



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLIMA E AMBIENTE – CLIAMB

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA EM
MANAUS (AM)**

DIEGO GOMES AGUIAR

Manaus, Amazonas

Maio, 2017

DIEGO GOMES AGUIAR

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA EM
MANAUS (AM)**

Orientador: Naziano Pantoja Filizola Júnior, PhD.

Fonte Financiadora: CNPq.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente do convênio INPA/UEA como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Clima e Ambiente.

Manaus, Amazonas

Maio, 2017

BANCA AVALIADORA

Professores Doutores	Instituição de vínculo	Parecer
Naziano Pantoja Filizola Jr.	UFAM	Aprovado
Luiz Antonio Cândido	INPA	Aprovado
João Cândido André da Silva Neto	UFAM	Aprovado

Data da defesa: 23 de junho de 2017

A282 Aguiar, Diego Gomes

Análise da variação sazonal da precipitação e temperatura em Manaus (AM) / Diego Gomes Aguiar. --- Manaus: [s.n.], 2017.

62 f.: il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2017.

Orientador: Naziano Pantoja Filizola Júnior

Área de concentração: Clima e Ambiente

1. Precipitação . 2. Variação Sazonal . 3. Alterações climáticas . I. Título.

CDD 551.571

Sinopse:

Objetivou-se com esta dissertação analisar a variação sazonal da precipitação e da temperatura do ar entre áreas de ambiente urbano e rural em Manaus (no período de abril e novembro de 2017). O estudo fez uso de dados obtidos através de 05 pluviômetros artesanais instaladas ao redor de uma área de fragmento florestal e de 05 estações meteorológicas automáticas instaladas em diferentes partes da cidade.

Palavras-chave: Precipitação, Temperatura, Variação Sazonal, Manaus.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, quero agradecer a Deus pela oportunidade de concluir mais uma etapa desafiante na minha vida. A fé nos ajuda a alcançar o impossível. E Ele tem sido muito bom e generoso comigo. Em tudo amar e servir, para a maior glória de Deus.

Agradeço aos meus pais Deusdete e Ana Cláudia, e à minha irmã Maria Carolina, pela companhia diária, amor e carinho dedicados a mim. Eu amo vocês.

À madrinha Conceição, tio Wagner, Vanessa, padrinho Matheus, tio Zé Roberto e a todos os membros da minha família, minha gratidão.

Ao Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente, que através do financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) me possibilitou o desenvolvimento da pesquisa. E a todos os colegas de turma, de laboratórios e de corredores, que dividiram as alegrias, dores e sofrimentos. De forma especial Adriana, Jossandra, Valéria, Amanda e Fernanda.

Ao meu orientador Prof. Naziano Filizola. Desde os tempos de iniciação científica tem me acompanhado e confiado em mim. Em muitas das nossas conversas, encontrei conforto para seguir adiante mesmo com todas as dificuldades.

Aos companheiros e companheiras de pesquisa, do Grupo de Pesquisas Hidrossistema e o Homem na Amazônia (H2A). Todos se sintam abraçados por mim. É muito bom dividir o caminhar com vocês.

Dona Vanja, Elielson, Adria e Dona Cleusa, recebam o meu carinho e gratidão. Através do apoio de vocês na minha pesquisa, pude concretizar mais um sonho.

Obrigado meus amigos e amigas: Ir. Érica, Elaine, Oster, Pe. Claudio, Ir. Nilda, Pauliane, Ingrid, Cristiano, Ir. João Gutemberg, Ir. Valdiza, Esmeralda, Samuel e Guilherme. Receber o amor, carinho e a torcida de vocês tem tornado o meu caminhar mais bonito. Eu me sinto muito feliz por vocês estarem presentes na minha vida.

Querida vovó Alaíde, que durante o percurso do mestrado nos deixou, receba meu abraço. Nosso amor de avó e neto nunca vai acabar. Espero um dia te encontrar novamente e ouvir você dizer que sou: “a riqueza da vovó”. Eu amo você infinitamente. Muito obrigado!

RESUMO

Com o crescimento da cidade de Manaus e a consequente e intensa mudança no uso do solo, a capital amazonense veio a fragmentar seus espaços verdes, gerando mudanças na qualidade de vida de seus habitantes. Os processos de degradação ambiental, com graves alterações no ambiente natural, afetaram a flora e a fauna e produziram alterações climáticas locais, tendo como exemplo a ocorrência de Ilhas de Calor Urbano (ICU). O objetivo geral desta dissertação é o de analisar a variação sazonal da precipitação e da temperatura entre áreas de ambiente urbano e rural em Manaus (no período de abril e novembro de 2017). O estudo fez uso de dados obtidos através de 05 pluviômetros artesanais utilizados para a coleta de chuva em pontos no entorno do campus universitário da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), além da instalação de uma estação meteorológica no interior do mesmo campus. Utilizou-se ainda de dados de duas estações instaladas através do Projeto Rede de Mudanças Climáticas da Amazônia – REMCLAM/FINEP, da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e da estação K34, instalada no Sítio Experimental (ZF02) do INPA. Concluiu-se da análise da precipitação uma expressiva variação espacial de chuva. O maior total acumulado de precipitação deu-se na estação EST/UEA, seguida da K34 (estação que se encontra em ambiente de floresta) e o menor total acumulado, na estação UFAM. Para o período em análise, o mês de maio mostrou-se atípico se comparado com a climatologia local, o que pode ser associado à influência do fenômeno climático El Niño. A UFAM apresentou um NDC muito similar ao verificado nas estações INMET e EST/UEA. Com relação ao totais acumulados mensais de precipitação, o mês de abril obteve os maiores valores, sendo que no mês de agosto obteve-se os menores valores (com exceção da UFAM). Na análise da ocorrência de precipitação através de dois períodos (diurno e noturno) identificou-se que, o período diurno concentra os maiores totais acumulados de precipitação em relação ao período da noite. Em relação à precipitação registrada pelos pluviômetros artesanais instalados ao redor do Campus da UFAM identificou-se que as chuvas no período utilizado no estudo são maiores no entorno (fronteira) do Campus do que no seu interior. As análises da temperatura do ar máximas e mínimas coletadas pelas estações automáticas permitiram identificar uma semelhante variabilidade ao longo do período em estudo, porém com temperaturas diárias mais elevadas ocorrendo na estação IFAM/ZL e menores na estação K34. Ao se obter as médias das temperaturas médias, observou-se que a UFAM se mostrou mais aquecida que as outras estações em todos os meses.

Palavras-chave: Precipitação, Temperatura, Variação Sazonal, Manaus.

ABSTRACT

With the growth of the city of Manaus and the consequent and intense change in land use, the Amazonian capital came to fragment its green spaces, generating changes in the quality of life of its inhabitants. Environmental degradation processes, with serious changes in the natural environment, have affected the flora and fauna and produced local climate change, such as the occurrence of Urban Heat Islands (ICU). The general objective of this dissertation is to analyze the seasonal variation of precipitation and temperature between urban and rural areas in Manaus (in the period of April and November 2017). The study made use of data obtained through 05 handmade rain gauges used to collect rainfall points near the university campus of the Federal University of Amazonas (UFAM), as well as the installation of a meteorological station inside the same campus. Data from two stations installed through the Climate Change Network of the Amazon - REMCLAM/FINEP, from the automatic station of the National Institute of Meteorology (INMET) and station K34, installed at the INPA Experimental Site (ZF02) were also used. A significant spatial variation of rainfall was concluded from the precipitation analysis. The highest cumulative total precipitation occurred in the EST/UEA station, followed by the K34 (station in a forest environment) and the lowest total accumulated at the UFAM station. For the period under review, the month of May was atypical compared to the local climatology, which may be associated with the influence of the El Niño climate phenomenon. The UFAM presented a NDC very similar to that verified in the INMET and EST/UEA stations. In relation to total accumulated monthly precipitation, the month of April obtained the highest values, and in August the lowest values were obtained (with the exception of UFAM). In the analysis of the occurrence of precipitation through two periods (diurnal and nocturnal) it was identified that, the diurnal period concentrates the largest cumulative totals of precipitation in relation to the night period. In relation to the rainfall registered by the handmade rain gauges installed around the UFAM Campus, it was identified that the rains during the study period are larger in the Campus (border) environment than in the interior. The maximum and minimum air temperature analyzes collected by the automatic stations allowed a similar variability to be identified over the study period, but with higher daily temperatures occurring in the IFAM/ZL station and lower in the K34 station. When obtaining the means of the average temperatures, it was observed that the UFAM showed to be more heated than the other stations in every month.

Keywords: Precipitation, Temperature, Seasonal Variation, Manaus.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.2	Justificativa	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	O processo de produção do espaço urbano de Manaus	18
2.2	Fragmentação dos espaços verdes na cidade de Manaus	19
2.3	A ocorrência do fenômeno “Ilhas de Calor Urbano” na cidade de Manaus	21
2.4	Precipitação e Temperatura em Manaus	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1	Área de estudo	24
3.2	Dados e metodologia	26
3.2.1	Pluviômetros artesanais	26
3.2.2	Estações meteorológicas automáticas	29
3.3	Processamento e análise dos dados	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	PRECIPITAÇÃO	33
4.1.1	Estações automáticas	33
4.1.2	Pluviômetros Artesanais	46
4.2	TEMPERATURA	50
5	CONCLUSÕES	57
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre o declínio da cobertura vegetal e o crescimento da população em Manaus comparando aos anos de 1978, 1988, 1998 e 2008.....	20
Figura 2 - Localização da Área de Proteção Ambiental UFAM, INPA, ULBRA, Elisa Miranda, Lagoa do Japiim e Acariquara	25
Figura 3 - Localização do Campus Universitário Senador Artur Virgílio Filho da Universidade Federal do Amazonas	26
Figura 4 - Material utilizado para confecção dos pluviômetros artesanais	27
Figura 5 - Localização dos pluviômetros artesanais (identificados de 01 a 05 conforme Tabela 1) e da estação meteorológica automática	29
Figura 6 - Estação meteorológica automática que se encontra instalada no campus da UFAM	30
Figura 7 - Localização das estações meteorológicas automáticas utilizadas no estudo	31
Figura 8 – Acumulado mensal da precipitação para as estações UFAM, INMET, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e Média Climatológica de Manaus para o período de abril a novembro de 2016	34
Figura 9 – Acumulado mensal da precipitação para a estação UFAM, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016	37
Figura 10 – Acumulado mensal da precipitação para a estação INMET, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016	38
Figura 11 – Acumulado mensal da precipitação para a estação IFAM/ZL, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016.....	38
Figura 12 – Acumulado mensal da precipitação para a estação EST/UEA, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016.....	39
Figura 13 – Acumulado mensal da precipitação para a estação K34, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016	39

Figura 14 – Totais acumulados de chuva por hora nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período da manhã (abril a novembro de 2017).....	41
Figura 15 – Totais acumulados de chuva por hora nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período da noite (abril a novembro de 2017).	42
Figura 16 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de abril de 2016.	42
Figura 17 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de maio de 2016.....	43
Figura 18 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de junho de 2016	43
Figura 19 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de julho de 2016	44
Figura 20 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de agosto de 2016	45
Figura 21 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de setembro de 2016.....	45
Figura 22 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de outubro de 2016	45
Figura 23 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de novembro de 2016	46
Figura 24 – Acumulado mensal de precipitação para o Pluviômetro Artesanal UFAM e para a estação automática UFAM	46
Figura 25 – Análise de regressão linear para os dados do Pluviômetro Artesanal UFAM e a estação automática UFAM	47

Figura 26 – Acumulado mensal da precipitação para a estação UFAM e pluviômetros Atílio Andreazza, Acariquara, Armando Mendes e Coroado e Média Climatológica de Manaus para o período de abril a novembro de 2016	48
Figura 27 - Média do acumulado mensal de precipitação para os pluviômetros artesanais e totais acumulados mensais na estação UFAM.	49
Figura 28 – Temperaturas máximas diárias nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016	51
Figura 29 - Temperaturas médias diárias nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril a novembro de 2016	52
Figura 30 – Temperaturas mínimas diárias nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016	53
Figura 31 – Média das temperaturas máximas mensais nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016.....	54
Figura 32 – Média das temperaturas médias mensais nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016.....	54
Figura 33 – Média das temperaturas mínimas mensais nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016.....	55
Figura 34 – Amplitude térmica das estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL para os meses de abril a novembro de 2017	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista dos pluviômetros artesanais instalados.....	28
Tabela 2 - Lista das estações meteorológicas utilizadas no estudo.....	30
Tabela 3 - Tabela com a classificação da área no entorno de cada estação utilizada no estudo...	31
Tabela 4 - Quantidade do número de dias com chuva (NDC) e sem chuva (NDS) das estações automáticas em estudo.....	33
Tabela 5 - Quantidade de número de dias com chuva (NDC) nas estações automáticas de estudo para cada mês.....	40

LISTA DE SIGLAS

AB – Alta da Bolívia

APA – Área de Proteção Ambiental

EST – Escola Superior de Tecnologia

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICU – Ilhas de Calor Urbanas

IFAM – Instituto Federal do Amazonas

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPA – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

JBN – Jatos de Baixos Níveis

LBA – Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia

LI – Linhas de Instabilidade

NDC – Número de dias com chuva

NDS – Número de dias sem chuva

OMM – Organização Meteorológica Mundial

PMM – Prefeitura Municipal de Manaus

PIB – Produto Interno Bruto

REMCLAM – Projeto Rede de Mudanças Climáticas da Amazônia

SIPAM – Sistema de Proteção da Amazônia

UC – Unidade de Conservação

UEA – Universidade do Estado do Amazonas

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

ULBRA – Universidade Luterana do Brasil

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZFM – Zona Franca de Manaus

ZCI – Zona de Convergência Intertropical

1 INTRODUÇÃO

O município de Manaus encontra-se em zona equatorial, cravada no centro da Floresta Amazônica e situa-se como a capital do Estado do Amazonas. De acordo com o último censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possui 1.802.015 habitantes (60,1% da população de todo o Estado), sendo a maior parte concentrada na zona urbana. É o principal centro financeiro e corporativo da Região Norte do Brasil e o sexto município que mais contribui para o Produto Interno Bruto (PIB) do país, com participação de 1,29% (IBGE, 2010).

A partir da implantação da Zona Franca de Manaus (ZFM), através do Decreto-lei 288/67, em 1967, a cidade de Manaus passou por um vertiginoso crescimento populacional. Uma parcela significativa de pessoas provenientes do interior do Estado do Amazonas e de outros estados, em especial da Região Nordeste, vieram para Manaus buscando melhorias das suas condições vida através das ofertas de emprego no Distrito Industrial (Silva e Aguiar, 2012).

Com o grande fluxo migratório proveniente da implantação da ZFM, os problemas decorrentes da falta de planejamento urbano desencadearam um aumento desordenado na área urbana da cidade, inclusive através das ocupações urbanas irregulares, que se constituem em estratégias que os segmentos populares encontram para ter acesso à moradia via “invasão” de lotes urbanos vazios. Essas ocupações ocorreram tanto em áreas de platôs elevados na franja urbana como em áreas inundáveis dos igarapés (Oliveira e Costa, 2007; Oliveira e Schor, 2010).

Outros fatores ocasionaram problemas no ambiente urbano, tais como: expressivo processo de degradação ambiental, com graves alterações no ambiente natural que conseqüentemente afetaram a flora e a fauna e produziram alterações climáticas locais. Desta forma, a qualidade de vida da população é passível de ser comprometida (Silva, 2009; Silva e Aguiar, 2012). Schor e Alves-Gomes (2011) apontam que, de uma forma geral, a atividade humana tende a afetar o meio ambiente de três maneiras: pela geração e liberação no meio ambiente de resíduos nocivos (através da poluição) de origens diversas, exploração desbalanceada e sem reposição dos recursos naturais e exploração dos habitats naturais.

À medida que as cidades se expandem, os espaços verdes são reduzidos e sofrem exploração intensa de seus recursos naturais, o que resulta em conseqüências tanto para si como para a cidade (Gontijo, 2008). Exemplo disso ocorreu com a formação do bairro Coroado, que ao surgir e se expandir, ocupou parte da área destinada à criação do Campus Universitário

Arthur Virgílio Filho da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), no final da década de 60 do século XX (Nogueira et al., 2007). Atualmente, o Campus da UFAM tem 6,7 milhões de m², com perímetro de 16,9 km de terreno. Compõe o terceiro maior fragmento verde em área urbana no mundo e o primeiro no Brasil (Cavalcante et al., 2014). Vale salientar que outros espaços verdes foram fragmentados com a expansão urbana, gerando um esforço por parte do poder público em assegurar a integridade dessas áreas, mediante a criação de algumas unidades de conservação (UC) na cidade.

As mudanças no uso da terra, através da urbanização, podem provocar impactos no clima local, tais como mudanças na composição da atmosfera, no balanço de umidade e modificações no ecossistema (Correia et al., 2007). Brandão (2003) afirma que a cidade gera um clima próprio (clima urbano), que age no sentido de alterar o clima local através do resultado da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbano. Os efeitos oriundos dessas alterações são percebidos pela população através das manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviiais e outras manifestações que são capazes de afetar a qualidade de vida de seus habitantes e desorganizar a vida da própria cidade.

Tendo em vista que a cidade Manaus se expandiu e veio a fragmentar seus espaços verdes, gerando conseqüentemente mudanças em seu espaço urbano e na qualidade de vida de seus habitantes, a presente pesquisa visa avaliar como se dá a variação sazonal da precipitação e temperatura em alguns pontos de Manaus com diferentes características espaciais (ambiente urbano e rural). Para tal, foram fabricados 05 pluviômetros artesanais para a coleta de dados pluviométricos em áreas do entorno do Campus Universitário da Universidade Federal do Amazonas, que se constitui como o maior fragmento florestal em área urbana da cidade, bem como a instalação de uma estação meteorológica automática no interior do Campus. Utilizou-se ainda de dados de duas estações meteorológicas instaladas através do Projeto Rede de Mudanças Climáticas da Amazônia – REMCLAM/FINEP, da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (zona urbana) e da estação K34, instalada no Sítio Experimental (ZF02) do INPA (zona rural).

1.1 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação é o de analisar a variação sazonal da precipitação e da temperatura entre áreas de ambiente urbano e rural em Manaus.

