constatou-se que existe uma forte influência entre as T_{ar} nas diferentes alturas, independente da estação do ano, no entanto apenas uma variável descreve as demais, pois, apesar de sofrerem influências externas devidos a altura onde foram mensurados, as temperaturas do ar apresentaram o mesmo padrão de comportamento.

Portanto, após a realização das análises conclui-se que a presença da Floresta Amazônica influencia diretamente na temperatura do ar, formando assim o microclima da região.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFIA

AGUIAR, Renata Gonçalves et al. Energy balance closure in the Southwest Amazon forest site—a statistical approach. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 136, n. 3-4, p.1209-1219, 6 jul. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-018-2548-8>.

ALBUQUERQUE, Marcos Machado de; LOPES, Wilza Gomes Reis. Influência Da Vegetação Em Variáveis Climáticas: Estudo Em Bairros Da Cidade De Teresina, Piauí. **Ra'e Ga**, Curitiba, v. 36, p.38-68, abr. 2016.

ALVES, Keylyane Santos da Silva. **Validação da Precipitação Estimada Pelos Produtos 3B42 E 3B43 do TRMM Sobre a Reserva Biológica Jaru – RO**. 2017. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

AMORIM, Tamiris Xavier; SENNA, Mônica Carneiro Alves; CATALDI, Marcio. Impactos do Desmatamento Progressivo da Amazônia na Precipitação do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, maio 2019. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58303/38524>. Acesso em: 11 dez. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v24i0.58303>.

ANDRADE, Nara Luisa Reis de et al. Partição do Saldo de Radiação em Áreas de Floresta Amazônica e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 24, n. 3, p.346-355, set. 2009.

ANDREAE, M. O.. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: the Iba-eustach experiments. **Journal Of Geophysical Research**, [s.l.], v. 107, n. 20, p. 341-392, 2002. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2001jd000524>.

ANDRADE, Nara Luisa Reis de et al. Variabilidade Sazonal e Interanual do Microclima em Área de Floresta no Sudoeste da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, p.169-176, 20 jul. 2016. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x20148>.

AZEVEDO, Guilherme Benelli de. **Composição, Estrutura e Diversidade em Floresta Ombrófila na Reserva Biológica do Jaru-Ro.** 2014. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

BASSET, Y. et al. Arthropod Diversity in a Tropical Forest. **Science**, v. 338, n. 6113, p.1481-1484, 13 dez. 2012. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1226727>.

BASTOS, Rafael Lemos. **Métodos para Seleção de Modelos de Semivariograma em Campos Aleatórios Gaussianos.** 2017. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Estatística e Experimentação Agropecuária, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

BRASÍLIA. Luiz Sergio Ferreira Martins. Ministério do Meio Ambiente (Org.). **Plano de Manejo: Reserva Biológica de Jaru.** Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2010. 65 p.

CAMARGO, E.C.G., Geoestatística: Fundamento e Aplicações. In: CAMARA, G.; MEDEIROS, J.S. **Geoprocessamento em Projetos Ambientais.** ed 2. São José dos Camps, INPE, p.36, 1998

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CORREIA, F. W. S.; MANZI, A. O.; CÂNDIDO, L. A.; SANTOS, R. M. N. D. e PAULIQUEVIS, T. **Balço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal.** Ciência e Cultura, v.59 n.3, p. 39-43, 2007.

CULF. In: JHC. GASH, J. H. C; NOBRE, C. N.; ROBERTS, J. M; VICTORIA, R. M, Editors, **Amazonian Deforestation and Climate**, Wiley, Nedlands, W.A. ISBN 0-471-96734-3. 1996.

CUNHA, Cristiano Rocha da et al. Aplicação do método geoestatístico de semivariograma no tempo para o albedo de radiação global. **Proficientia: Periódico Multidisciplinar do IFMT**, Cuiabá, v. 11, p.100-117, 2018.

DAVIDSON, E. A.; Artaxo, P. 2004. Globally significant changes in biological processes of the Amazon Basin: Results of the Large-scale Biosphere-Atmosphere

Experiment. **Global Change Biology** 10: 1–11, doi: 10.1111/j.1529-8817.2003.00779.x.

DEPINÉ, Haline et al. Preenchimento de Falhas de Dados Horários de Precipitação Utilizando Redes Neurais Artificiais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.51-63, jan. 2014.

FISCH, G.; MARENGO, J. M. e NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazônica*, v.28, n.2, p.101-126. 1998.

GOMES, Josiane Brito et al. Conversão de Florestas Tropicais em Sistemas Pecuários na Amazônia: Quais as Implicações no Microclima da Região? (Conversion Of Tropical Forests In Livestock Systems In The Amazon. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s.l.], v. 17, n. 11, p.67-81, 31 dez. 2015. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.42879>.

GOMES, Vitor H. F. et al. Amazonian Tree Species Threatened By Deforestation And Climate Change. **Nature Climate Change**, [s.l.], v. 9, n. 7, p.547-553, 24 jun. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-019-0500-2>.

