

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

**CARACTERIZAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA E DE
CONFORTO TÉRMICO EM PORTO VELHO NO
PERÍODO DE TRANSIÇÃO SECO-CHUVOSO**

JULIANE KAYSE ALBUQUERQUE DA SILVA QUERINO

**Orientadora: Profa. Dra. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE
NOGUEIRA**

Coorientadora: Profa. Dra. NADJA GOMES MACHADO

CUIABÁ, MT

JUNHO/2017

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

**CARACTERIZAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA E DE
CONFORTO TÉRMICO EM PORTO VELHO NO
PERÍODO DE TRANSIÇÃO SECO-CHUVOSO**

JULIANE KAYSE ALBUQUERQUE DA SILVA QUERINO

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

**Orientadora: Profa. Dra. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE
NOGUEIRA**

Coorientadora: Profa. Dra. NADJA GOMES MACHADO

CUIABÁ, MT

JUNHO/2017

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

A345c Albuquerque da Silva Querino, Juliane Kayse.
CARACTERIZAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA E DE CONFORTO
TÉRMICO EM PORTO VELHO NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO SECO-
CHUVOSO / Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino. -- 2017
72 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.
Co-orientadora: Nadja Gomes Machado.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Urbanização. 2. Ilha de calor. 3. Transecto móvel. I. Título.

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

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

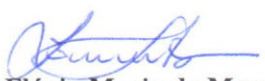
FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA E DE
CONFORTO TÉRMICO EM PORTO VELHO NO PERÍODO
DE TRANSIÇÃO SECO-CHUVOSO**

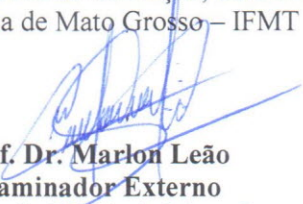
AUTORA: JULIANE KAYSE ALBUQUERQUE DA SILVA QUERINO

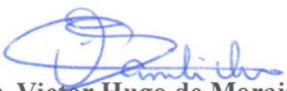
Tese de Doutorado defendida e aprovada em 26 de junho de 2017, pela comissão julgadora:


**Profa. Dra. Marta Cristina de Jesus
Albuquerque Nogueira - Orientadora**
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT


Profa. Dra. Flávia Maria de Moura Santos
Examinadora Interna
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT


Profa. Dra. Nadja Gomes Machado
Coorientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Mato Grosso - IFMT


Prof. Dr. Marlon Leão
Examinador Externo
Universidade do Estado de Mato Grosso -
UNEMAT


Prof. Dr. Victor Hugo de Moraes Danelichen
Examinador Externo
Universidade de Cuiabá - UNIC

DEDICATÓRIA

À minha Mãe Jilse e meu Pai Cid por seu amor, por sempre estarem ao meu lado não importa quanto distante estejamos fisicamente. À minha irmã Fernanda Karla por abrir mão dos seus dias para estar comigo. Aos meus filhos Bernardo e Cauã que fazem o colorido de todos os meus dias. Ao meu marido Carlos Querino por acreditar em mim.

AGRADECIMENTOS

- Primeiro à Deus pela oportunidade de aprendizado nessa etapa da minha vida, por me dar forças e discernimento para que eu não desistisse em meus objetivos e eles pudessem ser alcançados.
- À minha orientadora Profa. Dra. Marta Cristina por ter acreditado no meu trabalho, e por sua paciência e compreensão durante todo o período.
- Aos professores Dr. José Paraná e Milton César pela oportunidade da realização do DINTER UFAM/UFMT.
- Ao colega Prof. Dr. José Mauricio por sua dedicação para que o DINTER UFAM/UFMT fosse realizado.
- Aos professores do DINTER por vir à Humaitá-AM para que as aulas fossem realizadas, em especial aos professores Marcelo Biudes e Nadja (co-orientadora), que além da orientação, nos presenteou com sua amizade.
- Ao Cesário e Soilce pelo apoio logístico e burocrático durante o DINTER.
- Aos colegas de trabalho e DINTER que direta e indiretamente me apoiaram na realização deste doutorado.
- Ao professor Dr. Marcos Braz, por suas contribuições ao me auxiliar na estatística do trabalho.
- Ao Vagner Pavão (ex-aluno, e agora colega de trabalho) pelo auxílio na formatação das figuras na fase final da tese.
- À minha irmã Fernanda que abdicou de seus dias para me ajudar com a pesquisa e escrita, cuidando dos meus filhos.
- Ao meu marido Carlos Querino por seu auxílio nas coletas, suas ideias, por estar ao meu lado acreditando que seria capaz, por ser os meus olhos neste momento final. EU TE AMO.
- As amigas Zilda, Cibele, Ângela e Elis, pelos momentos de descontração via WhatsApp. “Tu te tornas eternamente responsável por tudo o que tu cativas, me cativastes e agora és responsável por mim... pois o tempo e o carinho que dedicas a mim é o que mostra o quanto sou importante para você. ” (A. S. Exupéry)