Específicos:

- Montar e operar uma rede de coleta de dados pluviométricos com uso de pluviômetros artesanais trabalhando com frequência diária de coleta de dados;
- Montar e operar uma estação automática para monitoramento pluviométrico e de temperatura no campus da UFAM trabalhando com uma frequência horária de coleta de dados;
- Analisar a variação sazonal da precipitação em pontos distintos da cidade de Manaus através de pluviômetros artesanais e estações meteorológicas automáticas;
- Analisar a variação sazonal da temperatura no Campus da UFAM e em pontos distintos da cidade de Manaus através de estações meteorológicas automáticas (UFAM, EST/UEA, IFAM Zona Leste, INMET e K34).

1.2 Justificativa

Os fragmentos florestais em áreas urbanas tendem a sofrer pressão das áreas adjacentes no sentido de perder sua conectividade com outros ambientes florestados e de manter isoladas espécies vegetais e animais, podem tendendo a gerar um declínio da diversidade biológica. Além disso, perde-se em termos de arborização e tem-se uma diminuição no conforto térmico, com consequência na qualidade de vida das populações que moram no entorno.

As áreas de florestas em ambiente urbano funcionam como recurso natural de importância nas cidades pois oferecem diversos serviços ambientais, tais como: redução da poluição do ar e sonora, diminuição da temperatura, proteção das nascentes dos corpos d'água, melhoria na qualidade de vida dos habitantes e estética da paisagem (Gontijo, apud Dwyer et al., 1992).

Nogueira et al. (2007) afirmam que a trajetória de evolução da urbanização em Manaus tem sido o grande desafio nas relações entre o processo de crescimento e a preservação ambiental. O grande avanço da cidade, a partir da segunda metade do século XX, de forma especial nas zonas Norte e Leste da cidade, provocaram perdas ao meio ambiente. Destaca-se a destruição de nascentes dos igarapés que cortam a cidade, a ameaça de extinção de espécies animais como o sauim-de-coleira (*Sanguinus bicolor*), maior vulnerabilidade a erosão em áreas de risco, alagamento e aumento de temperatura ocasionada pela retirada da cobertura vegetal.

Desta forma, o presente estudo pretende colaborar com o conhecimento das variações sazonais da precipitação e temperatura entre a zona urbana e rural de Manaus e chamar atenção para a importância da manutenção do fragmento florestal do Campus da UFAM para as comunidades circunvizinhas, bem como toda a cidade. Destaca-se a importância de manter-se no Campus um monitoramento hidrológico e meteorológico.

A montagem de uma rede cidadã (com o apoio de moradores dos bairros próximos à UFAM) para a coleta de dados pluviométricos via os pluviômetros artesanais possibilitou aos observadores conhecer e dar maior atenção aos fenômenos climáticos locais. Já os dados obtidos a partir da estação meteorológica automática instalada no interior do Campus da UFAM visaram a comparação com dados obtidos através de estações em outras áreas da cidade.

A presente pesquisa contribui ainda para o projeto de Gestão Ambiental do campus da UFAM na medida em que busca evidenciar que a área precisa ser conservada devido à sua importância em termos de manutenção do ecossistema natural em ambiente citadino. Neste sentido, este projeto vai ao encontro de um dos princípios da Política Ambiental da UFAM, o de interação (possibilitando ações de educação ambiental com envolvimento das populações circunvizinhas, de modo a torná-las parceiras na educação ambiental).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O processo de produção do espaço urbano de Manaus

A partir da Revolução Industrial, no século XVIII, verificou-se que, com a expansão de serviços e atividades industriais, as cidades em todo o mundo passaram por um enorme crescimento. Nos países subdesenvolvidos, a rápida urbanização veio acompanhada de um novo conjunto de problemas ambientais, sociais e de saúde, já que não vem sendo acompanhada pelos investimentos em infraestrutura, tais como energia, água e saneamento, e principalmente, pela oferta de trabalho (Silva, 2012).

O processo de produção do espaço urbano de Manaus passou por três períodos importantes: o apogeu do ciclo da borracha que durou até a década de 1920, o período de estagnação/decadência econômica entre as décadas de 1920 até o final da década de 1960, e o de criação e implantação da ZFM (atual Polo Industrial de Manaus), de finais de 1960 até os dias atuais (Costa e Schmitt, 2010).

O primeiro período caracteriza-se pela construção de uma cidade dos poderosos, dotando-a de infraestrutura urbana de transporte, energia e saneamento, porém sem atender a demanda populacional da maioria dos bairros da cidade. No segundo período, a cidade entra em um período de crise e estagnação com um percentual da população morando próximo às áreas alagadiças e sem abastecimento de água. Em meados de 1960, a cidade contava com uma população com mais de 200.000 habitantes, como consequência de forte migração. A partir de 1967, a cidade passa por uma fase de intensa ocupação do solo devido à implantação da ZFM (Costa e Schmitt, 2010).

Oliveira e Schor (2010) afirmam que a instalação da ZFM teve, como impacto social, a centralização das atividades econômicas do Estado do Amazonas, com a concentração, a partir dos anos 70 do século XX, de quase metade da população e 98% das atividades econômicas. Como consequência da ampliação da malha urbana, a concentração de atividades determinou o surgimento de contradições extremas. O crescimento populacional neste período foi gerado pelo êxodo rural e pelo fluxo migratório para a capital, atraído pelas expectativas de emprego e melhoria das condições de vida (Assad, 2006).

Até a década de 70, se tinha um quadro de ocupação urbana onde os aglomerados estavam nas zonas administrativas Sul, Centro Sul, Oeste e Centro Oeste. As zonas Leste e Norte da cidade sofreram com impactos ambientais de forma significativa, com intenso

processo de perda da cobertura vegetal, assoreamento e poluição de igarapés (Nogueira et al., 2007). O processo de expansão urbana ocorreu principalmente de forma horizontal, nas direções Leste e Norte da cidade, através de invasões e criação de conjuntos habitacionais populares, originando loteamento e bairros sem planejamento, com consequências geoecológicas graves no sítio urbano (Silva, 2009).

2.2 Fragmentação dos espaços verdes na cidade de Manaus

A fragmentação florestal introduz uma série de novos fatores na história evolutiva das populações animais e vegetais (Viana e Pinheiro, 1998). Estas mudanças podem alterar a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas. No caso das espécies arbóreas em especial, alteração na abundância de dispersores, polinizadores e predadores e propensão a incêndios e mudanças microclimáticas, que atingem de forma mais intensa a borda dos fragmentos, alterando a taxa de mortalidade das árvores.

A perda de áreas com cobertura vegetal pode levar a sérias consequências por conta de suas características intrínsecas, pois a vegetação tem pouca capacidade calorífica e condutibilidade térmica, albedo baixo, grande absorção da radiação solar e altas taxas de evaporação. Daí tem-se a regulação térmica devido à radiação solar ser pouco refletida para o ambiente, porém mais consumida (Fialho e Imbroisi, 2005).

O processo de expansão urbana em Manaus nas últimas décadas tem sido acompanhado de crescente fragmentação das florestas tendo em vista que essa expansão se deu em áreas de florestas primárias, assim ocupadas de forma aleatória ou por empreendimentos imobiliários (Rovere & Crespo, 2002 apud Marques e Pinheiro, 2010).

O Código Ambiental de Manaus, instituído através da Lei nº 605 de 24 de julho de 2001, em seu artigo 4, parágrafo XVIII, define fragmentos florestais urbanos como:

“[...] áreas remanescentes de vegetação nativa situadas dentro do perímetro urbano do Município, em propriedade pública ou privada, que desempenham um papel na manutenção da qualidade do meio ambiente urbano” (Código Ambiental de Manaus, 2001, p. 03).

Os serviços ambientais gerados por essas áreas podem afetar direta e indiretamente a população humana, devido ao fato de que elas diminuem os impactos do clima, conservam energia, diminuem as emissões de carbono, facilitam o escoamento das águas da chuva,

reduzem em até 50 % a poluição sonora, protegem a fauna silvestre além de ser uma atração para a cidade em termos de beleza natural (Gontijo, 2008).

Em um estudo realizado por Jardim-Lima e Nelson (2003) foi apontado que a cobertura florestal da área urbana de Manaus sofreu uma perda de 9.500 ha entre 1985 e 1999, com uma perda temporal de 650 ha/ano a 670 ha/ano, correspondente a quase dois hectares por dia. A análise da vulnerabilidade ambiental dos fragmentos florestais remanescentes na cidade é importante na medida em que permite a identificação dos locais com maior potencial à pressão da expansão urbana e subsidiam o controle do avanço populacional sobre as áreas florestadas (Cavalcante et al., 2010).

Marques e Pinheiro (2011) afirmam que o processo de desflorestamento no município de Manaus ocorreu de forma especial na década de 1990 e continuou a crescer até 2008. Enquanto no final da década de 1970 o desflorestamento ocorria principalmente em área urbano e ao longo da BR-174 e próximo às margens do Rio Negro, ao longo dos anos o crescimento do desflorestamento passou a intensificar-se em direção às Zonas Leste e Norte da cidade.

Ainda neste estudo, a análise multitemporal das imagens de satélite *Landsat* permitiu constatar que houve uma perda de 8,9 % da floresta no município de Manaus, sendo que na área urbana as alterações chegaram a 67,6 % da cobertura florestal. Enquanto isso, houve em 30 anos um crescimento vertiginoso da população (Figura 1).

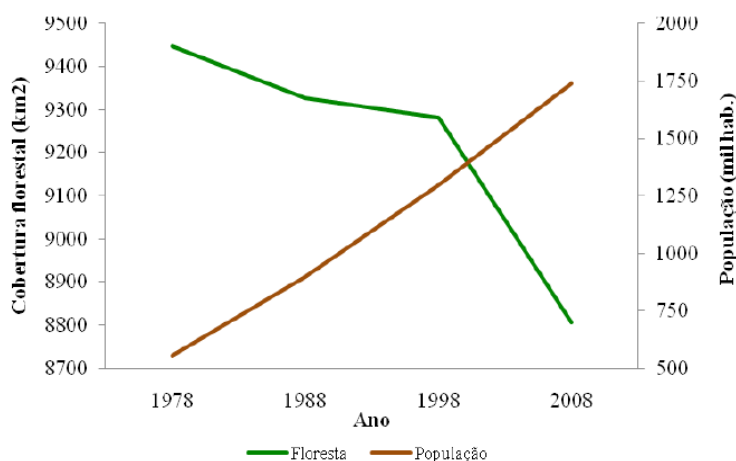


Figura 1 - Relação entre o declínio da cobertura vegetal e o crescimento da população em Manaus comparando aos anos de 1978, 1988, 1998 e 2008
Fonte: MARQUES e PINHEIRO, 2011.

Gontijo (2008) realizou um estudo para a determinação da distribuição e abundância dos fragmentos florestais urbanos na cidade de Manaus e identificou 56 fragmentos na área

delimitada pelo raio de 15 km de distância do centro da cidade. A ocorrência se dá em todas as zonas administrativas, sendo: 14 na Zona Norte, 13 na Zona Sul, 8 na Zona Leste, 11 na Zona Oeste, 6 na Zona Centro-Sul e 4 na Zona Centro-Oeste. O menor fragmento foi identificado na Zona Centro-Oeste (propriedade privada de três hectares) e o maior fragmento aquele ocupado pelo Campus Universitário da UFAM.

2.3 A ocorrência do fenômeno “Ilhas de Calor Urbano” na cidade de Manaus

O processo de urbanização alcançou, a partir de meados do século XIX, proporções significativas de expressão espacial modificando substancialmente a paisagem natural. Com a concentração de áreas construídas, parques industriais, adensamento populacional, pavimentação asfáltica, associados à concentração de poluentes, criou-se condições propícias para a alteração do comportamento da baixa troposfera (camada limite), em ambientes urbanos (Lombardo, 1985).

Os efeitos desse processo têm gerado uma diferenciação em relação ao campo no tempo de absorção da energia solar disponível durante o dia e da reemissão da energia terrestre a noite. Gera-se, como consequência, um novo balanço de energia com o resfriamento mais lento da cidade, em especial após o pôr do sol. Há tempos observa-se este contraste entre os ambientes urbano e rural (Fialho, 2012).

As primeiras documentações de calor urbano vieram através dos trabalhos de Luke Howard (que realizou um estudo sobre o clima de Londres, em 1818) e Emile Renou (com descobertas similares para Paris durante a segunda metade do século XIX) (Gartland, 2010). Após estes estudos, puderam-se avançar com o entendimento do clima urbano até que se chegasse ao termo “ilha de calor”, em 1960, através de Gordon Manley (Alcoforado, 1993).

Em relação a Manaus, no que diz respeito às Ilhas de Calor Urbano (ICU), Silva e Aguiar (2012) realizaram um estudo com registro de temperaturas coletadas por estações meteorológicas oficiais e em dez pontos móveis levando em consideração a área construída e a intensidade do uso do espaço urbano. Os resultados demonstraram uma incidência da ocorrência do fenômeno ilha de calor na Área do Aeroclube de Manaus, bem como a incidência de mais outros dois lugares com temperaturas elevadas, correspondentes ao Bairro de Flores e o Bairro Nova Cidade. Essas áreas apresentam uma densidade populacional muito grande e forte trânsito de veículos.

Um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2013) utilizando a região do infravermelho termal da imagem de satélite *Landsat 5* nos anos de 1990, 2003 e 2011, para identificar as ilhas de calor urbano na cidade de Manaus, constatou que ocorreram ao longo do tempo, relativos agravos em termos de desconforto térmico. Além disso, evidenciaram a diminuição das áreas verdes na cidade. De modo geral, concluíram que as regiões mais densamente povoadas mostraram temperaturas mais elevadas em relação às áreas com maior presença de vegetação. Em termos de temperatura, as variações em 1990 eram de 9 °C (com mínima de 26 °C e máxima de 35 °C), em 2003 de 11 °C (com mínima de 23 °C e máxima de 34 °C) e em 2011, de 8 °C (com mínima de 21 °C e máxima de 39 °C).

Souza e Alvalá (2010) apontaram que no período entre 1961 e 2008 a cidade de Manaus teve um acréscimo de 0,7 °C em sua temperatura média e atingiu 26,78 °C. Em um trabalho mais recente (2014), os mesmos autores indicam que no período de 2000 a 2008 a cidade chega a ser 1,67 % mais seca do que a floresta. Durante a estação chuvosa, no mês de fevereiro, a área urbanizada da cidade é 3,44 % mais seca do que as áreas de floresta no entorno.

Os mesmos autores, Souza e Alvalá (2014), mostraram através dos dados coletados de temperatura e umidade relativa para Manaus entre os anos de 2000 e 2008, que todo o ambiente urbano cria um aumento na temperatura e uma diminuição na umidade relativa. Apontaram que as comparações entre a floresta e a cidade apresentaram clara evidência da presença de ICU em Manaus. A área urbana estava mais quente e mais seca do que a floresta adjacente o ano inteiro. Constataram que a cidade apresenta dois picos de maior intensidade de calor.

2.4 Precipitação e Temperatura em Manaus

A floresta amazônica é a maior floresta tropical úmida do mundo com uma área total de aproximadamente 7 milhões de km², representando cerca de 56 % das florestas tropicais da Terra. A floresta é cortada pelo rio Amazonas e seus afluentes representam a maior rede fluvial do globo, respondendo por aproximadamente 20 % do total de água doce despejada nos oceanos do planeta. Está posicionada nos trópicos, onde as trocas de energia entre a superfície continental e a atmosfera são bastante intensas e mudanças nos ecossistemas amazônicos podem provocar impactos na circulação atmosférica, no transporte de umidade para e da região e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico, não somente sobre a América do Sul, mas em outras partes do mundo (Correia et al., 2007).

A distribuição das chuvas na Amazônia se dá de forma irregular, apresentando marcante variabilidade espaço-temporal em que as médias anuais de precipitação variam de 6000 mm nas encostas dos Andes a aproximadamente 1600 mm na interface da Amazônia com o cerrado do Planalto Central Brasileiro (Salati, 1983 e Ferreira et al., 2005).

Fisch *et al.* (1998) aponta que o período de chuvas ou forte atividade convectiva compreende os meses entre novembro e março, sendo os meses entre maio e setembro compreendendo o período de seca (sem grande atividade convectiva) e os meses de abril e outubro como meses de transição entre um regime e outro. Molion (1993) apresenta os principais sistemas de tempo de escala sinótica que afetam a região amazônica: 1 – Zona de Convergência Intertropical (ZCI); 2 - Linhas de Instabilidade da Amazônia (LI); 3 – Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); 4 – Jatos de Baixos Níveis (JBN) e 5 – Alta da Bolívia (AB). Sendo que além destes fenômenos, outros podem ocorrer em escala menor afetando as condições meteorológicas em escala local, como as brisas marítimas e terrestres.

As condições atmosféricas desta região são caracterizadas por diversos fatores como, por exemplo, altos índices de umidade, devido à extensa e densa vegetação, altos índices pluviométricos durante o ano (Pontes, 2006), e também energia solar disponível em praticamente todo o ano com pequena variação sazonal (Fisch et al., 2007).

A cidade de Manaus encontra-se no meio da maior bacia hidrográfica do globo, a Bacia Amazônica. O clima de Manaus é classificado como tropical de monções (Am, segundo a classificação de Köppen). Rocha e Rolim (1984) destacam que os mais altos índices pluviométricos mensais são observados nos meses de janeiro a abril (bem como as maiores médias de nebulosidade) e os menores nos meses de junho a outubro (meses de menor nebulosidade), sendo que o mês de março (período chuvoso) apresenta os maiores valores e o mês de agosto (período mais seco) apresenta os menores valores. Com relação à temperatura, tem-se uma temperatura média anual em torno de 26,7 °C (INMET, 2009). Os valores máximos de temperatura verificam-se em setembro, outubro e novembro e os mínimos em janeiro, fevereiro, março e abril (Rocha e Rolim, 1984).

A circulação de brisa, que se forma em decorrência do contraste térmico entre o rio e a floresta, afeta os índices de precipitação nas cidades que estão localizadas às margens dos rios, como é o caso de Manaus em que cujos totais pluviométricos se mostraram menos expressivos em uma estação localizada em uma ilha do Rio Negro devido ao efeito de brisa fluvial (Molion e Dallarosa, 1990).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item, serão descritos a área de estudo, os instrumentos utilizados, procedimentos metodológicos para a coleta de dados, e processamento e análises dos resultados.

3.1 Área de estudo

O município de Manaus está localizado no Estado do Amazonas e possui uma área territorial de 11.401,92 km² com uma densidade demográfica de 158,06 hab/km² (IBGE, 2010). Quase a totalidade de sua população vive na área urbana, o que corresponde a 99,1%. A cidade de Manaus ocupa apenas 4% da área do município. Situam-se no território municipal de Manaus, de acordo com o Plano Diretor Urbano e Ambiental (2013), 21 unidades de conservação nas três esferas: federal (01), estadual (04) e municipal (17, com 07 sob tutela privada).