GUIMARÃES, E.C. **Geoestatística básica e aplicada**. Uberlândia: Faculdade de Matemática-Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 77p.

HERINGER, Pedro; LUCAS, Taiza de Pinho Barroso. A influência da vegetação em um microclima da cidade de Belo Horizonte, MG / The influence of the vegetation in a microclimate within the city of Belo Horizonte, MG. **Caderno de Geografia**, [s.l.], v. 24, n. 42, p.56-72, 18 jul. 2014. Pontificia Universidade Catolica de Minas Gerais. <http://dx.doi.org/10.5752/p.2318-2962.2014v24n42p56>.

HONGYU, K. **Comparação do GGEbiplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo × ambiente**. 2015. 155p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015

HONGYU, Kuang; SANDANIELO, Vera Lúcia Martins; OLIVEIRA JUNIOR, Gilmar Jorge de. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **E&s - Engineering And Science**, v. 5, n. 1, p.83-90, 29 jun. 2016. Universidade Federal de Mato Grosso. <http://dx.doi.org/10.18607/es201653398>.

IBAMA. Plano de prevenção e combate aos incêndios florestais na reserva biológica do Jaru (2006-2007). Ji-Paraná, 2006. 16 p.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. **Madison**: Prentice Hall International, 1998. 816p.

KENT, Martin; COKER, Paddy. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. Baffins Lane: John Wiley & Sons, 1992. 363 p.

LANDIM, Paulo M. Barbosa. Sobre Geoestatística e mapas. **TerrÆ Didática**, Campinas, v. 2, n. 1, p.19-33, 2006.

LAWRENCE, Deborah; VANDECAR, Karen. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature Climate Change**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.27-36, 18 dez. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2430>.

LEINONEN, I.; JONES, H. G.. Combining thermal and visible imagery for estimating canopy temperature and identifying plant stress. **Journal Of Experimental Botany**, v. 55, n. 401, p.1423-1431, 7 maio 2004. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erh146>.

LIBERATO, Ailton Marcolino; CARDOSO, Fernando Luiz. ANÁLISES DA RADIAÇÃO DE ONDA CURTA E ONDA LONGA NA AMAZÔNIA. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 27, n. 3, p.169-182, nov. 2010.

LIMA, Erondina Azevedo de. **Modelagem de Séries Temporais em Dados De Temperatura do Ar por Semivariografia Univariada: Interpolação Spline E Validação Cruzada**. 2015. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física Ambiental, Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

LOPES, A. V. et al. Trend and uncertainty in spatial-temporal patterns of hydrological droughts in the Amazon basin. **Geophysical Research Letters**, [s.l.], v. 43, n. 7, p.3307-3316, 6 abr. 2016. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1002/2016gl067738>.

LYRA, Wellington da Silva et al. Classificação periódica: um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. **Química Nova**, [s.l.], v. 33, n. 7, p.1594-1597, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422010000700030>.

MALAVELLE, Florent F. et al. Studying the impact of biomass burning aerosol radiative and climate effects on the Amazon rainforest productivity with an Earth system model. **Atmospheric Chemistry And Physics**, v. 19, n. 2, p.1301-1326, 31 jan. 2019. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/acp-19-1301-2019>.

MALHI, Yadvinder et al. Carbon dioxide transfer over a Central Amazonian rain forest. **Journal Of Geophysical Research: Atmospheres**, [s.l.], v. 103, n. 24, p.31593-31612, 1 dez. 1998. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/98jd02647>.

McBRATNEY, A.G.; WEBSTER, A.G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v.37, p.617-39,1986.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

MOURA, Rildo Gonçalves de et al. Comparação entre os perfis de radiação solar dentro de ambiente de floresta para dias com diferentes coberturas de nebulosidade. **Anais do Xi Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Rio de Janeiro, 2000. v. 1, p.2447-2452.

MYNENI, R. B. et al. Large seasonal swings in leaf area of Amazon rainforests. **Proceedings of The National Academy of Sciences**, [s.l.], v. 104, n. 12, p.4820-4823, 13 mar. 2007. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0611338104>.

NASCIMENTO, Jayne Soares Martins do et al. Variáveis Meteorológicas em Áreas de Floresta e Pastagem na Amazônia Ocidental em Anos de Eventos Extremos. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, p.217-224, 20 jul. 2016. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x20185>.

NEPSTAD, D.C.; CARVALHO, G.; BARROS, A.C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J.P.; BISHOP, J.; MOUTINHO, P.; LEFEBVRE, P.; SILVA JR, U.L.; PRINS, E. Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v.154, n.3, p.395-407, 2001.

NEVES, Janison Tadeu; BIZAWU, Kiwonghi. The Extrativism Of Wood In The Amazon And Its Environmental Impacts: The Contribution Of The Kyoto Protocol

To Sustainable Developmen. **Revista Argumentum**, Marília, v. 20, n. 2, p.465-483, maio 2019.