- À família e aos amigos que encontramos ao longo do caminho, que de uma maneira ou outra me auxiliavam com palavras de incentivo.
- À CAPES pelo financiamento do programa DINTER UFAM/UFMT.
- Aos membros da banca pelas grandes contribuições para que este trabalho pudesse ser aprimorado.

Tocando em frente

*“Ando devagar porque já tive pressa
E levo esse sorriso, porque já chorei demais
Hoje me sinto mais forte, mais feliz quem sabe
Só levo a certeza de que muito pouco eu sei, ou nada sei...”*

Almir Sater

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	
viii	
LISTA DE TABELAS	
ix	
LISTA DE ABREVIATURAS	
x	
RESUMO	xi
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMÁTICA	
1	
1.2 JUSTIFICATIVA	
2	
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1 CLIMA.....	4
2.1.1 Escalas espacial e temporal do clima.....	
5	
2.1.2 Elementos e fatores do clima.....	
7	
2.1.2.1 <i>Temperatura</i>	8
2.1.2.2 <i>Umidade do ar</i>	
9	
2.2 CLIMA URBANO.....	10
2.3 ILHA DE CALOR.....	14
2.4 CONFORTO TÉRMICO AMBIENTAL.....	
18	

2.5 ANÁLISE DO CLIMA URBANO.....	21
3. ÁREA DE ESTUDO	26
3.1 URBANIZAÇÃO DE PORTO VELHO	26
3.2 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE PORTO VELHO	28
3.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE PORTO VELHO	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 ÁREA DO TRANSECTO MÓVEL	31
4.1.1 <i>Descrição dos pontos de coleta</i>	33
4.2 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS.....	35
4.2.1 <i>Coleta dos dados</i>	35
4.2.2 <i>Calculo do índice de conforto e desconforto térmico</i>	36
4.2.3 <i>Análise estatística</i>	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1 ANÁLISE TERMOHIGROMÉTRICA DO TRANSECTO MÓVEL.....	39
5.2 AVALIAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE ILHA DE CALOR	44
5.3 ÍNDICE DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO HUMANO.....	48

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	
50	
6. CONCLUSÃO	51
7. RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	52
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
9. ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Escalas Climáticas (distâncias horizontais)	06
FIGURA 02 - Normal climatológica do INMET (1960 – 1990) e totais mensais da precipitação durante o ano de 2015 no município de Porto Velho.....	29
FIGURA 03 - Mapa do transecto móvel no município de Porto Velho – RO.....	32
FIGURA 04 – Mapa da rota do transecto móvel realizado na cidade de Porto Velho no período de setembro a dezembro de 2015.....	33
FIGURA 05 – Esquema de adaptação do abrigo com o psicrômetro, adaptado de SANTOS (2012).....	36
FIGURA 06 – Variação da temperatura média do ar no mês de setembro a dezembro de 2015 nos 15 pontos de coleta realizada com o transecto móvel no município de Porto Velho - RO.....	40
FIGURA 07 – Variação da umidade do ar no mês de setembro a dezembro de 2015 nos 15 pontos de coleta realizada com o transecto móvel no município de Porto Velho – RO.....	42
FIGURA 08 – Variação da Temperatura Média Mensal, para os pontos do transecto, no período de setembro a dezembro de 2015, em Porto Velho – RO.....	45
FIGURA 09 – Variação da Umidade relativa do ar, nos pontos do transecto, no período de setembro a dezembro de 2015, no município de Porto Velho - RO.....	47
FIGURA 10 – Índice de conforto e desconforto térmico humano para os pontos de coleta no mês de setembro a dezembro de 2015, no município de Porto Velho – RO.....	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Classificação das escalas horizontais	24
TABELA 02 – Índices de Conforto Térmico Humano (ICH)	37
TABELA 03 – Faixa de valores do Índice de Desconforto relativo as condições de conforto térmico sentido pelas pessoas	38
TABELA 04 - Análise de variância (ANOVA) para testar diferenças entre as médias de ICH entre os meses de setembro a dezembro de 2015 e entre os períodos matutino, vespertino e noturno.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