Mediante a importância das áreas de fragmentos florestais e sua influência na qualidade de vida dos cidadãos foi criada por meio do Decreto nº 1503, de 27 de janeiro de 2012, assinado pelo prefeito de Manaus em exercício, a Área de Proteção Ambiental (APA) UFAM, INPA, ULBRA, Elisa Miranda, Lagoa do Japiim e Acariquara. A unidade de conservação abarca os fragmentos florestais do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, UFAM, Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Parque Lagoa do Japiim e a área verde do conjunto residencial Acariquara com um total de 759, 15 ha. No mesmo ano, a UFAM instituiu a sua Política Ambiental através da Resolução nº 002/2012 (Figura 2).

Área de Proteção Ambiental UFAM, INPA, ULBRA,
Elisa Miranda, Lagoa do Japiim e Acariquara

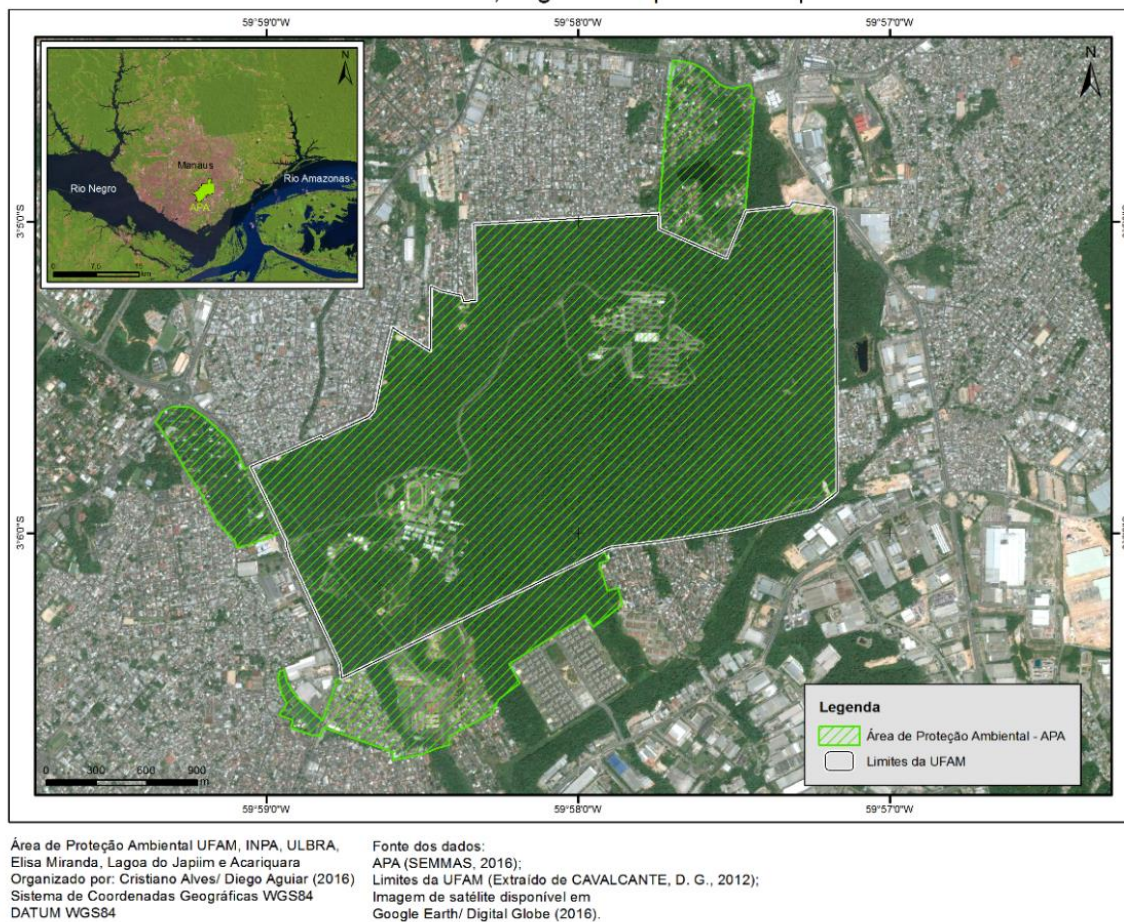


Figura 2 - Localização da Área de Proteção Ambiental UFAM, INPA, ULBRA, Elisa Miranda, Lagoa do Japiim e Acariquara

A maior área que compõe a APA corresponde ao Campus Universitário Senador Artur Virgílio Filho da UFAM existente desde 1968 e que foi composta através de compras e/ou doações de diversos terrenos e sítios adquiridos pelo Governo Federal. Inclui áreas degradadas, pomares e áreas de florestas primárias. Inicialmente com 800 ha, teve ao final da mesma década de criação sua extensão reduzida mediante a ocupação das comunidades que habitam os bairros no entorno (Silva-Forsberg, 1999; Cavalcante et al., 2014) (Figura 3).

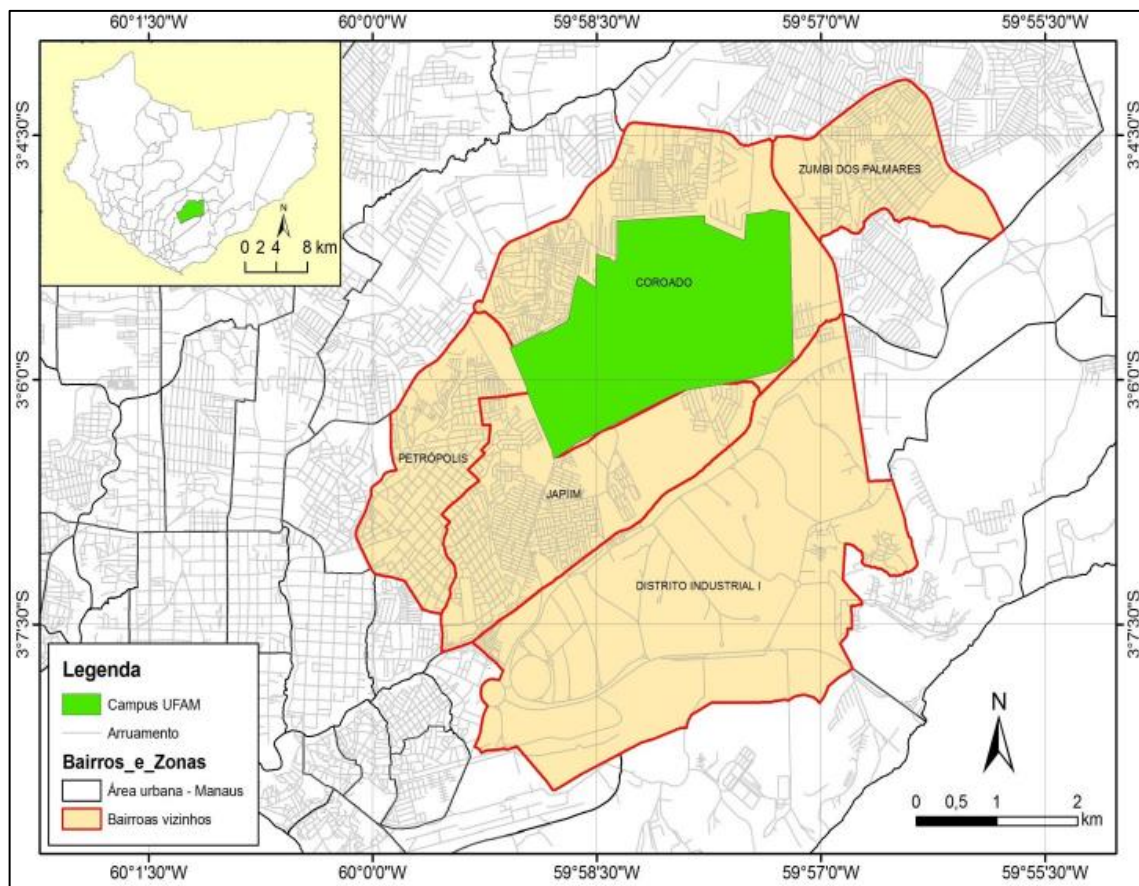


Figura 3 - Localização do Campus Universitário Senador Artur Virgílio Filho da Universidade Federal do Amazonas

Fonte: Elaborado por CAVALCANTE, D. G., 2012.

Até a década de 80 do século XX, havia conectividade do Campus com florestas contínuas nas zonas norte e nordeste da cidade. Porém, sua área vem sofrendo constantes alterações em sua estrutura ecológica mediante o adensamento da ocupação humana nas bordas do Campus e alto impacto mediante a construção de prédios e áreas de laboratório em seu interior. Faz fronteira com os bairros Coroado, São José, Zumbi dos Palmares (que fazem parte da Zona Leste da Cidade de Manaus) e Japiim, Petrópolis e Distrito Industrial (Zona Sul) (Cavalcante et al., 2014).

3.2 Dados e metodologia

3.2.1 Pluviômetros artesanais

O estudo envolveu uma rede cidadã de coleta de dados de chuva, a partir da instalação de pluviômetros artesanais, que são equipamentos de fácil manuseio e com baixo custo de

fabricação e manutenção. Estes pluviômetros serviram como instrumentos de incentivo à educação ambiental e o monitoramento se deu com a contribuição de observadores que moram ao redor da APA.

Cinco pluviômetros artesanais foram utilizados neste estudo. A fabricação se deu em conformidade com as orientações de Assunção e Assis (1997), sendo utilizados para cada um: 01 tubo de PVC de 100,0 mm de diâmetro com 35 cm de comprimento, acoplado a ele 01 redução de 150,0 para 100,0 mm na parte superior, e na parte inferior 01 tampão de PVC de 100,00 mm. Inserido no tampão estão 01 niple de 1/2" e um registro de esfera de 1/2" (Figura 4). A área de captação é de 176 cm². A capacidade de precipitação é de até 212,5 mm (Barbosa, 2014).

Houve uma visita prévia para verificação de melhor local de instalação e em seguida foram repassadas as instruções para os respectivos observadores quanto à coleta dos dados e armazenamento e organização dos dados coletados. A cada um dos observadores foi entregue uma proveta graduada de 100 mm.



Figura 4 - Material utilizado para confecção dos pluviômetros artesanais
Fonte: AGUIAR, D. G., 2016.

A identificação de cada um dos pluviômetros se deu pela ordem em que foram instalados. O último pluviômetro artesanal instalado encontra-se no interior do Campus e serve de base para a comparação dos dados de chuva coletados pela estação automática. Os dados dos pluviômetros encontram-se na figura abaixo (Tabela 1).

Identificação	Local	Data da instalação	Latitude	Longitude
01	Conjunto Atílio Andreazza (Japiim)	05/01/2016	3°6'28.47"S	59°58'23.29"O
02	Conjunto Acariquara (Coroado)	07/01/2016	3° 5'0.00"S	59°57'45.76"O
03	Armando Mendes	16/02/2016	3°5'35.95"S	59°56'35.11"O
04	Coroado	23/02/2016	3°5'10.90"S	59°58'51.84"O
05	Reitoria (UFAM)	29/03/2016	3°5'27.51"	59°57'59.63" O

Tabela 1 – Lista dos pluviômetros artesanais instalados.

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2016.

Os horários (07:00 h e 17:00 h) foram escolhidos para as coletas para melhor se adequar à disponibilidade de tempo dos observadores. Apenas o pluviômetro instalado ao lado do prédio da Reitoria da UFAM não tem duas coletas diárias e nem a coleta no final de semana, devido a impossibilidade de fazer a coleta no período da manhã e por conta do horário de funcionamento das atividades da universidade nos finais de semana. A coleta se dá às 17:00 h (segunda a sexta), sendo que na segunda se obtém o total acumulado durante o final de semana. Na figura abaixo (Figura 5), encontra-se a localização dos pluviômetros artesanais juntamente com a estação meteorológica que também foi utilizada para desenvolvimento deste estudo.



Figura 5 - Localização dos pluviômetros artesanais (identificados de 01 a 05 conforme Tabela 1) e da estação meteorológica automática

3.2.2 Estações meteorológicas automáticas

Uma estação meteorológica do fabricante Davis Instruments, modelo Vantage Pro2 (Figura 6) foi instalada no interior do Campus da UFAM, no prédio da Reitoria da universidade. A mesma é composta por um coletor de chuva (pluviômetro), sensor de temperatura e umidade relativa do ar (termohigrômetro), sensor para medir pressão atmosférica (barômetro) e um sensor para medir direção e velocidade do vento (anemômetro).

A instalação se deu no dia 11 de março de 2016, porém os dados passaram a ser transmitidos sem interrupção a partir do dia 26 de março do referido ano. Os dados vêm sendo

armazenados em intervalos de 30 minutos através de um console que também fornece gráficos e realiza interface com um computador via USB usando o software *WeatherLink*.



Figura 6 - Estação meteorológica automática que se encontra instalada no campus da UFAM
Fonte: AGUIAR, D. G., 2016.

Adicionalmente utilizou-se dados de quatro estações meteorológicas automáticas (Tabela 02): duas instaladas como parte do Projeto REMCLAM/FINEP – Convênio N° 0.1.10.0470.00 (uma situada no Campus Leste do Instituto Federal do Amazonas – IFAM e outra na área da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas – EST/UEA), e da estação do INMET (código Manaus-A101), instalada na sede do instituto em Manaus. A quarta estação compreende a que se encontra instalada na torre do Km 34 da estrada ZF-02 (rodovia BR-174), onde situa-se a base de pesquisa do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) do INPA. Esta base formalmente faz parte da Reserva do Cuieiras do INPA, e situa-se a 80 km ao norte da cidade de Manaus.

Estação	Mês/Ano de instalação	Latitude	Longitude	Altura do sensor em relação ao solo (m)
UFAM	Março/2016	3°5'26.87"S	59°57'59.15"O	11
INMET	Maio/2000	3°6'13.30"S	60°0'55.51"O	1,8
EST/UEA	Novembro/2012	3°5'32.80"S	60°0'59.55"O	3
IFAM/ZL	Junho/2013	3°4'46.12"S	59°55'58.03"O	6
K34	Maio/1999	2°36'32.67"S	60°12'33.48"O	51,35

Tabela 2 – Lista das estações meteorológicas utilizadas no estudo.
Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2016.

Estas informações foram fundamentais para se compreender a variação sazonal da precipitação e temperatura do ar em diferentes partes da cidade em relação às medidas realizadas em áreas de floresta, sendo uma em ambiente rural e outra em um fragmento florestal em Manaus (Figura 07).

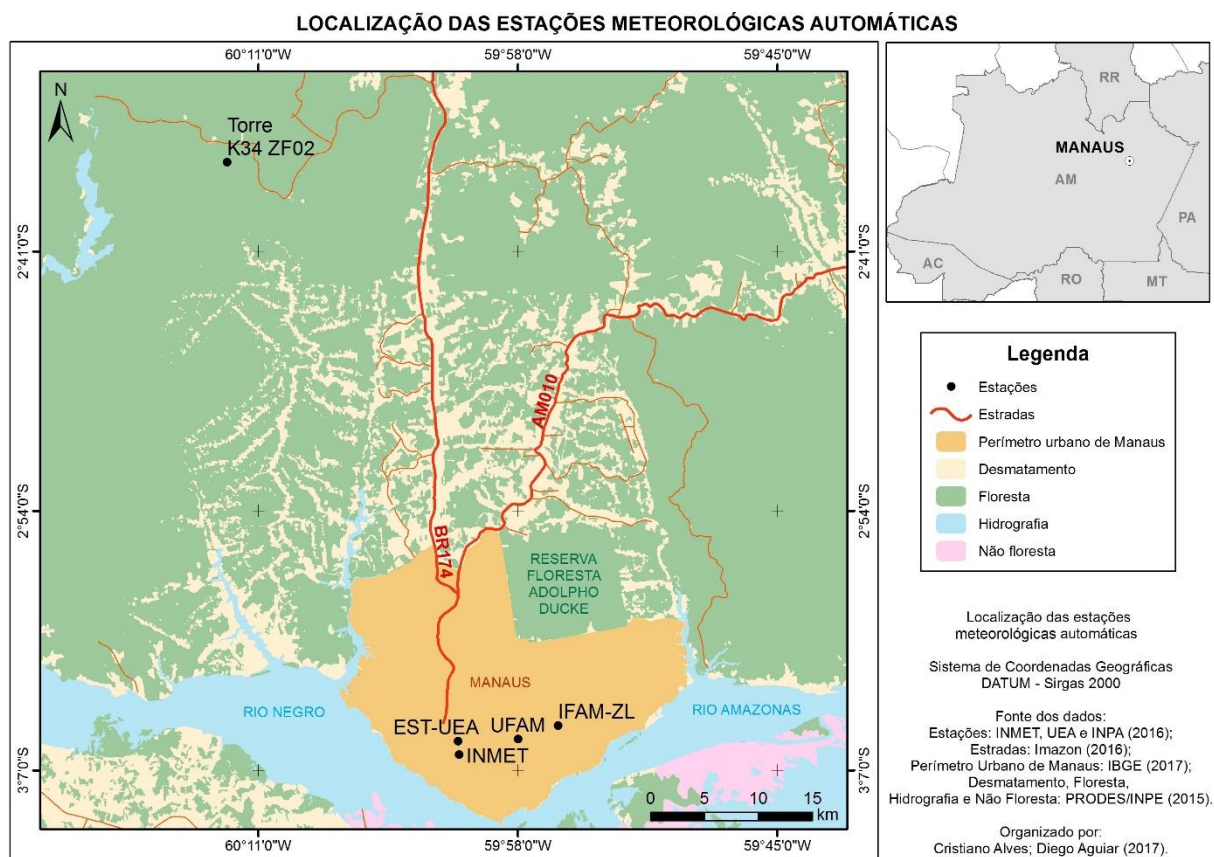


Figura 7 - Localização das estações meteorológicas automáticas utilizadas no estudo
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G. e ALVES, C. de S., 2017.

Para caracterização da área onde as estações estão instaladas, traçou-se um raio de 100 m a partir de cada estação e definiu-se três classificações de área: área com vegetação, área construída e área com solo exposto. A tabela 03 apresenta as características do entorno das estações.

Estação	Características (%)		
	Vegetação	Área construída	Solo exposto
UFAM	82,1	17,9	-
INMET	9,8	48,5	41,7
EST/UEA	44,8	41,7	13,5
IFAM/ZL	41,6	46,2	12,2
K34	100	-	-

Tabela 3 – Tabela com a classificação da área no entorno de cada estação utilizada no estudo.
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2016.