NOBRE, C. A.; LUIZÃO, F.; VICTORIA, R.L.; SILVA DIAS, P.L.; SILVA DIAS, M.A.F.; ARTAXO, P. The Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). LBA - Plano experimental conciso. INPE, Cachoeira Paulista, SP, Brazil. 1996.

OLIVEIRA, Paulo Jorge de et al. Efeitos de um evento de friagem nas condições meteorológicas na Amazônia: um estudo de caso. **Acta Amazonica**, [s.l.], v. 34, n. 4, p.613-619, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0044-59672004000400013>.

O'ROURKE, Sarah. **Spatial and spatio-temporal modelling of Sitka spruce tree growth from forest plots in Co. Wicklow**. 2015. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de School Of Mathematics And Statistics, University College Dublin, Dublin, 2015.

PEZZOPANE, José Eduardo Macedo ; REIS, G. G. ; REIS, Maria das Graças Ferreira ; COSTA, José Maria Nogueira da . Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia** , Santa Maria, v. 13, n.1, p. 11-19, 2005.

PATTON, Edward G.; SULLIVAN, Peter P.; SHAW, Roger H.; FINNIGAN, John J.; WEIL, Jeffrey C.. Atmospheric Stability Influences on Coupled Boundary Layer and Canopy Turbulence. **Journal Of The Atmospheric Sciences**, [s.l.], v. 73, n. 4, p. 1621-1647, abr. 2016. American Meteorological Society. <http://dx.doi.org/10.1175/jas-d-15-0068.1>.

PIERANTI, Octavio Penna; SILVA, Luiz Henrique Rodrigues da. A questão amazônica e a política de defesa nacional. **Cadernos Ebape.br**, v. 5, n. 1, p.01-11, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-39512007000100012>.

PINEDA-MARTÍNEZ, Luis F.; CARBAJAL, Noel. Climatic analysis linked to land vegetation cover of Mexico by applying multivariate statistical and clustering analysis. **Atmósfera**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.233-242, 1 jul. 2017. Centro de Ciencias de la Atmosfera. <http://dx.doi.org/10.20937/atm.2017.30.03.04>.

RONDON, Carlos Eduardo. **VARIABILIDADE ESPACIAL DE MEDIDAS DE ILUMINÂNCIA EM HABITAÇÕES POPULARES EM CUIABÁ-MT.** 2011. 101 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

ROTTENBERGER, S. et al. Exchange Of Short-Chain Aldehydes Between Amazonian Vegetation And The Atmosphere. **Ecological Applications**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.247-262, ago. 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1890/01-6027>.

RUMMEL, U.; AMMANN, C.; GUT, A.; MEIXNER, F. X.; ANDREAE, M. O. **Eddy covariance measurements of nitric oxide flux within an Amazonian rain forest.** *Journal of Geophysical Research*, v. 107, p. 17-1 – 17-9, 2002.

SALATI, E. e MARQUES, J. Climatology of the Amazon region. In: SIOLI, H. **The Amazon - Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin.** Dr. W. Junk Publishers, Bonn, Alemanha, p. 85-126, 1984.

SANTANA, Raoni A. et al. Air turbulence characteristics at multiple sites in and above the Amazon rainforest canopy. **Agricultural And Forest Meteorology**, [s.l.], v. 260-261, p.41-54, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.05.027>.

SANTOS, Ednaldo Oliveira dos. **Contribuição ao estudo do fluxo de dióxido de carbono dentro da Floresta Amazônica.**1999. 74 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

SANTO, Rafael do Espírito. Principal Component Analysis applied to digital image compression. **Einstein (São Paulo)**, [s.l.], v. 10, n. 2, p.135-139, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-45082012000200004>.

SHAW, Roger H.; PATTON, Edward G.. Canopy element influences on resolved- and subgrid-scale energy within a large-eddy simulation. **Agricultural And Forest Meteorology**, [s.l.], v. 115, n. 1-2, p. 5-17, fev. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1923\(02\)00165-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1923(02)00165-x).

STEEGE, H. Ter et al. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. **Science**, [s.l.], v. 342, n. 6156, p.1243092-1243092, 17 out. 2013. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1243092>.

TADIĆ, Lidija; BONACCI, Ognjen; BRLEKOVIĆ, Tamara. An example of principal component analysis application on climate change assessment. **Theoretical And Applied Climatology**, [s.l.], v. 138, n. 1-2, p.1049-1062, 10 maio 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00704-019-02887-9>.

TAIZ, Lincoln.; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p

VINDEL, José M. et al. Temporal variability patterns insolar radiation estimations. **Journal Of Atmospheric And Solar-terrestrial Physics**, v. 143-144, p.1-7, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jastp.2016.03.004>.

YU, Chen; HIEN, Wong Nyuk. Thermal benefits of city parks. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 38, n. 2, p.105-120, fev. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.04.003>.

ZITER, Carly D. et al. Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [s.l.], v. 116, n. 15, p.7575-7580, 25 mar. 2019. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1817561116>.