ICH – Índice de Conforto Humano

ICU – Ilha de Calor Urbano

IDH – Índice de Desconforto Humano

mEc – Massa Equatorial Continental

UBL – Urban Boundary Layer - Camada Limite Urbana

UCL – Urban Canopy Layer - Camada Intra-Urbana

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

RESUMO

QUERINO, J.K. A. da S. **CARACTERIZAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA E DE CONFORTO TÉRMICO EM PORTO VELHO NO PERÍODO DE TRANSIÇÃO SECO-CHUVOSO**. Cuiabá, 2017, 72f, Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

A cidade Porto Velho, desde sua fundação até os dias atuais, vem passando por ciclos de expansão que modificam sua paisagem natural, e consequentemente o microclima local. Este trabalho teve como objetivo principal, estudar o comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar na cidade de Porto Velho-RO, em pontos pré-estabelecidos, conforme a malha urbana através de transecto móvel. Foram coletados os dados de temperatura e umidade relativa do ar no período de setembro a dezembro de 2015, às 8h, 14h e 20h local. Utilizou-se um termohigrômetro instalado em um abrigo meteorológico, qual foi acoplado no carro, e percorreu um trajeto de 15 pontos de coletas. Após a coleta dos dados foram calculados os Índices de Conforto Térmico e Desconforto Humano. Os dados foram submetidos à Análise de variância (ANOVA) para testar diferenças entre as médias de ICH entre os meses e os períodos. Para comparação entre as médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. A temperatura média do ar e a umidade relativa variou tanto espacialmente como sazonalmente ao longo do trajeto. Foi observado que conforme a configuração do espaço de cada ponto, a temperatura foi maior, em relação aos pontos mais próximos ao centro da cidade e menor em áreas mais arborizadas. A umidade relativa do ar também mostrou sofrer influência da vegetação, ou seja, nos pontos onde havia maior presença da vegetação a umidade também foi maior. Devido a configuração urbana da cidade de Porto Velho os pontos mais próximos ao centro demonstraram valores de temperatura aproximadamente 3°C acima dos pontos próximos às áreas com vegetação. Ou seja, apesar de ser, ainda, uma cidade horizontal, essa característica demonstra indícios de ilha de calor, uma vez que a diferença encontrada entre os pontos ainda permanece no período noturno. Os índices de conforto térmico e desconforto humano mostraram-se dentro da faixa de grau de conforto variando a estresse devido ao calor.

Palavras-chave: Urbanização, Ilha de Calor e Transecto móvel.

ABSTRACT

QUERINO, J.K. A. da S. **THERMOHIGROMETRIC AND THERMAL COMFORT CHARACTERIZATION IN PORTO VELHO AMONG THE DRY-WET SEASON.** Cuiabá, 2017, 72f, Thesis (Doctorate in Environmental Physic) – Institute of Physic, Federal University of Mato Grosso.

The Porto Velho municipality is in a constant development since your foundation until nowadays and this expansion modify the natural landscape, and consequently the microclimate. The main aim of this study was to study the pattern of the air temperature and humidity Porto Velho – RO throughout pre-determined points in the urban configuration by a mobile transect methodology. The period of measurement was between September and December of 2015 at 8h, 14h and 20h local time. The sensor was attached outside of a vehicle protected in the meteorological shelter. The entire route had 15 points of measurements. It was calculated comfort and discomfort index and also was applied ANOVA statistical analyses to testify the differences between the month and hour. To compare the averaged values was used Scott-Knott test with 5% of significance. The air temperature and humidity have shown differences between the points by mobile transect. It was observed that according to the landscape the air temperature increase next to the downtown and it was lower close to the areas with more vegetation. The air humidity values have showed that the vegetation had influenced in its pattern increasing the values in the points where vegetation are present. Due the urban influence, the values of temperature in the downtown have shown a 3°C difference among its points and surrounding points even at night time. The comfort and discomfort index was classified like “comfort degrees varying” and “stress by the heat”.

keywords: Urbanization, Heat island e Mobile Transect.