3.3 Processamento e análise dos dados

Para desenvolvimento deste estudo utilizou-se um período de 8 meses de dados que compreende os meses de abril a novembro de 2016. Os dados de precipitação foram acumulados para iguais períodos de tempo uma vez que as medidas com pluviômetro artesanais foram realizadas duas vezes por dia e as estações automática forneceram dados a cada 1 h (estação do INMET), 30 min (estação da UFAM) e 5 minutos (demais estações).

Gráficos foram gerados com informações de precipitação acumulada diária e mensal para cada local de observação, bem como com informações do número de dias com chuva (NDC) e o número de dias sem chuva (NDS) e horário de ocorrência dos eventos de precipitação. Para os dois primeiros casos foram adotadas as recomendações propostas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), a saber: contabilizou-se como dia com (sem) chuva aquele em que a precipitação acumulada for maior ou igual (menor) que 1 mm.

Da mesma forma, as medidas de temperatura do ar que foram sincronizadas para iguais intervalos de tempo. Além disso, foram corrigidas para que se mantivessem no mesmo nível (2 m), pois as alturas dos sensores das estações são diferentes. A correção se deu através do *lapse rate* nas condições de atmosfera adiabática seca.

As temperaturas máximas, mínimas e médias diárias foram coletadas nas diferentes estações serão avaliadas para identificar a variabilidade espacial desta variável entre a área de estudo e diferentes zonas de Manaus. Gráficos foram gerados das médias das temperaturas mínimas, médias e máximas, assim como a amplitude térmica das estações para o período em estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PRECIPITAÇÃO

Nesta seção são apresentados e discutidos os dados de precipitação coletados no período de abril a novembro de 2016 pelas estações automáticas e pelos pluviômetros artesanais. Os dados foram analisados através da precipitação acumulada diária e mensal para cada local de observação (onde foram sincronizados para iguais períodos de tempo), análise de regressão linear, número de dias com chuva (NDC) e números de dias sem chuva (NDS) e horários de ocorrência de precipitação. Para a verificação do NDC e NDS foram consideradas as recomendações propostas pela Organização Meteorológica Mundial, a saber: contabiliza-se como dia com (sem) chuva aquele em que a precipitação acumulada for maior ou igual (menor) que 1 mm.

4.1.1 Estações automáticas

Para todas as estações automáticas utilizadas neste estudo obteve-se 244 dias com dados, o que corresponde exatamente aos oito meses de análise (abril a novembro de 2016). Na contagem do NDC, a estação K34 obteve o maior número de dias (114) e a estação IFAM/ZL o menor número (61). No que se refere ao NDS, a estação IFAM/ZL obteve o maior número de dias (183), enquanto a estação K34 obteve o menor número (130). As estações UFAM, INMET e EST/UEA obtiveram praticamente o mesmo número de NDC e NDS. Os dados são apresentados na tabela 4, logo abaixo.

<i>Estação Automática</i>	NDC	NDS
<i>UFAM</i>	68	176
<i>INMET</i>	67	177
<i>EST/UEA</i>	70	174
<i>IFAM/ZL</i>	61	183
<i>K34</i>	114	130

Tabela 4 – Quantidade do número de dias com chuva (NDC) e sem chuva (NDS) das estações automáticas em estudo.

Fonte: Org.: AGUIAR, D.G., 2017.

O gráfico 8 apresenta os acumulados mensais da precipitação para todas as estações automáticas utilizadas no estudo para o período de abril e novembro de 2016. De forma geral, verificou-se que os maiores valores acumulados se deram no mês de abril e os menores totais no mês de agosto (com exceção da UFAM, em os menores totais se deram em outubro). O mês de agosto é considerado pela literatura como o mês que apresenta os menores valores de precipitação para a cidade (Rocha e Rolim, 1984).

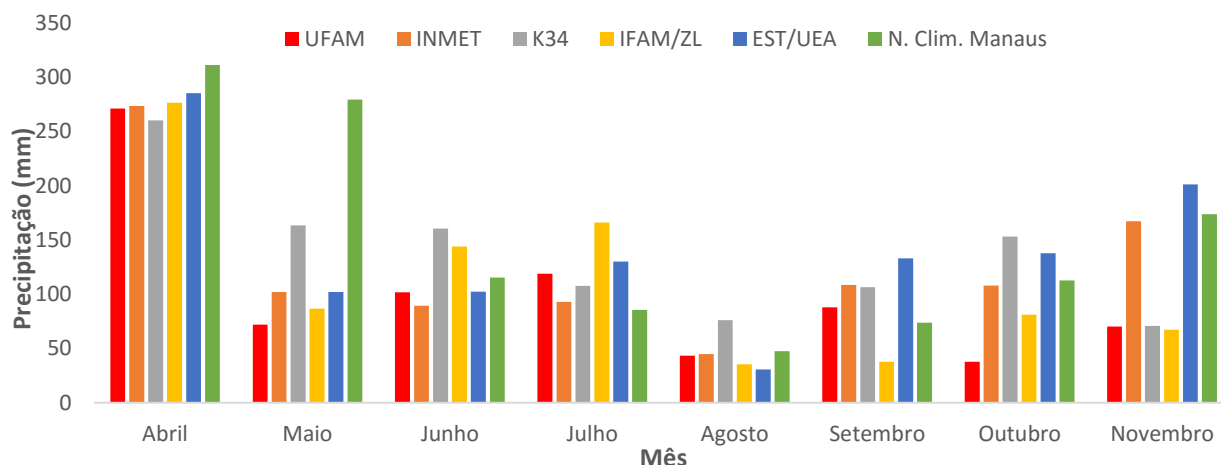


Figura 8 – Acumulado mensal da precipitação para as estações UFAM, INMET, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e Média Climatológica de Manaus para o período de abril a novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Para o mês de abril, observou-se que o acumulado mensal de precipitação para todas as estações se deu abaixo da climatologia de Manaus. O maior total acumulado foi registrado na EST/UEA com 285,2 mm e o menor total na K34 com 260,4 mm (diferença de 24,8 mm). A distância entre as duas estações é de 57,6 km. Na UFAM, a precipitação acumulada mensal foi de 271 mm, o que corresponde 12,9% a menos de precipitação esperado pela climatologia local e 5% em relação à EST/UEA. Os totais acumulados no IFAM/ZL e INMET neste mês foram de 276,4 e 273,6 mm, respectivamente. Para este mês, o boletim climático do Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) apontou ainda uma forte influência do fenômeno El Niño. Registrou-se um déficit acentuado de precipitação no centro-sul da Amazônia, agravado pelo bloqueio atmosférico e fraca atividade na Alta da Bolívia, resultando em áreas com pouca chuva como nos estados do Acre, Rondônia, Mato Grosso, Tocantins, centro-sul do Pará e Maranhão e sudoeste e norte do Amazonas.

Em maio, os totais acumulados mensais de precipitação permaneceram abaixo da climatologia local. A estação K34 obteve o maior registro com 163,3 mm, enquanto o menor

valor acumulado para o mês deu-se na UFAM com 71,8 mm (diferença de 91,5 mm). Os dados apontam que a precipitação nas estações com os maiores e menores totais acumulados mensais foram 41,5 % e 74,3% menores em relação à climatologia local, respectivamente (distância de 59,7 km). Ambas as estações EST/UEA e INMET obtiveram 102 mm e o IFAM/ZL registrou 86,8 mm. O boletim climático do SIPAM revelou que as categorias “seco” e “muito seco” ainda prevaleceram na Amazônia devido a influência residual do fenômeno El Niño e pelo aquecimento que foi observado na maior parte do Pacífico Tropical.

No mês de junho, as estações K34 e IFAM/ZL apresentaram acumulados valores totais de chuva acima da média climatológica local (160,5 e 143,8 mm, respectivamente), enquanto as outras permaneceram com totais abaixo desta média. O menor valor totalizado foi de 89,4 mm para a estação INMET. O valor acumulado para a EST/UEA foi de 102,4 mm e na UFAM, 101,8 mm. Houve uma diferença de 71,1 mm entre o maior (K34) e o menor (INMET) valor acumulado (distância de 58,8 km). Em relação à climatologia de Manaus, o total acumulado na K34 foi 39,1% maior e no INMET, 22,5% menor. Foi verificado neste mês bastante irregularidade nas distribuições de chuva na Amazônia Legal, com a localização da ZCIT sobre o Atlântico mais ao norte da sua posição climatológica. Que, de acordo com o Boletim Climático do SIPAM, contribuiu para a redução dos volumes de chuva no nordeste do Amazonas e em outros estados.

Já no mês de julho, o IFAM/ZL registrou o maior total acumulado de precipitação entre as estações (166 mm), enquanto o menor total se deu no INMET (93 mm). Ainda neste mês, totalizou-se 130,2 mm na EST/UEA, 118,8 mm na UFAM e 107,7 mm na K34. A diferença entre o maior e menor registro foi de 73 mm (com uma distância de 9,6 km entre as estações). Para todas as estações, os valores acumulados se mantiveram acima da média climatológica, a saber: 8,9% - INMET, 26,1% - K34, 39,1% - UFAM, 52,5% - EST/UEA e 94,4% - IFAM/ZL. Destaca-se que este foi o único mês de estudo em que os totais acumulados estiveram acima da média climatológica local. A anomalia de precipitação, no boletim climático do SIPAM, apresentou para a região de Manaus um padrão “normal” a “seco”.

A estação K34 foi a única que registrou o acumulado mensal de precipitação (76 mm) acima da média climatológica de Manaus no mês de agosto (em torno de 60,7%). Os totais acumulados neste mês para as outras estações foram: 44,8 mm para INMET, 43,2 mm para UFAM, 35,2 mm para IFAM/ZL e 30,6 mm para EST/UEA (35,3% menor que a média climatológica local). A diferença entre o maior total e o menor total acumulado para este mês

(K34 – EST/UEA, com uma distância de 57,6 km) foi de 45,4 mm. No boletim climático do SIPAM, registrou-se anomalia de precipitação no padrão “normal” e acumulados de precipitação similares à média climatológica para o período para Manaus.

Para o mês de setembro, a EST/UEA registrou o maior acumulado mensal totalizando 133 mm e na IFAM/ZL o menor valor, 37,6 mm (diferença de 95,4 mm e distância de 9,4 km entre as estações). Os demais totais para as outras estações foram de: 108,6 mm para a INMET, 106,4 mm para a K34 e 87,7 mm para a UFAM. Somente a IFAM/ZL esteve abaixo da média climatológica (49% menor) para o mês enquanto as demais estações permaneceram acima. Neste mês, o boletim climático do SIPAM, a região de Manaus apresentou uma anomalia de precipitação caracterizada como “seca”. O mesmo padrão foi verificado no mês seguinte.

Em outubro, a K34 e a EST/UEA se mantiveram acima da média climatológica (36,1% para a primeira e 22,2% para a segunda), com valores acumulados totais de 153,2 e 137,6 mm, respectivamente. A diferença entre o maior e menor total acumulado para o mês totalizou 115,4 mm (distância de 59,7 km). Para as demais estações obteve-se: 107,8 mm no INMET, 81,2 mm na IFAM/ZL e 37,8 mm na UFAM.

No mês de novembro, o maior acumulado entre as estações foi totalizado na EST/UEA (201,2 mm) e o menor valor no IFAM/ZL (67,2 mm). A diferença entre as duas estações foi de 134 mm (distância de 9,4 km). A EST/UEA se manteve acima da média climatológica (em torno de 15,8%), enquanto as demais se mantiveram abaixo. Os totais acumulados para as demais estações foram de: 167,2 mm para a INMET, 70,9 mm para a K34 e 70,2 mm para a UFAM. Em grande parte da Região Amazônica, a anomalia da precipitação permaneceu, de acordo com o boletim climático do SIPAM, nas categorias “seco” e “muito seco” devido ao reflexo da subsidência no escoamento de grande escala e das anomalias de TSM (principalmente sobre o Atlântico) que foram desfavoráveis ao desenvolvimento de nuvens com potencial de gerar maiores acumulados de chuvas.

Ao analisar todo o período de precipitação acumulada mensal por estação, considerando a média climatológica e o NDC, verificou-se que durante seis meses a UFAM (Figura 9) manteve-se com os totais abaixo da média climatológica (abril, maio, junho, agosto, outubro e novembro) e apenas dois meses acima (julho e setembro). Destaca-se que no mês de agosto o valor esteve próximo da média com uma diferença de 4,1 mm e que o NDC para o mesmo mês foi o menor entre todos os meses (3). O maior NDC se deu no mês de abril (14), o que representou 88,1 % a mais de NDC que a média dos demais meses. O mês de maio foi um mês

atípico para todas as estações devido à influência, durante o ano em estudo, do fenômeno El Niño, que afeta a formação de nuvens na Região Amazônica.

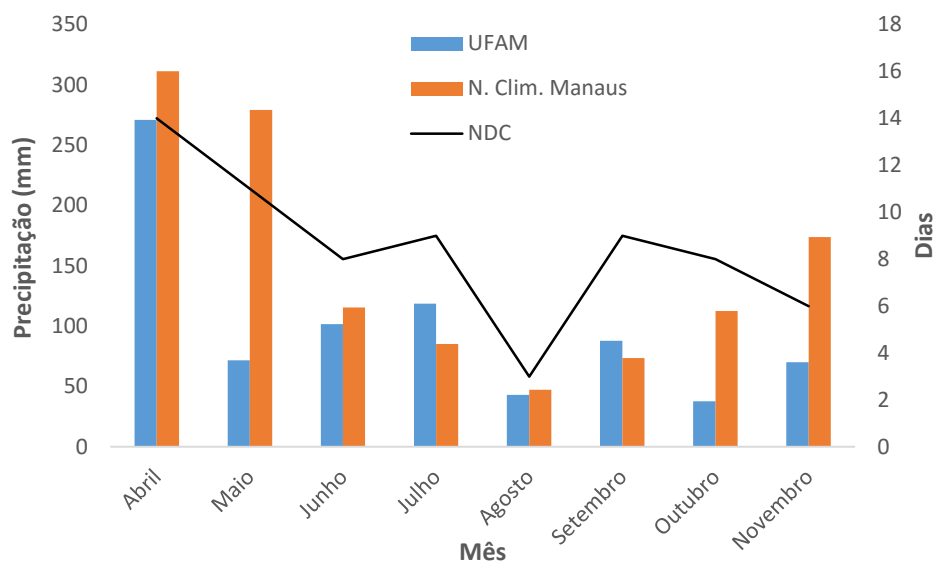


Figura 9 – Acumulado mensal da precipitação para a estação UFAM, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

De forma semelhante, nas estações INMET e IFAM/ZL durante seis meses observou-se os totais acumulados mensais abaixo da média climatológica para o período. Sendo assim, os meses de abril, maio, junho, agosto, outubro e novembro permaneceram abaixo da média na estação INMET (Figura 10), com o mesmo de agosto obtendo valor próximo à climatologia (com uma diferença de 2,5 mm). Ainda para esta estação os meses de julho e setembro permaneceram acima da média. O maior NDC observado foi no mês de abril (14) e o menor no mês de agosto (5). Na IFAM/ZL (Figura 11), os meses que permaneceram abaixo da média foram: abril, maio, agosto, setembro, outubro e novembro. Os meses de junho e julho foram os únicos que se mantiveram acima desta. Em abril encontrou-se o maior NDC (15) e em agosto, o menor (2). Destaca-se que para esta estação o regime é bem semelhante do que foi verificado na UFAM e INMET.

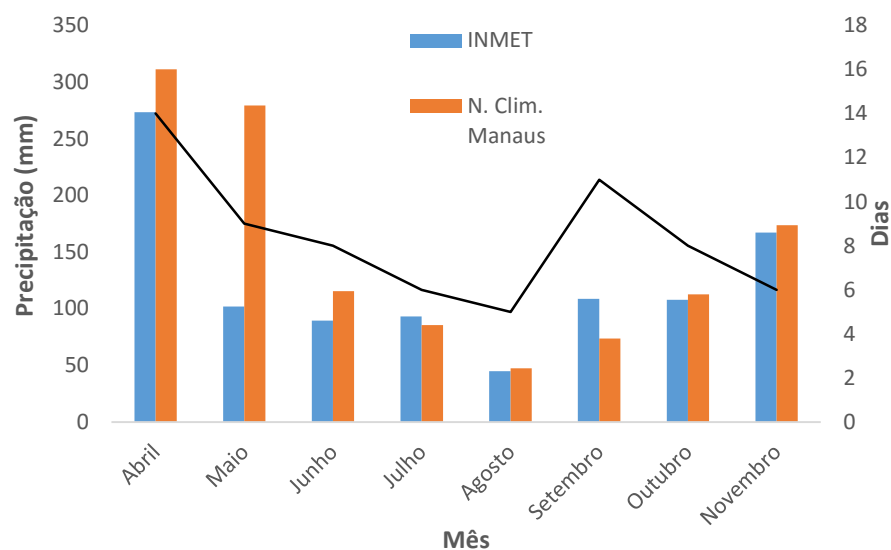


Figura 10 – Acumulado mensal da precipitação para a estação INMET, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

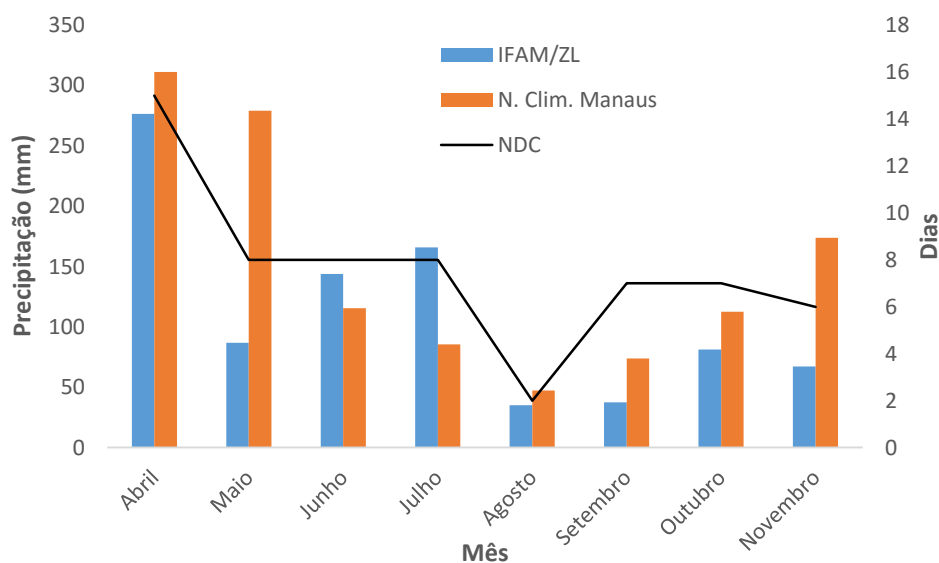


Figura 11 – Acumulado mensal da precipitação para a estação IFAM/ZL, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

A EST/UEA (Figura 12) apresentou quatro meses acima da média climatológica (abril, maio, junho e agosto) e quatro meses abaixo (julho, setembro, outubro e novembro). O maior NDC foi observado no mês de abril (16) e o menor no mês de agosto (3). Já na K34 (Figura 13) apenas três meses permaneceram abaixo da média climatológica, sendo eles: abril, maio e novembro. Os totais mensais observados nos outros meses (junho, julho, agosto e outubro) permaneceram acima. Os meses de abril e maio tiveram o maior número de NDC (18),

enquanto no mês de agosto o NDC foi o menor (2). A K34 é a única estação que se encontra fora do perímetro urbano, em área cercada pela floresta.

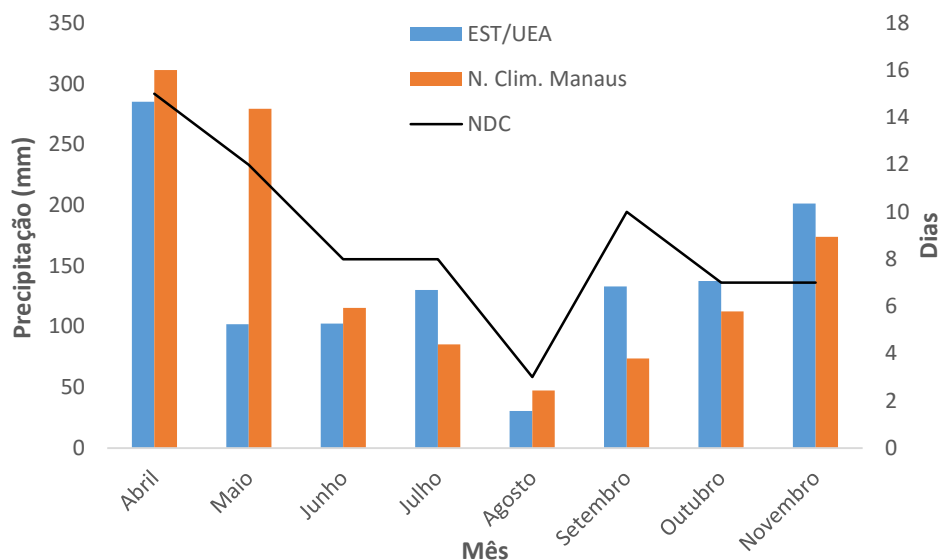


Figura 12 – Acumulado mensal da precipitação para a estação EST/UEA, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016
Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

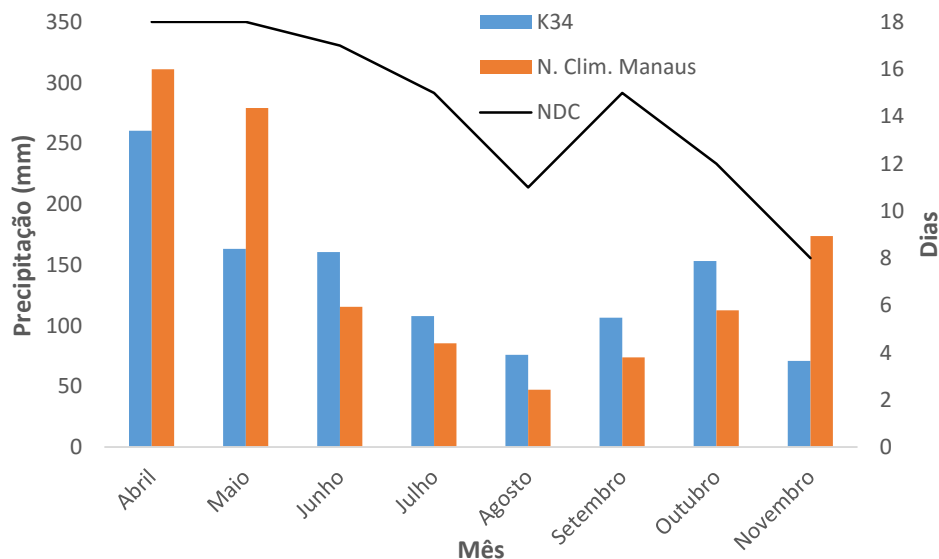


Figura 13 – Acumulado mensal da precipitação para a estação K34, Média Climatológica de Manaus e NDC para o período de abril a novembro de 2016
Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Em resumo, na contagem do NDC por mês para cada estação verificou-se que o mês de abril se caracterizou como o mês de maior NDC para todas as estações (o que coincide com a climatologia local, em que o NDC é 18). As estações UFAM e INMET obtiveram 14 dias de

precipitação acumulada diária e as estações IFAM/ZL e EST/UEA obtiveram 15 dias de precipitação acumulada diária. Na estação K34 além do mês de abril, o mês de maior teve o mesmo NDC (18). Em agosto houve o menor NDC para todas as estações, com exceção da estação K34, que somente no mês de novembro teve o menor NDC (8). A tabela abaixo apresenta o NDC mensal para cada estação (Tabela 5).

NDC (Mês)	Estação				
	UFAM	INMET	K34	IFAM/ZL	EST/UEA
<i>Abril</i>	14	14	18	15	15
<i>Mai</i>	11	9	18	8	12
<i>Junho</i>	8	8	17	8	8
<i>Julho</i>	9	6	15	8	8
<i>Agosto</i>	3	5	11	2	3
<i>Setembro</i>	9	11	15	7	10
<i>Outubro</i>	8	8	12	7	7
<i>Novembro</i>	6	6	8	6	7

Tabela 5 – Quantidade de número de dias com chuva (NDC) nas estações automáticas de estudo para cada mês.

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Na análise da precipitação em dois períodos do dia (diurno e noturno) verificou-se uma marcante variação espaço-temporal. Os maiores totais de chuva no período diurno, correspondente ao acumulado de chuva entre os horários de 06:01h às 18:00h (Figura 14), ocorreram entre os horários de 09:00 e 12:00h e às 15:00h, com exceção da K34 (em que os maiores totais estiveram entre 13:00 e 17:00h). Ainda neste período, o maior total acumulado para todo o período de coleta de dados foi observado na EST/UEA (825 mm) e o menor na UFAM (499,4 mm). As demais estações totalizaram: 824,7 mm na K34, 712,6 mm na INMET e 561,8 mm na IFAM/ZL. Nas estações que se encontram em zona urbana (UFAM, INMET, EST/UEA e IFAM/ZL), os maiores valores de chuva acumulada ocorreram no horário de 12:00h. Os menores valores de chuva acumulada no período diurno para as estações se deram entre os horários de 14:00 e 18:00h (16,2 mm na UFAM, 17,8 mm na INMET, 21,8 mm na EST/UEA e 12,6 mm na IFAM/ZL), com exceção da K34 em que o menor valor foi observado às 06:00h (6,4 mm). Os resultados coincidem com o estudo de Tanaka *et al.* (2013) que, ao estudar a variação diurna de precipitação utilizando quatro estações dentro e ao redor de Manaus (durante um período de 6 anos), concluiu que a precipitação diurna é maior que a noturna.

Segundo o mesmo autor, as ocorrências mais frequentes de chuva na floresta estão entre os horários de 12 e 16h (horário local) e nas estações que estão na cidade, nos horários de 10 a 14h.

Quanto ao período noturno (Figura 15), correspondente ao acumulado de chuva entre os horários de 18:01 às 06:00h, os maiores totais de chuva acumulados ocorreram entre os horários de 05:00 e 06:00h. Para o mesmo período, o maior total acumulado para todo o período de coleta de dados se deu na IFAM/ZL (332,4 mm), seguido da UFAM (303 mm), EST/UEA (297,2 mm), INMET (273,8 mm) e K34 (273,6 mm). Os maiores totais de chuva acumulada observados se deram no período das 05:00h para as estações INMET, EST/UEA e IFAM/ZL e às 06:00h para a estação UFAM. No que se refere aos menores totais de chuva acumulada observou-se que na UFAM ocorrem às 22:00h e nas demais estações (INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL) ocorrem às 23:00h.

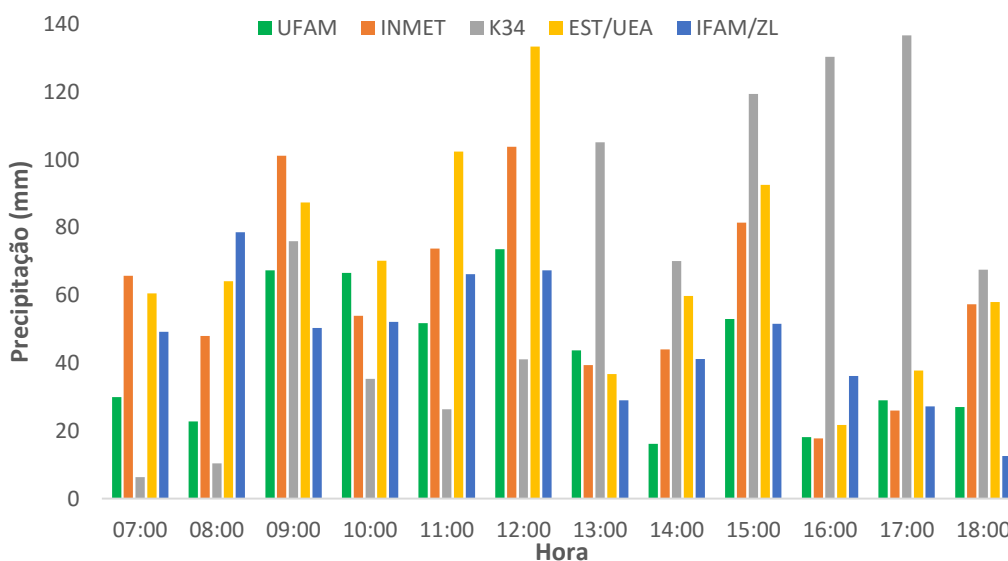


Figura 14 – Totais acumulados de chuva por hora nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período da manhã (abril a novembro de 2017).

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

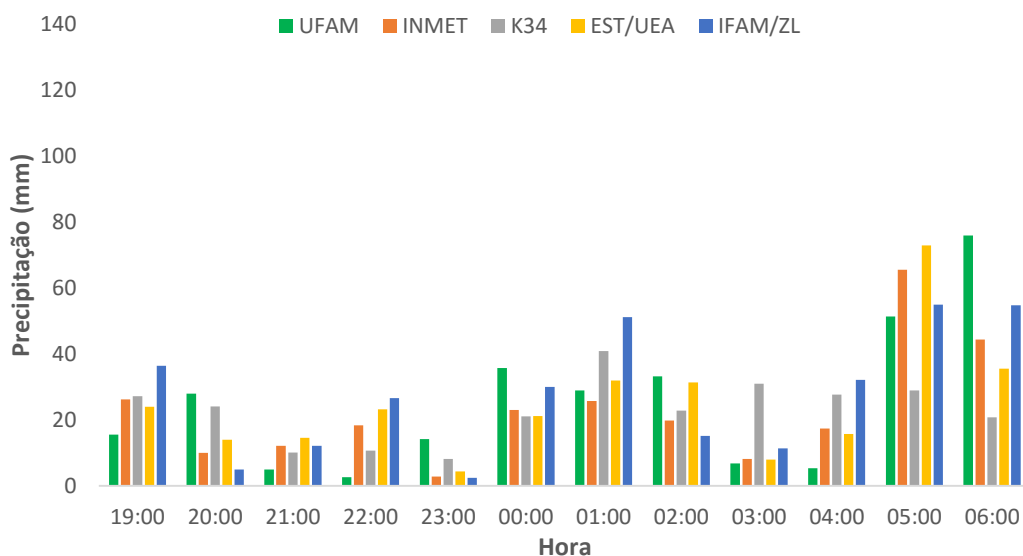


Figura 15 – Totais acumulados de chuva por hora nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período da noite (abril a novembro de 2017).

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Ao analisar a precipitação diária nas estações automáticas observou-se que (com exceção da estação INMET), o dia 12/04/2016 correspondeu ao dia em houve o maior valor acumulado de precipitação em todo o período de dados (Figura 16). No entanto, o maior acúmulo diário entre as estações deu-se na estação EST/UEA com 81,8 mm e o menor valor acumulado na estação UFAM com 55 mm (diferença de 26,8 mm de chuva). Nas demais estações, para o mesmo dia obteve-se: 73,4 mm na estação K34, 70,2 mm na estação IFAM/ZL e 65,2 mm na estação INMET. Foram contabilizados 10 dias em que houve ocorrência de chuvas em todas as estações de forma conjunta (dias 01, 09, 10, 12, 19, 21, 23, 24, 28 e 29 de abril).

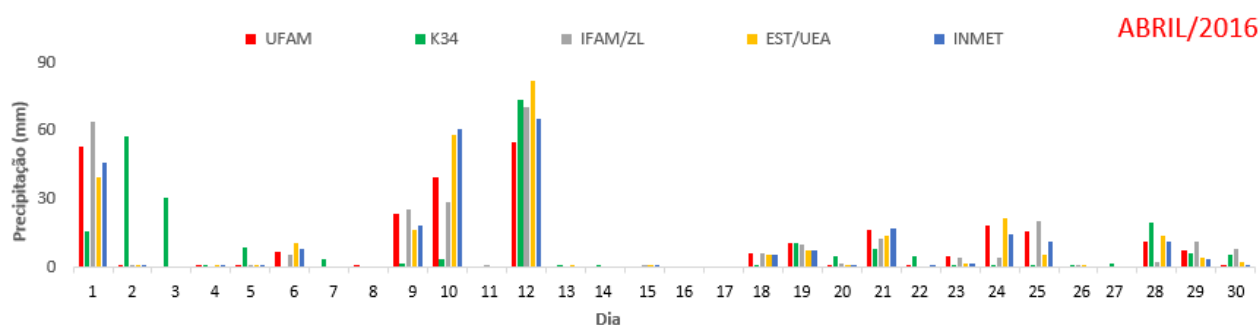


Figura 16 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de abril de 2016.

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

No mês de maio (Figura 17), os maiores totais acumulados ocorreram em dias distintos, com exceção da EST/UEA e INMET. Na UFAM, 18,8 mm no dia 30/05; na K34, 19,5 mm no dia 03/05; na IFAM/ZL, 31,4 mm (maior acumulado diário neste mês dentre todas as estações) no dia 11/05 (diferença de 20,0 mm para a UFAM) e no dia 05/05 nas estações EST/UEA e INMET, 22,8 mm e 24,6 mm, respectivamente. Foram contabilizados 04 dias em houve ocorrência chuvas em todas as estações de forma conjunta (dias 02, 13, 14 e 30 de maio).

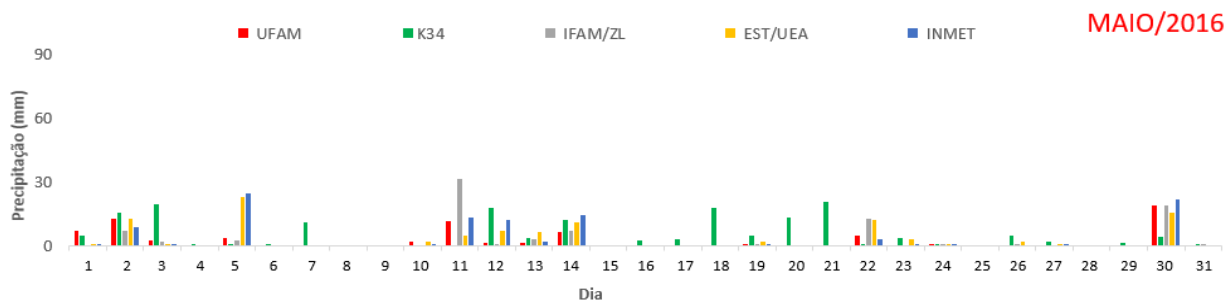


Figura 17 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de maio de 2016

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Os maiores totais acumulados diários para o mês de junho (Figura 18) foram: no dia 12/06, 36,0 mm e 27,4 mm (para IFAM/ZL e EST/UEA respectivamente); no dia 21/06, 23,6 mm na K34 e no dia 25/06, 23,6 mm para a K34, 25,4 mm para a INMET e 26,6 mm para a UFAM. Ressalta-se que o maior valor acumulado para a K34 foi registrado em dois dias (21 e 25/06). Para o dia 25/06, a UFAM teve o maior acumulado de chuva. E em 05 dias ocorrem chuvas em todas as estações de forma conjunta (02, 11, 12, 22 e 25 de junho).

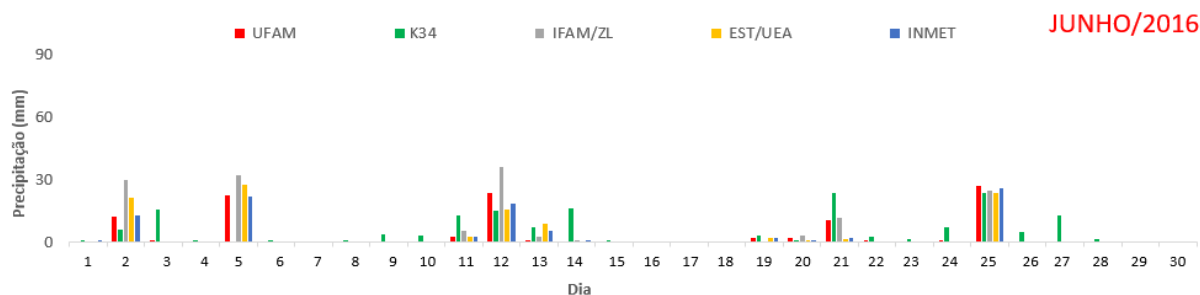


Figura 18 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de junho de 2016

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

No mês de julho (Figura 19), a IFAM/ZL acumulou o maior total acumulado diário de precipitação, no dia 23/07, com 34,4 mm. Ainda neste dia a EST/UEA contabilizou 28,2 mm. Nas outras estações, os maiores totais de chuva foram: UFAM, com 26,6 mm no dia 06/07, INMET, com 25,6 mm no dia 06/07 e K34 com 24,1 mm no dia 22/07. Neste mês, houveram 07 dias em que as chuvas ocorreram em todas as estações, a saber: dias 05, 06, 09, 20, 22, 23, 31 de julho.