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

A região Amazônica é caracterizada pela grande diversidade em flora e fauna, abrangendo os estados do Pará, Amazonas, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima. Suas características são o equilíbrio entre a floresta e a sua mata fechada e bem variada; a rica hidrografia, com a mais densa bacia fluvial do mundo; o clima quente e úmido e os solos em geral pobres, mas que recebem grande quantidade de matéria orgânica proveniente da própria floresta, que aliada aos fatores climáticos e morfológicos, forma um intrínseco ciclo de nutrientes, contribuindo assim para sua subsistência e exuberância.

Porém, ao longo do tempo a região Amazônica vêm se desenvolvendo no contexto político, social e econômico, contribuindo para uma nova formação espacial das cidades, dentro da floresta. No entanto, este desenvolvimento territorial, muitas vezes, acontece de forma desordenada, sem o devido planejamento urbano.

Atualmente a cidade de Porto Velho é o maior município de Rondônia e a terceira maior capital da região Norte do Brasil, e a capital que mais cresce economicamente no país. Desde sua fundação passa por ciclos de expansão que marcam sua paisagem natural, como construção da Estrada de Ferro Madeira Mamoré, ciclo da borracha, cassiterita, ouro e, ainda recentemente, a construção de duas usinas hidroelétricas no rio Madeira (Santo Antônio e Jarú), obra do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal.

Contudo, a mudança de paisagem, para criação das cidades, cria condições particulares ao meio ambiente, devido a alterações complexas na superfície: concentração das construções (forma e densidade), da cobertura do solo, da poluição gerada em ambientes urbanos e/ou rurais, e geralmente se manifesta em situações indesejáveis da qualidade ou condições ambientais, impactando às atividades sociais – econômicas e ambientais. E interferências que modificam o balanço energético e hídrico de uma região, criando o próprio clima urbano.

No entanto, existem uma escassez de informações quanto a relação das ações antrópicas no processo urbano sobre o clima, principalmente na região Norte do

Brasil, para que possa subsidiar um planejamento urbano adequado que visa o desenvolvimento sustentável nos processos técnicos, econômicos e sociais da região.

1.2 JUSTIFICATIVA

A frequência e a intensidade na mudança e uso da cobertura do solo na região Amazônica vêm chamando a atenção devido à forma como está sendo feita, sem o planejamento adequado que visa a qualidade de vida do ser humano.

Devido ao processo de crescimento das cidades uma característica presente desta mudança de ambiente é o fenômeno “ilhas de calor”, onde acontece nos pontos em que a temperatura do ar apresenta-se mais elevada do que em áreas vizinhas. Isso acontece por causa dos tipos de materiais presentes nas construções e a baixa concentração de áreas verdes.

Conhecer como as formas na cidade estão dispostas, ajuda compreender como estão relacionadas as características físicas e ambientais, e como isto acarreta no aspecto social de um lugar.

Entender como acontece a urbanização na região amazônica, quer dizer que precisamos compreender como interage o meio urbano, a floresta e o rio. Ou seja, a urbanização na região amazônica é uma reorganização nos processos de criação das cidades que se adequa as novas demandas e necessidades da sociedade, com alterações no espaço e cotidiano da população, o que sugere uma nova percepção para os estudos da área de clima urbano.

A cidade de Porto Velho está em grande expansão devido aos ciclos econômicos ocorridos na região, e tem atraído novos imigrantes acarretando no crescimento urbano, dos quais algumas ações por vezes é utilizada sem o planejamento urbano adequado.

Assim este trabalho teve como objetivo principal, estudar o comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar na cidade de Porto Velho-RO, em pontos pré-estabelecidos, conforme a malha urbana através de transecto móvel. E para responder essa questão alguns objetivos específicos foram propostos para atender o objetivo geral deste trabalho:

- a- Analisar o microclima na cidade de Porto Velho-RO, através das variáveis meteorológicas (temperatura do ar e umidade relativa do ar), nos pontos pré-estabelecidos para o método do transecto móvel;
- b- Verificar a existência de ilha de calor na cidade de Porto Velho-RO por meio de transecto móvel; e
- c- Determinar os índices de conforto térmico e desconforto humano para os pontos de coletas pré-estabelecidos para a rota do transecto móvel.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLIMA

O estudo do tempo e do clima ocupa uma posição central e importante no campo das ciências ambientais (AYOADE, 1996). O estudo do clima, que compreende tanto a formação resultante de diversos fatores geomorfológicos e espaciais que sejam: movimentos de rotação e translação, energia solar, latitude, altitude, ventos, distribuição das terras e águas, vegetação e etc.; quanto sua caracterização definida por seus elementos: temperatura do ar, umidade do ar, movimentos de massas de ar e precipitação, torna-se, pois, importante para a compreensão do sistema atmosférico (ALMEIDA JUNIOR, 2005).

Na ciência da atmosfera, usualmente é feita uma distinção entre tempo e clima, sendo o tempo o comportamento médio da atmosfera numa dada porção de tempo e determinado lugar, enquanto o clima refere-se as características da atmosfera de um determinado lugar num período de 30-35 anos. Desta forma, o clima apresenta uma generalização, enquanto o tempo lida com eventos específicos. Porém, o tempo e o clima podem, juntos, ser considerados como uma consequência e uma demonstração da ação dos processos complexos na atmosfera, nos oceanos e na terra (AYOADE, 1996).

Ainda de acordo com Ayoade (1996) existe uma diferenciação entre meteorologia e climatologia. A meteorologia é geralmente definida como a ciência da atmosfera e está relacionada ao estado físico, dinâmico e químico da atmosfera e as interações entre eles e a superfície terrestre adjacente. E a climatologia é o estudo científico do clima. Ou seja, a meteorologia estuda o comportamento instantâneo da atmosfera, enquanto a climatologia é a ciência que estuda o comportamento médio do tempo, através de uma descrição estatística das condições do tempo num determinado local.

Para Silva (2011), o gerenciamento dos recursos naturais exige o conhecimento dos valores médios, de valores extremos e probabilidades de ocorrência de todos os padrões de comportamento da atmosfera, além dos valores do seu estado momentâneo. Essas diferentes abordagens dependem fundamentalmente de escalas temporais, ou seja, **clima e tempo**.

O clima possui fortes influências sobre os seres humanos, pois apresentam variações em cada local do planeta, sendo umas das principais características naturais para a constituição do planeta (ALMEIDA JUNIOR, 2005).

2.1.1 Escalas espacial e temporal do clima

O fenômeno climático constitui-se de um conjunto de elementos de naturezas diversas interagindo no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas interdependentes (OLIVEIRA, 2011). Segundo Ribeiro (1993), abstrair racionalmente o clima exige, a adoção de uma escala taxonômica como parte da própria metodologia da pesquisa climatológica, e o termo “escala” é uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam a compreensão de um determinado fenômeno.

Segundo Ayoade (2001), em Santos (2012), a climatologia utiliza subdivisões para o estudo científico do clima, apesar de os vários fenômenos atmosféricos constituírem um único espectro contínuo dos sistemas climáticos. As subdivisões da climatologia estão baseadas nas escalas dos sistemas de circulação meteorológica a seguir apresentadas:

- a- Macrometeorologia: relacionada com aspectos dos climas de amplas áreas da Terra, com escala horizontal de abrangência na ordem de 5.000 a 20.000 km;
- b- Mesoclimatologia: relacionada com o estudo do clima em áreas menores, entre 10 e 100 km de extensão, como por exemplo, o clima urbano e dos sistemas climáticos locais severos, tais como os tornados e temporais;
- c- Microclimatologia: relacionada com o estudo do clima próximo a superfície ou de áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão.