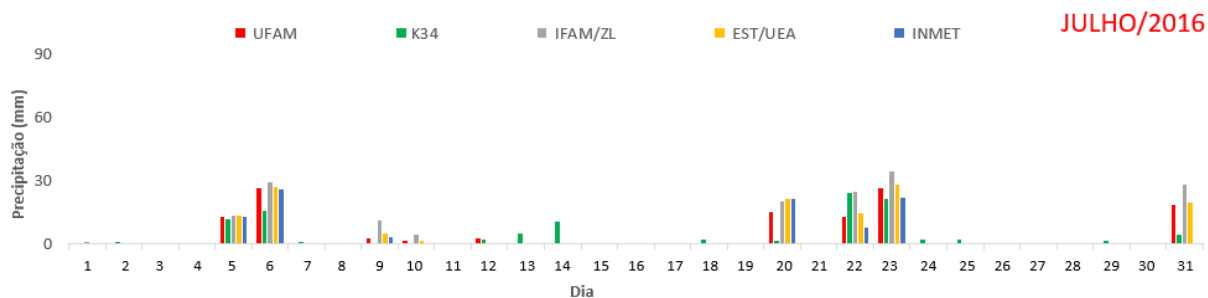


Figura 19 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de julho de 2016

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Em agosto (Figura 20), apenas dois dias ocorreram chuva em todas as estações de forma conjunta (dias 05 e 24). Os maiores totais diários acumulados neste mês foram: 30,8 mm na IFAM/ZL, 21,0 mm na UFAM, 15,4 mm na EST/UEA e 13,4 mm na INMET para o dia 05/08. Apenas a K34 apresentou seu maior total diário acumulado no dia 12/08, com 17 mm. Já em setembro (Figura 21), houveram duas ocorrências de maiores totais diários pluviométricos no dia 09/09 (para a UFAM, com 25,2 mm e IFAM/ZL com 16,2 mm), duas no dia 29/09 (EST/UEA, com 47 mm e INMET, com 36,2 mm), e no dia 24/09 a ZF02 alcançou seu maior total com 24,6 mm. Apenas 03 dias contabilizaram chuvas de forma conjunta entre todas as estações: dias 03, 06 e 16 de setembro. No mês de outubro (Figura 22), os maiores totais diários foram de: 59,8 mm e 38,6 mm no dia 06/10 (para a EST/UEA e INMET, respectivamente; 6,4 mm no dia 23/10 para a UFAM; 43,4 mm no dia 29/10 para a K34 e 22,8 mm no dia 31/10 para IFAM/ZL. Sendo que somente em dois dias (27 e 31/10) houveram ocorrências de chuva em todas as estações.

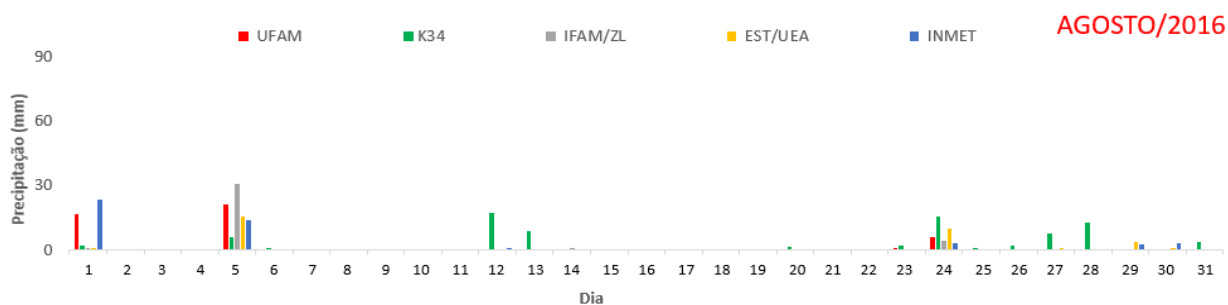


Figura 20 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de agosto de 2016

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

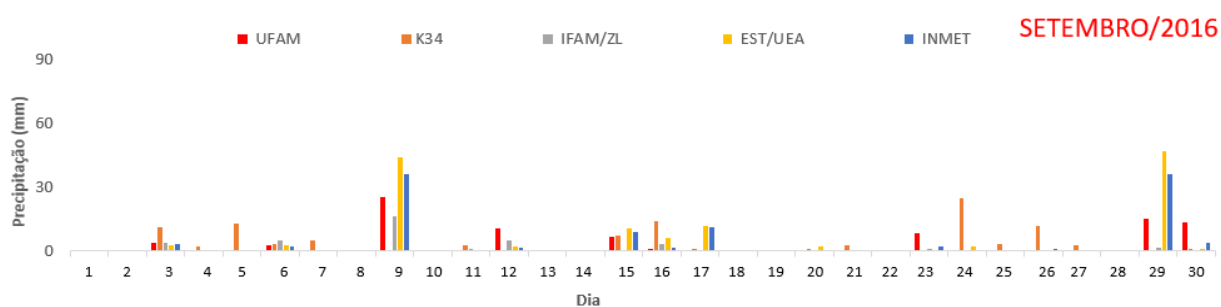


Figura 21 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de setembro de 2016

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

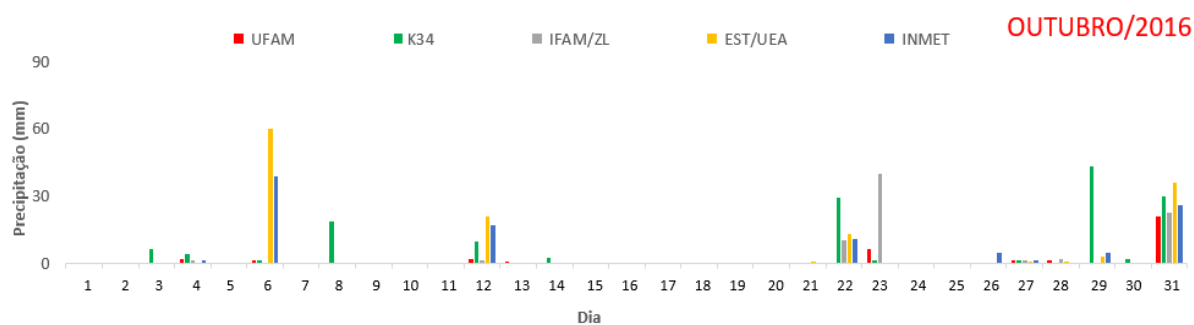


Figura 22 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de outubro de 2016

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Por fim, em novembro (Figura 23), as estações INMET (69,6 mm), EST/UEA (64 mm), K34 (31 mm) e IFAM/ZL (20,8 mm), apresentaram os maiores totais acumulados diários no dia 21/10, enquanto a UFAM (9,6) registrou somente no dia 17/10. Observou-se que o maior acumulado diário registrado pelo INMET se deu no mês de novembro. Nos dias 06, 08, 17 e 21 de novembro foram registradas chuvas em todas as estações de forma conjunta.

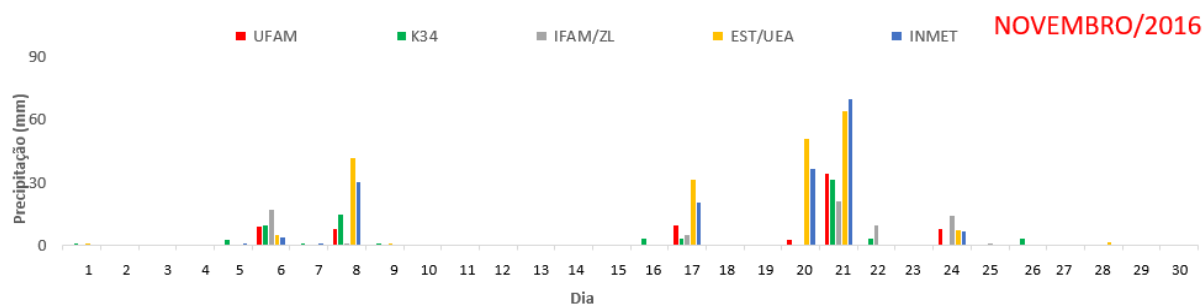


Figura 23 – Precipitação acumulada diária nas estações UFAM, K34, IFAM/ZL, EST/UEA e INMET no mês de novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

4.1.2 Pluviômetros Artesanais

No Campus da UFAM, além da instalação da estação automática (UFAM), instalou-se um pluviômetro artesanal para validar os dados pluviométricos obtidos com a anterior. A figura 24 apresenta os dados obtidos em ambos os pluviômetros. A média dos totais de chuva acumulados para todo o período de dados foi de 90,1 mm para o pluviômetro artesanal e 100,3 mm para a UFAM (diferença de 10,2 mm). Com exceção dos meses de agosto e novembro (apresentando uma diferença de 15,9 mm e 5,7 mm, respectivamente), os totais acumulados de chuva registrados na UFAM foram maiores que no pluviômetro artesanal. A análise de regressão estatística entre os dados coletados pelos pluviômetros (Figura 25) apresentou um coeficiente de determinação de $r^2 = 0,9195$, tendo o melhor ajuste obtido pelo modelo linear.

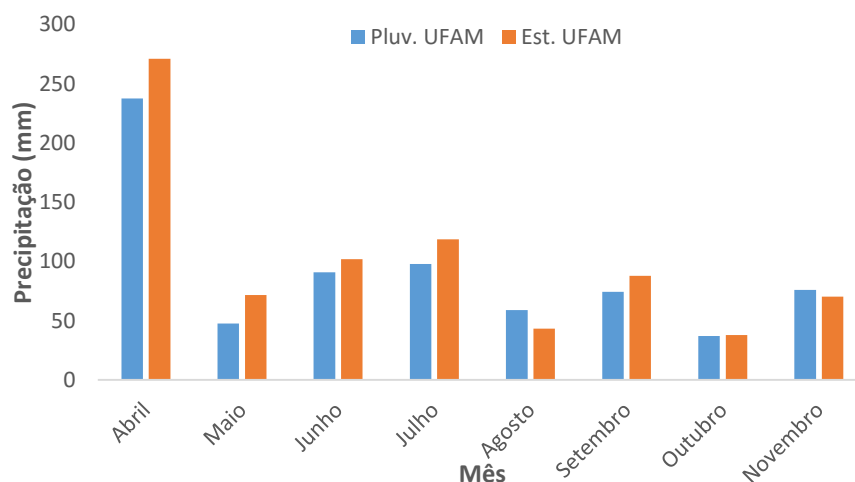


Figura 24 – Acumulado mensal de precipitação para o Pluviômetro Artesanal UFAM e para a estação automática UFAM
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017

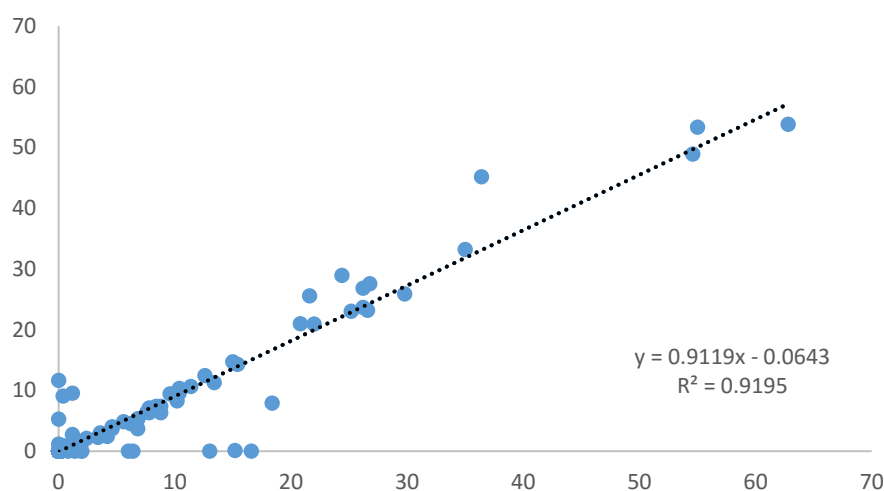


Figura 25 – Análise de regressão linear para os dados do Pluviômetro Artesanal UFAM e a estação automática UFAM

Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017

A Figura 26 apresenta os totais acumulados mensais dos pluviômetros artesanais e da estação UFAM durante os meses de abril a novembro de 2017. Verificou-se que os maiores totais se deram no mês de abril para todos os pluviômetros: Atílio Andreazza – 307,7 mm, Acariquara – 131,3 mm, Armando Mendes – 285,8 mm, Coroado – 251,0 mm e UFAM – 271,0 mm. Os menores totais acumulados mensais registrados deram-se em 03 pluviômetros no mês de agosto: Atílio Andreazza – 0,0 mm, Acariquara – 27,9 mm e Coroado – 79,1 mm. No Armando Mendes (37,1 mm) e na UFAM (37,8 mm) os menores totais deram-se nos meses de setembro e outubro, respectivamente. Com exceção do mês de maio, observou-se que os pluviômetros acompanharam a sazonalidade. Porém, demonstra uma marcante variação entre as estações identificadas nos meses de setembro, outubro e novembro.

No mês de abril, todos os pluviômetros apresentaram totais acumulados de chuva menores do que a Climatologia de Manaus. O maior acumulado mensal entre os pluviômetros foi contabilizado no Atílio Andreazza, com 307,7 mm e o menor no Coroado, com 251,0 mm. Em maio, o Coroado apresentou o maior valor acumulado (112,3 mm) e no Armando Mendes registrou-se o menor valor (58,6 mm). Os totais acumulados neste mês permaneceram abaixo da climatologia local. Para junho, o Atílio Andreazza teve o maior valor acumulado (155,2 mm) e o Acariquara, o menor (42,7 mm). Três pluviômetros registraram valores acima da climatologia local para o mês, a saber: Atílio Andreazza, Armando Mendes (121,3 mm) e Coroado (119,5 mm). No mês de julho, todos os totais acumulados nos pluviômetros

permaneceram acima da climatologia local. Sendo que o maior total acumulado totalizou 213,8 mm no Coroado e o menor, 88,6 mm no Acariquara. Em agosto, não houve registro de precipitação pelo Acariquara, porém no Coroado houve o maior registro acumulado para o mês (79,1 mm). Somente Armando Mendes (75 mm), Coroado e UFAM (61,8 mm) registraram totais acima da climatologia local. Já em setembro, o Coroado totalizou o maior acumulado com 135,6 mm e o Armando Mendes, o menor (37,1 mm). Três pluviômetros obtiveram valores acima da climatologia local: Coroado, Atílio Andreazza (98,5 mm) e UFAM (87,8 mm). No mês de outubro, somente o Coroado teve um acúmulo de precipitação maior do que a climatologia de Manaus, com 142,6 mm. O menor total acumulado foi verificado na UFAM (37,8 mm). Por fim, em novembro todos os pluviômetros registraram totais menores que a climatologia local. O maior registro entre os pluviômetros se deu no Coroado (148,1 mm) e o menor, no Acariquara (37,8 mm).

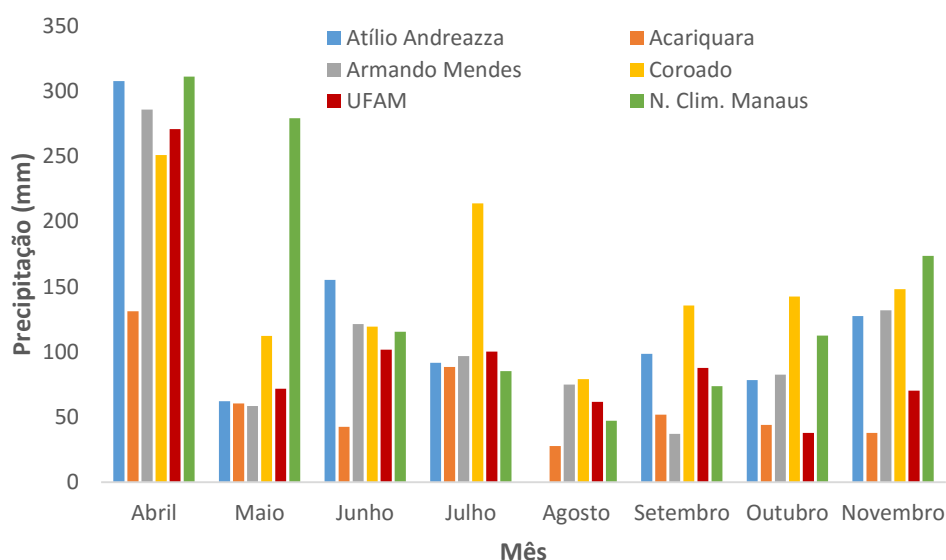


Figura 26 – Acumulado mensal da precipitação para a estação UFAM e pluviômetros Atílio Andreazza, Acariquara, Armando Mendes e Coroado e Média Climatológica de Manaus para o período de abril a novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

A figura 27 apresenta a média mensal dos totais acumulados dos pluviômetros artesanais e os dados mensais obtidos pela estação UFAM. De forma geral, verificou-se que nos meses de maio, junho, julho, outubro e novembro a média mensal dos pluviômetros artesanais foram acima dos obtidos pela UFAM (que só obteve totais acima da média dos demais pluviômetros

nos meses de abril, agosto e setembro). As maiores diferenças nos totais acumulados se deram nos meses de outubro (49,1 mm) e novembro (41,2 mm) e a menor diferença no mês de maio (1,6 mm). Observou-se que, durante o período em estudo, as chuvas demonstraram ser maiores no entorno da floresta do Campus do que no seu interior.

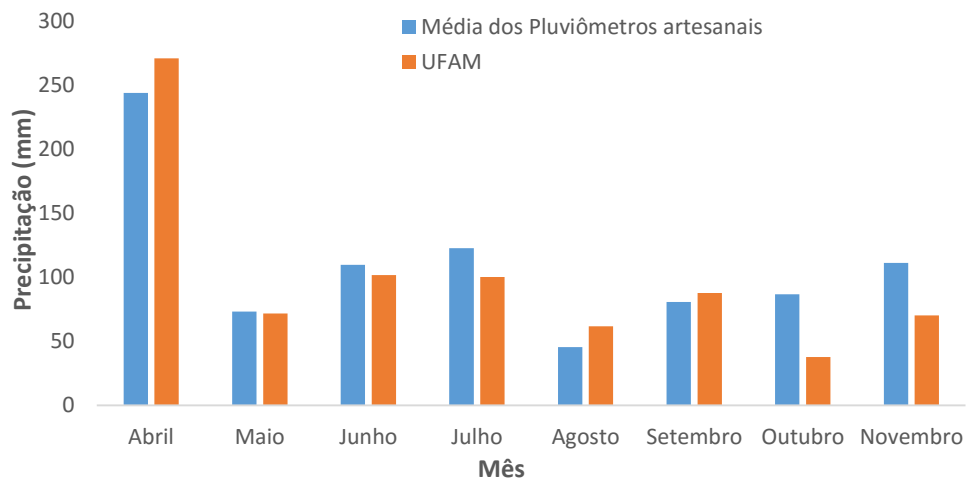


Figura 27 - Média do acumulado mensal de precipitação para os pluviômetros artesanais e totais acumulados mensais na estação UFAM.
Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017

4.2 TEMPERATURA

A partir dos dados de temperatura do ar coletados pelas estações automáticas para todo o período em estudo (abril e novembro de 2016) construíram-se os gráficos de temperaturas máximas (Figura 28) e médias (Figura 29) e mínimas diárias (Figura 30).

Os maiores valores de temperatura máxima diária em abril foram de 36,4 °C para a UFAM, 34,2 °C para INMET, 33,2 °C para a K34, 32,2 °C para a EST/UEA e 37,1 °C para a IFAM/ZL (registrado no dia 22/04/2016). Destaca-se que para todas as estações (com exceção da IFAM/ZL), o dia 08/04/16 teve as maiores temperaturas máximas diárias registradas. O segundo maior registro de temperatura máxima diária na IFAM/ZL ocorreu no dia 08/04/2016, com 37,0 °C. A estação IFAM/ZL teve o maior registro de temperatura máxima diária para este mês, dentre todas as estações. Em maio, as estações UFAM e IFAM/ZL registraram suas maiores temperaturas diárias no dia 18/05 com 34,8 °C e 36,9 °C, respectivamente. As demais estações registraram: 32,4 °C no dia 16/05 na K34, 32,4 °C no dia 21/05 na EST/UEA e 37,7 °C no dia 28/05 na INMET. No mês de junho, as estações UFAM, K34 e IFAM/ZL apresentaram seus maiores registros de temperatura máxima diária no dia 08/06 (34,5 °C, 32,1 °C e 36,3 °C, respectivamente). A estação INMET atingiu seu pico em 04/06 com 35,8 °C e a EST/UEA no dia 09/06, com 31,4 °C. Para julho, os maiores registros de temperatura máxima diária foram: 35,0 °C para a UFAM (dias 17/07), 34,4 °C para a INMET (17/07), 32,9 °C para a K34 (dia 30/07), 31,7 °C para a EST/UEA (17/07) e 37,0 °C para a IFAM/ZL (17/07). Em quatro estações houve a ocorrência de maiores temperaturas máximas diárias para o mesmo dia (17/07). No mês de agosto, nas estações UFAM, K34 e IFAM/ZL, os maiores valores de temperatura máxima diária foram registrados no dia 11/08, a saber: 37,2 °C, 34,2 °C e 38,9 °C, respectivamente. Na estação INMET registrou-se 35,5 °C no dia 19/08 e a EST/UEA teve sua temperatura máxima diária no dia 21/08 (32,3 °C). Em setembro, as maiores temperaturas máximas diárias se deram nos dias 15/09 para a estação UFAM (37,2 °C), no dia 14/09 e 15/09 para a INMET (35,5 °C), dia 22/09 para a IFAM/ZL (38,3 °C) e 28/09 para a EST/UEA (32,2 °C). As estações UFAM (38,6 °C), INMET (35,9 °C) e IFAM/ZL (40,0 °C) registraram suas maiores temperaturas diárias para o mês de outubro no dia 20, enquanto na K34 (34,3 °C) o registro máximo de temperatura do mês se deu no dia 08/10 e na EST/UEA (32,5 °C) a ocorrência se deu no dia 19/10. Por fim, em novembro, as estações UFAM (38,7 °C), K34 (33,6 °C) e IFAM (38,6 °C) registraram seus maiores valores de temperatura no dia 13. Para o mesmo mês, a INMET registrou 35,4 °C no dia 12/11 e a EST/UEA, 33,1 °C no dia 16/11.

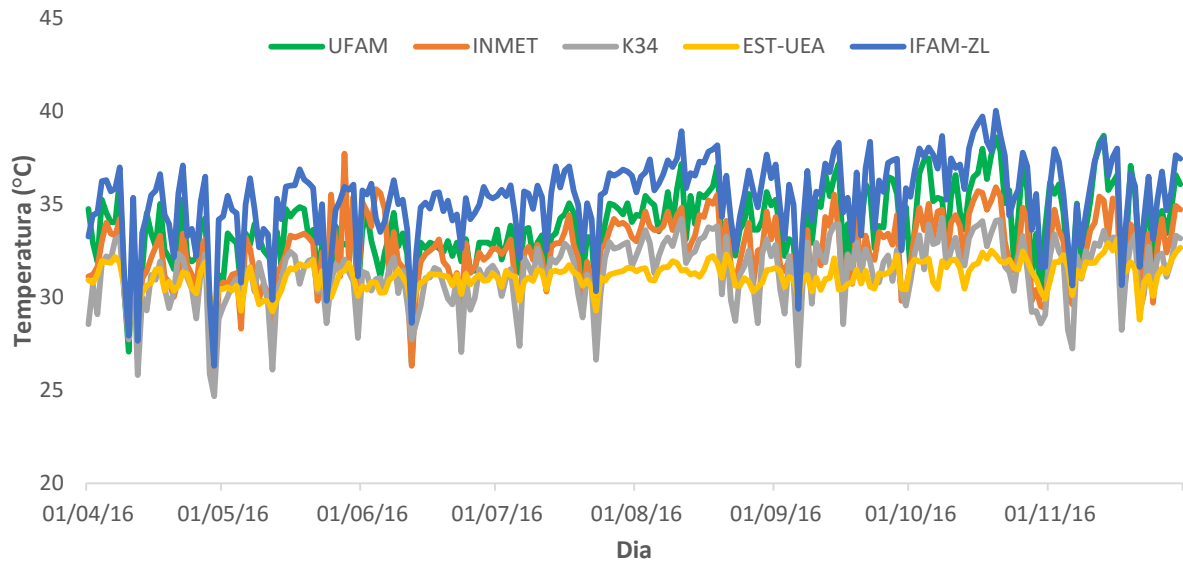


Figura 28 – Temperaturas máximas diárias nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Ao analisar os dados das temperaturas médias diárias verificou-se que, as menores temperaturas médias diárias foram registradas no mês de junho (25,1 °C na UFAM, 25,2 °C na INMET, 23,9 °C na K34 e 24,9 °C na IFAM/ZL) para todas as estações com exceção da EST/UEA (27,9 °C registrados em novembro). No entanto, as maiores temperaturas médias diárias foram registradas no mês de outubro nas estações UFAM (33,3 °C), INMET (31,9 °C), K34 (30,3 °C) e IFAM/ZL (32,1 °C), com exceção novamente da EST/UEA que registrou sua maior temperatura média diária em novembro, com 32,4 °C.

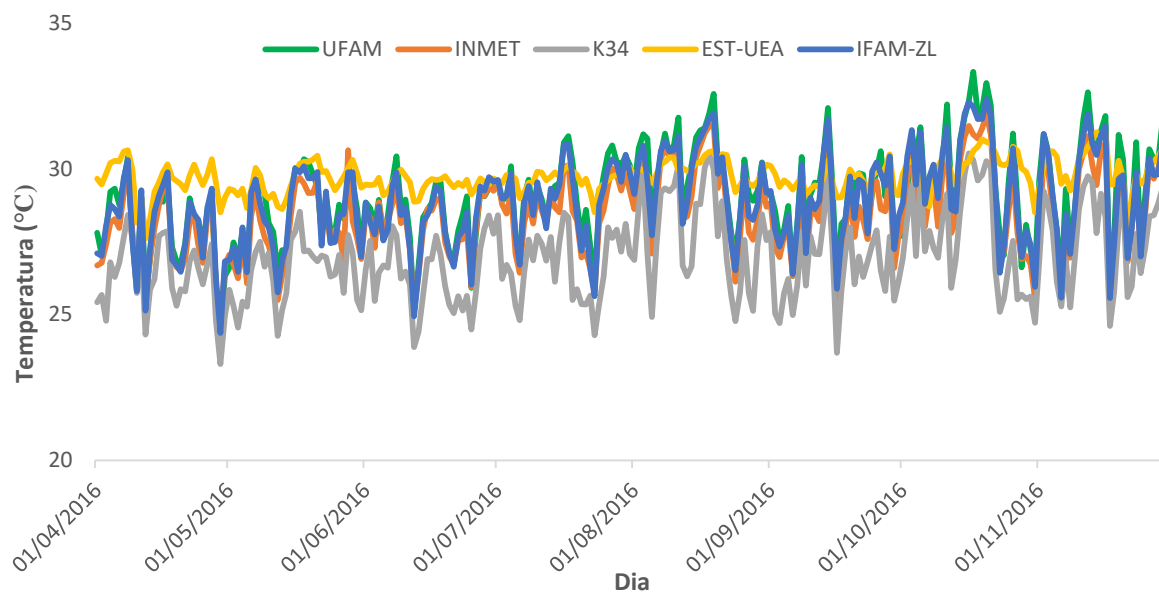


Figura 29 - Temperaturas médias diárias nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril a novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Os menores valores de temperatura mínima para o mês de abril foram registrados nas estações INMET (22,3 °C) e IFAM/ZL (22,7 °C), no dia 10/04; na EST/UEA (26,7 °C) no dia 12/04, e; na K34 (22,7 °C) no dia 29/04. Para o mês de maio, obteve-se os menores registros de temperatura mínima para o dia 02/05, a INMET (23,5 °C); no dia 04/05, a K34 (21,9 °C) e no dia 13/05, as estações UFAM (23,6 °C) e EST/UEA (27,7 °C). Destaca-se que ainda neste mês, a IFAM/ZL registrou sua menor temperatura mínima no dia 03/05 (23,4 °C). Em junho, a INMET registrou sua temperatura mínima (22,2 °C) no dia 02/06, enquanto a EST/UEA teve o menor registro no dia 05/06 (27,2 °C). A IFAM/ZL registrou sua menor temperatura mínima diária (22,6 °C) no dia 11/06. Na K34, o dia 12/06 apresentou o menor valor registrado de temperatura mínima para o mês (22,2 °C). Na UFAM registrou-se 22,6 °C no dia 25/06. No mês de julho obteve-se, no dia 20/07, duas estações com a menor temperatura mínima diária: UFAM (22,9 °C) e EST/UEA (27,5 °C); e no dia 23/07, as estações INMET e K34 registraram 22,8 °C e 21,8 °C, respectivamente. A IFAM/ZL teve seu menor registro diário de temperatura mínima no dia 31/07 (22,3 °C). Em agosto, no dia 05, três estações registraram menor temperatura mínima diária: UFAM (23,0 °C), INMET (21,9 °C) e IFAM/ZL (22,2 °C). A EST/UEA teve sua menor temperatura mínima registrada no dia 01/08 (27,7 °C), enquanto a K34 no dia 25/08 (20,9 °C). Para o mês de setembro, no dia 17/09, três estações registraram as menores temperaturas mínimas: INMET (23,6 °C), K34 (21,6 °C) e IFAM/ZL (23,1 °C). A EST/UEA

obteve 26,3 °C no dia 09/09 e a UFAM 23,6 °C no dia 23/09. Das cinco estações em estudo, quatro delas obtiveram sua menor temperatura mínima registrada no dia 31/10, a saber: UFAM (23,1 °C), INMET (22,5 °C), K34 (21,9 °C) e IFAM/ZL (22,7 °C). A EST/UEA obteve em 06/10, 25,6 °C. Por fim, em novembro, a EST/UEA contabilizou 26,5 °C como temperatura mínima diária. A estação INMET obteve, no dia 17/11, 22,5 °C. No dia 18/11, as estações K34, IFAM/ZL e UFAM registraram 20,3 °C, 21,9 °C e 22,4 °C, respectivamente.

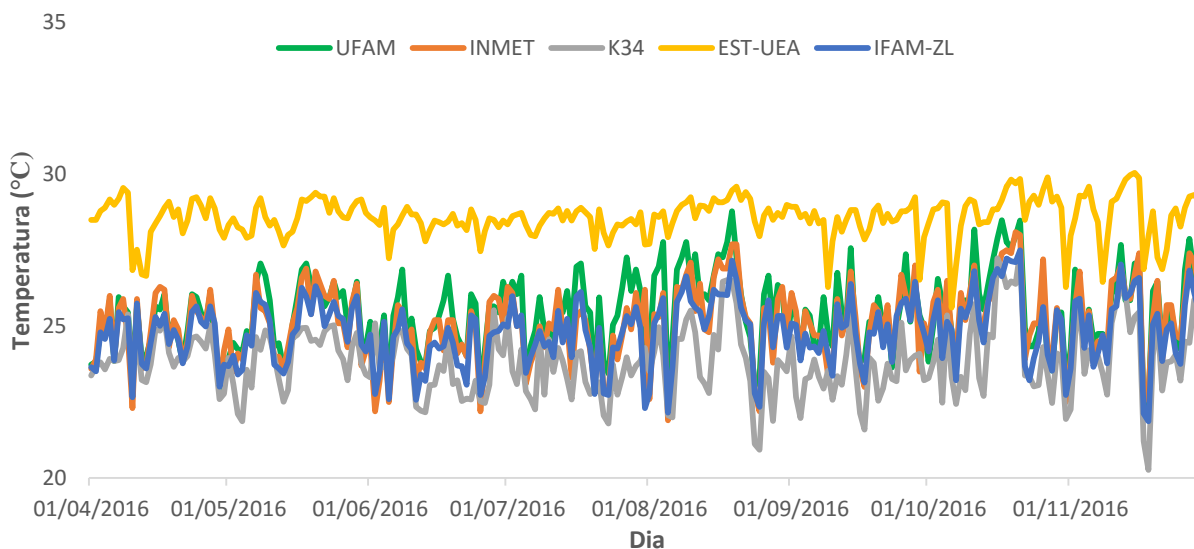


Figura 30 – Temperaturas mínimas diárias nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

A análise das médias das temperaturas máximas mensais (Figura 31) permitiu identificar que as estações INMET e K34 apresentaram as maiores médias nos meses de agosto (33,5 °C e 32,3 °C, respectivamente) e as estações UFAM, EST/UEA e IFAM/ZL obtiveram suas maiores médias nos meses de outubro (35,2 °C, 31,6 °C e 36,9 °C, respectivamente). Quanto à média das temperaturas médias (Figura 32), verificou-se que os menores valores permaneceram no mês de abril (UFAM – 27,9 °C, INMET – 27,6 °C, K34 – 26,3 °C e IFAM/ZL – 27,8 °C), com exceção da EST/UEA que obteve o menor valor em maio (29,6 °C). Já os maiores valores para as médias das temperaturas médias estiveram nos meses de agosto (na UFAM, com 30,0 °C; na INMET, com 29,3 °C e na K34, com 27,8 °C) e outubro (na EST/UEA, com 30,1 °C e na IFAM/ZL, com 29,8 °C). Os menores valores médios das temperaturas mínimas (Figura 33) permaneceram nos meses de abril (UFAM – 24,8 °C), maio (K34 – 24,0 °C), junho (EST-UEA – 28,4 °C e IFAM/ZL – 24,2 °C) e julho (INMET – 24,8 °C).

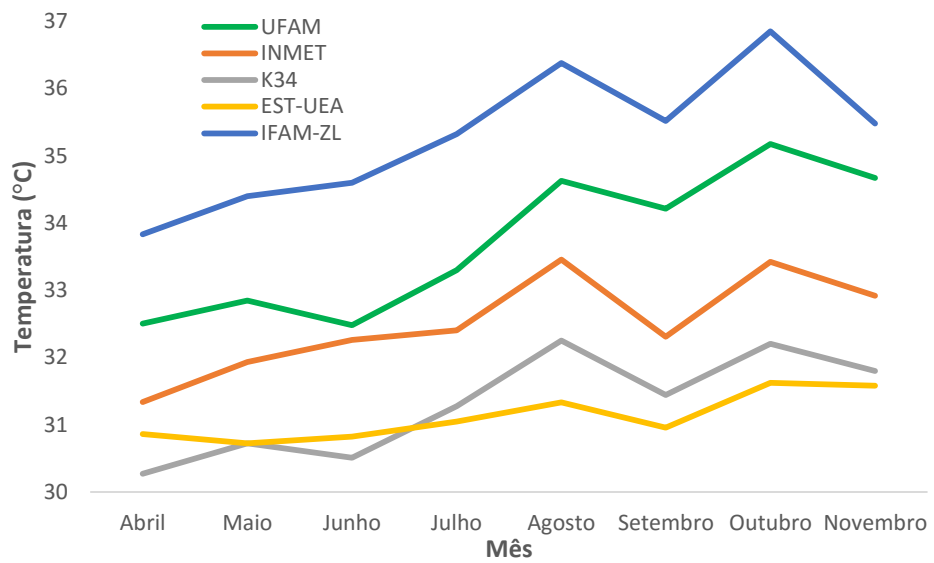


Figura 31 – Média das temperaturas máximas mensais nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

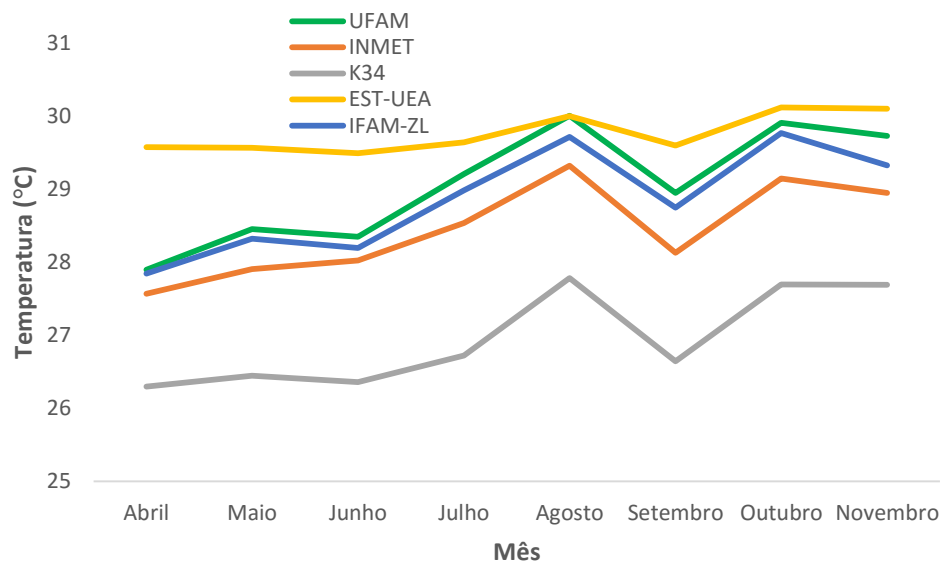


Figura 32 – Média das temperaturas médias mensais nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

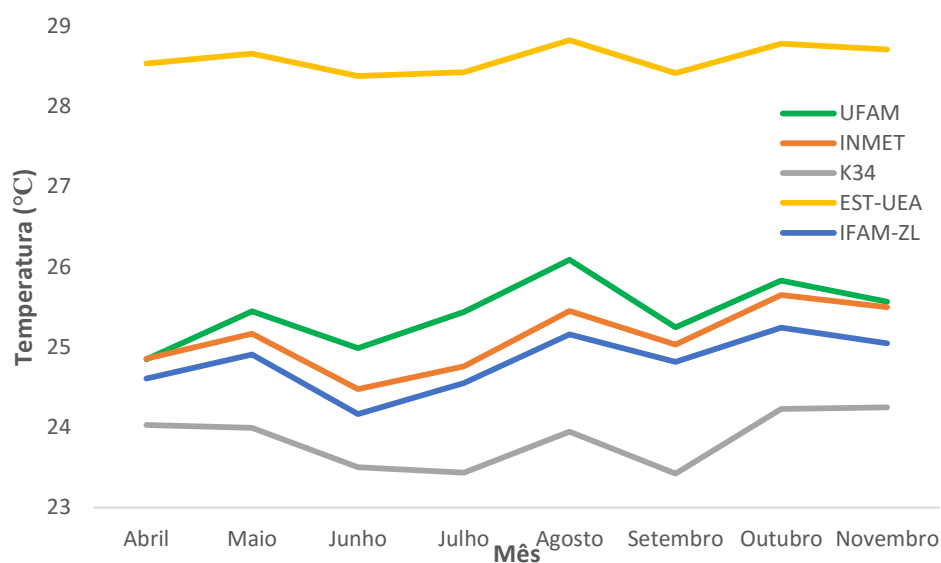


Figura 33 – Média das temperaturas mínimas mensais nas estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL no período de abril e novembro de 2016
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

Em termos de amplitude térmica (Figura 34), as maiores variações mensais foram registradas na IFAM/ZL, chegando a 11,6 °C no mês de outubro. A menor variação nesta estação para o período em estudo ocorreu no mês de abril com 9,2 °C. Na UFAM, obteve-se maior variação no mês de outubro (9,3 °C) e menor variação no mês de maio (7,4 °C). As estações INMET e K34 tiveram comportamento semelhante. No mês de abril, INMET e K34 registraram os menores valores de amplitude (6,5 °C e 6,2 °C, respectivamente) e no mês de agosto os maiores valores de amplitude (8,0 °C e 8,3 °C, respectivamente). A EST/UEA teve as menores variações quando comparada às outras estações, com uma variação maior em novembro (2,9 °C) e menor em maio (2,1 °C). A média da amplitude térmica para todo o período de coleta de dados permitiu identificar que a IFAM/ZL possui maior amplitude térmica (10,5 °C) e a EST/UEA a menor amplitude térmica (2,5 °C). Nas demais estações, os valores médios foram: 8,3 °C para a UFAM, 7,4 °C para a INMET e 7,5 para a K34. Com exceção da EST/UEA, o menor valor de amplitude térmica encontra-se em área de floresta (K34).

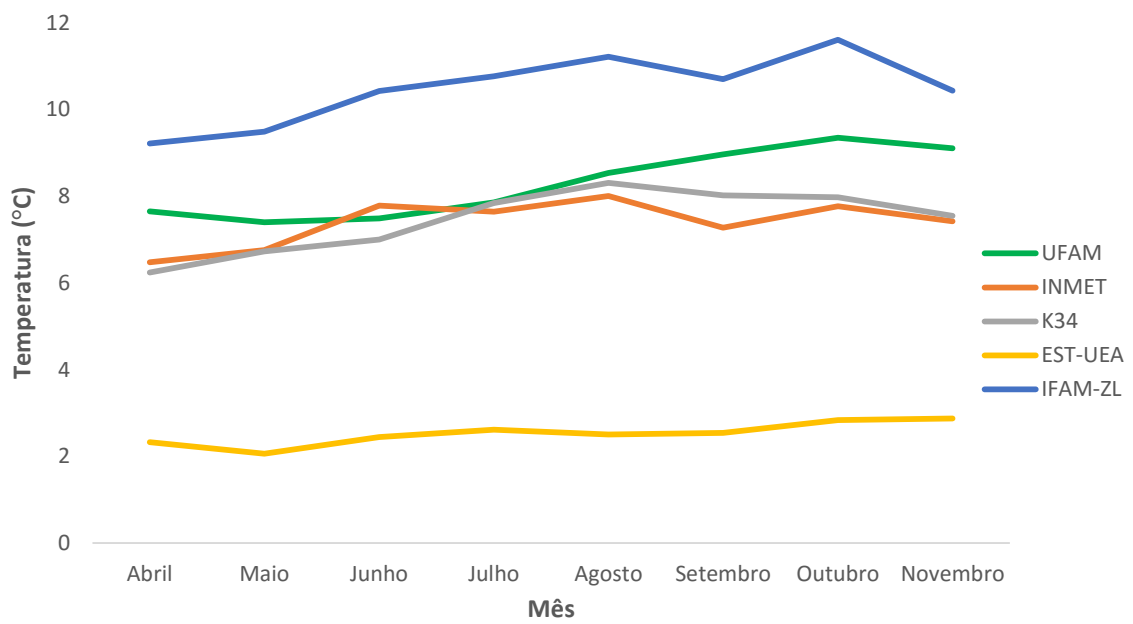


Figura 34 – Amplitude térmica das estações UFAM, INMET, K34, EST/UEA e IFAM/ZL para os meses de abril a novembro de 2017
 Fonte: Org.: AGUIAR, D. G., 2017.

5 CONCLUSÕES

Diante do exposto nesta dissertação pode-se concluir que, a partir da análise da precipitação através das estações automáticas, o maior NDC deu-se na estação K34 e o menor da estação IFAM/ZL. O mês de abril registrou os maiores NDC em todas as estações e o mês de agosto, o menor (com exceção da estação K34, em que o menor valor de NDC se deu em novembro).

Com relação ao totais acumulados mensais de precipitação, o mês de abril obteve os maiores valores, sendo que no mês de agosto obteve-se os menores valores. Destaca-se que a estação UFAM obteve os menores valores no mês de outubro. Somente a estação K34, permaneceu com totais acumulados de chuva no mês de agosto acima da média climatológica local (correspondendo a 60,7 %). Ao comparar os totais acumulados mensais com a normal climatológica de Manaus, verificou-se que no mês de maio os valores permaneceram bem abaixo da climatologia possivelmente em função da influência residual do fenômeno climático El Niño que tende a diminuir formação de chuvas na porção centro-norte da Amazônia quando em atividade.

A análise da precipitação através de dois períodos (diurno e noturno) permitiu identificar que, o período diurno concentra os maiores totais acumulados de precipitação em relação ao período da noite. O horário de 12:00h correspondeu ao horário com maior ocorrência de chuva para as estações que se encontram em zona urbana. A estação K34, que se encontra em ambiente de floresta, registrou maiores ocorrências de chuva entre os horários de 13:00 e 18:00h.

A comparação realizada entre os dados coletados pela estação UFAM e o pluviômetro artesanal UFAM permitiu concluir que durante todos os meses de estudo, com exceção de agosto e novembro, a estação registrou valores acumulados maiores do que o pluviômetro. O pluviômetro demonstrou uma boa correlação com os dados da estação automática (em torno de 96%). Constata-se que, na ausência de pluviômetros automáticos, os pluviômetros artesanais podem ser uma ótima alternativa para a coleta de dados obedecendo-se as exigências de instalação e processo de coleta de dados por parte dos observadores.

Os pluviômetros artesanais no entorno do Campus da UFAM obtiveram os maiores totais acumulados no mês de abril. Durante cinco meses (maio, junho, julho, outubro e novembro), a média mensal dos pluviômetros artesanais se mantiveram acima dos obtidos pela UFAM (que obteve totais acima da média dos demais pluviômetros nos meses de abril, agosto

e setembro). Desta forma, identificou-se que as chuvas no período são maiores no entorno do Campus do que no seu interior.

Concluiu-se que, as análises da temperatura do ar máximas e mínimas coletadas pelas estações automáticas permitiram identificar uma semelhante variabilidade ao longo do período em estudo, porém com temperaturas diárias mais elevadas ocorrendo na IFAM/ZL e menores na K34. Ao se obter as médias das temperaturas médias, observou-se que a UFAM se mostrou mais aquecida que as outras estações em todos os meses. Vale ressaltar que a altura do sensor e o local de instalação podem apresentar influência causando interferência no registro dos dados. Este pode ter sido o caso das estações UFAM e IFAM/ZL, uma vez que as mesmas se encontram instaladas no telhado de prédios. Por estar envolta em área de floresta, a K34 manteve-se com as temperaturas médias mais baixas que as demais. Cabe apontar que a presença de ambientes com vegetação promove maior conforto térmico em relação a áreas que não possuem as mesmas características.

Nota-se que, a EST/UEA não deteve grande variabilidade ao longo do período, onde sua temperatura menor diária foi de 25,6 °C e a maior temperatura 33,1 °C (com uma amplitude térmica média para todo o período de coleta de dados de 2,5 °C). Podem estar associados a isto, erros no registro no instrumento de aferição de temperatura. As estações INMET e K34 apresentaram uma amplitude térmica média muito próxima (7,4 °C e 7,5 °C, respectivamente), enquanto entre a UFAM e IFAM/ZL a diferença de amplitude média foi de 2,2 °C (valores de amplitude térmica média total de 8,3 °C e 10,5 °C, respectivamente). Destaca-se que, a estação IFAM/ZL obteve a maior amplitude térmica média para todo o período em relação às outras estações.

É importante que se intensifiquem estudos que demonstrem o impacto que a produção do espaço urbano tem ocasionado no clima local. Inclusive que abordem outras variáveis meteorológicas, tais como umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, etc. Cabe ao poder público e a outras instituições competentes a manutenção dos ambientes de floresta, para que possam ainda continuar a oferecer os serviços ambientais que resultem em uma melhor qualidade de vida para a população. Uma maior densidade de uma rede de observação das variáveis meteorológicas por um período mais longo possibilitaria certamente uma maior consistência nos estudos e um acompanhamento mais abrangente dos impactos nas transformações socioespaciais no clima local.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcoforado, M. J. 1993. *O clima da região de Lisboa: Contrastes e ritmos térmicos*. Centro de Estudos de Lisboa/Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Assunção, H. F.; Assis, I. C. 1997. Construção de uma miniestação agroclimatológica de baixo custo. In: *Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia*, p. 237-239. 758pp.
- Assad, T. M. 2006. A problemática das “invasões” na cidade de Manaus: Perspectivas de legalização fundiária à luz do Estatuto da Cidade. In: *Anais do XV Congresso Nacional do Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito*. Manaus.
- Barbosa, R. G. 2014. *Caracterização da distribuição espacial do vento e da precipitação em Manaus*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas. 67pp.
- Brandão, A. M. de P. M. 2003. O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro. In: Mendonça, F.; Monteiro, C. A. de F. (Orgs). *Clima Urbano*. Editora Contexto, p. 121-154.
- Carvalho, D. L. R.; Soares, C. B. S. da S.; Silva, M. M. da. 2013. Identificação de Ilhas de Calor Urbana na Cidade de Manaus-AM. *Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p. 874-881. Foz do Iguaçu.
- Cavalcante, D. G.; Pinheiro, E. da S.; Macedo, M. A. da; Martinot, J. F.; Nascimento, A. Z. A. 2010. Análise da vulnerabilidade ambiental de um fragmento florestal urbano na Amazônia: Parque Estadual Sumaúma. *Sociedade & Natureza*, 22(2): 391-403.
- Cavalcante, K. V.; Carvalho, A. de S.; Pinheiro, E. da S.; Gordo, M.; Fraxe, T. 2014. Gestão Ambiental: Zoneamento Ambiental do Campus da UFAM. In: *Anais V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Belo Horizonte.
- Costa, D. P. da; Schmitt, J. A. 2010. Geografia Urbana de Manaus: Desafios para mobilidade e circulação. In: *Anais do PLURIS 2010 The Challenges of Planning in a Web Widw World*. Faro.
- Correia, F. W. S.; Manzi, A. O.; Santos, R. M. N. dos; Pauliquevis, T. 2007. Balanço de Umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. *Ciência e Cultura (SBPC)*, 59:39-43.

Ferreira, S. J.; Luizão, F. J.; Dallarosa, R. L. G. 2005. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de mamdeira na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 1(35): 55-62..

Fialho, E. S.; Imbroisi, E. G. 2005. A influência dos fragmentos verdes intra-urbanos no campo térmico no alto Rio Joana – RJ. In: *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina*. São Paulo.

Fialho, E. S. 2012. Ilha de Calor: Reflexões acerca de um conceito. *Acta Amazônica*, Edição Especial de Climatologia Geográfica, p. 61-76.

Fisch, G.; Marengo, J. A.; Nobre, A. C. 1998. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Acta Amazônica*, 2(28): 101-126.

Fisch, G.; Vendrame, I. F.; Hanaoka, P.C.M. 2007. Variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. *Acta Amazônica*, 37: 583-590.

Gartland, L. 2010. *Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas*. Tradução de Sílvia Helena Gonçalves. Oficina de Textos, São Paulo. 248pp.

Gontijo, J. C. F. 2008. *Uso e características dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Manaus, AM*. Dissertação de Mestrado, Manaus, Amazonas, 91pp.

Instituto Brasileira de Geografia e Estatística - IBGE. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/am/manaus/panorama>> Acessado em: 10 maio 2017.

Jardim-Lima, D.; Nelson, B. W. 2003. Uso de índices de vegetação no monitoramento da cobertura verde no perímetro urbano da cidade de Manaus. *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 1827-1833. Belo Horizonte.

Lombardo, M. A. 1985. *Ilhas de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo*. HUCITEC, São Paulo. 244pp.

Manaus. Código Ambiental de Manaus. Lei nº 605, de 24 de julho de 2001. Institui o Código Ambiental de Manaus e dá outras providências. Disponível em <http://semmas.manaus.am.gov.br/wp_content/uploads/2010/10/lei605_codigo_ambiental1.pdf>. Acessado em: 02 março 2016.

- Marques, J. P. C.; Pinheiro, E. da S. 2011. O desflorestamento na metrópole da Amazônia Central: Manaus/AM. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, p. 2876-2882. Curitiba.
- Molion, L. C. B.; Dallarosa, R. L. G. 1990. Pluviometria da Amazônia: são os dados confiáveis? *Climanálise – Boletim de Monitoramento de Análise Climática*, 3(5): 40-42.
- Molion, L. C. B. 1993. Amazonia rainfall and its variability. In: *Hydrology and water management in the humid tropics*. Bonell, M., Hufschmidt, M.M., Gladwell, J.S. (eds.). International Hydrology Series, Cambridge University Press, p. 99 – 111. Cambridge.
- Nogueira, A. C. F.; Sanson, F.; Pessoa, K. 2007. A expansão urbana de Manaus e seus impactos ambientais. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 5427-5434.
- Oliveira, J. A. de; Costa, D. P. da. 2007. A análise da moradia em Manaus como estratégia de compreender a cidade. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 245(30).
- Oliveira, J. A. de; Schor, T. 2010. Urbanização na Amazônia: O local e o global. In: Val, A. L.; Santos, G. M. dos. (Orgs). *GEEA: Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos - TOMO III*. Editora INPA, Manaus.
- Pontes, A. D. L. 2006. *Análise dos casos de precipitações intensas na transição entre a estação seca e chuvosa de 2002 em Rondônia*. Dissertação (Mestrado em Ciências Atmosféricas), Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 134pp.
- Rovere, A. L. N.; Crespo, S. S. 2002. Projeto Geo-Cidade: Relatório Urbano Ambiental Integrado. Informe Geo-Manaus. Consórcio Parceria 21. 188 pp. In: Marques, J. P. C.; Pinheiro, E. da S. 2010. Análise da fragmentação florestal no município de Manaus/AM. *Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos*. Porto Alegre.
- Rocha, E. J. P., Rolim, P. A. M. 1984. Contribuição para o conhecimento do clima da Amazônia: O clima de Manaus-AM. *Anais do II Congresso Brasileiro de Meteorologia*, p. 161-172.
- Salati, E. 1983. O clima atual depende da floresta. In: Salati, E.; Junk, W.J.; Schubart, H.O.R.; Oliveira, A. (Eds), *Amazônia, desenvolvimento, integração e ecologia*. São Paulo, Brasiliense, p. 15-44.

Schor, T.; Alves-Gomes, J. A. 2011. Vulnerabilidade Socioecológica em Manaus. *Revista Geonorte*, 2(1): 57-78.

Silva-Forsberg, M. C. 1999. *Protecting an urban forest reserve in the Amazon: A Multi-Scale analysis of edge effects, population pressure and institutions*. Tese de Doutorado, School of Public and Environmental Affairs, Universidade de Indiana. 284pp.

Silva, D. A. da. 2009. *A influência das áreas verdes no clima da cidade de Manaus*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 293 pp.

Silva, D. A. da; Aguiar, F. E. O. 2012. Ilha de Calor Urbana na Cidade de Manaus: Especulação ou realidade? *Revista Geonorte*, 6(1): 49-65.

Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM. 2017. *Boletim Climático*. Disponível em: <<http://www3.sipam.gov.br/boletim.html>> Acessado em: 29 junho 2017.

Souza, D. O. de; Alvalá, R. C. dos S. 2010. Um estudo da ilha de calor urbana de Manaus. *Bol. Sociedade Brasileira de Meteorologia*, 34.

Souza, D. O. de; Alvalá, R. C. dos S. 2014. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brasil. *Meteorological Applications*, 21: 186-193. DOI: 10.1002/met.1340.

Tanaka, L. M. da S.; Satyamurty, P.; Machado, L. A. T. 2013. Diurnal variation of precipitation in central Amazon Basin. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.3929.

Viana, V. M.; Pinheiro, L. A. F. V. 1998. *Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais*. Série Técnica IPEF, (32)12: 25-42.