Em estudos de alterações do clima em ambiente urbano, Oke (2004) afirma que o processo de urbanização pode ser analisado em diferentes escalas climáticas (distância horizontal) e limites da camada atmosférica, levando em conta duas camadas limites, que se iniciam nos limites entre zona urbana e zona rural (Figura 01):

1. Urban Boundary Layer (UBL) – Camada Limite Urbana: ocorre acima do nível médio das coberturas das edificações, sendo produzidas pelos processos que ocorrem na mesoescala, entre a atmosfera e o ambiente urbano (cidade);
2. Urban Canopy Layer (UCL) – Camada Intra-Urbana: compreende a camada estratificada entre o solo e o nível médio das coberturas das edificações, sendo produzida pelos processos que ocorrem na microescala, entre a atmosfera e os elementos urbanos (cânions).

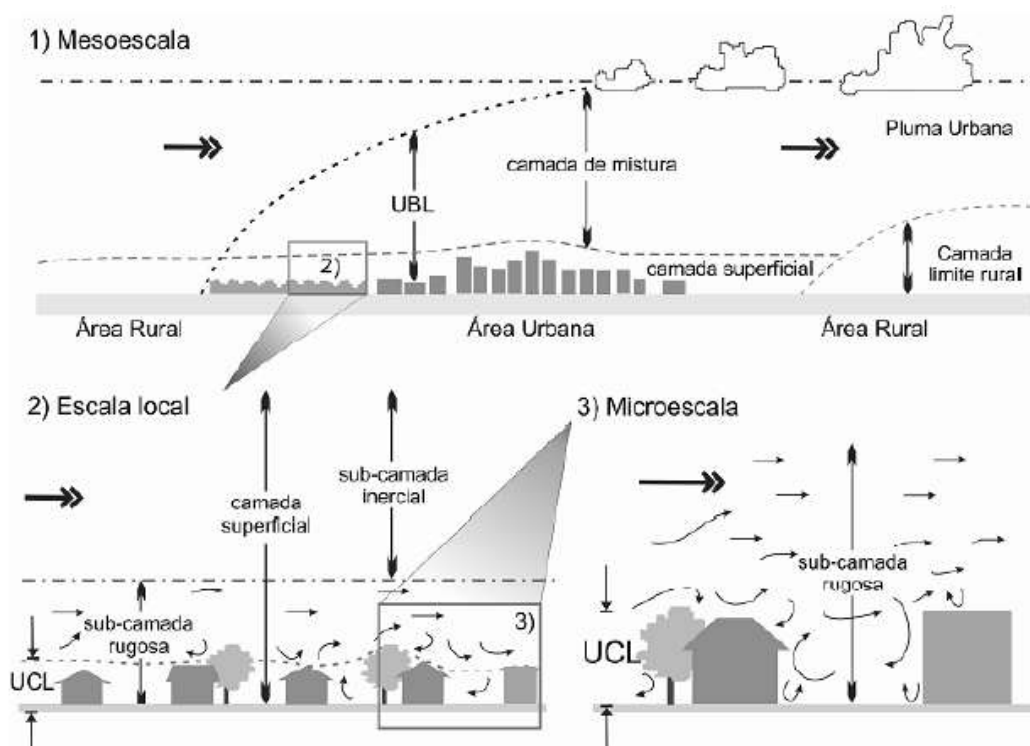


Figura 01 – Escalas Climáticas (distâncias horizontais).

Fonte: Adaptado de Oke (2006) apud Maciel (2011).

Mascaró (1996) citado por Maciel (2011), destaca que os dados macroclimáticos são obtidos nas estações meteorológicas e descrevem o clima geral de uma região. Os dados mesoclimáticos, informam as modificações do macroclima provocadas pela topografia local como vales, montanhas, grandes massas de água e vegetação. No microclima são levados em consideração os efeitos das ações humanas sobre o entorno, assim como a influência que estas modificações exercem sobre a ambiência dos edifícios.

Ribeiro (1993) ainda define que a classificação dos três níveis de escalas podem ser:

“...Nível macroclimático é a interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e os seus movimentos de rotação e translação. (...) Nível mesoclimático, interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e de geração de campos de pressão) e as feições do meio terrestre. (...) Nível microclimático, interação entre os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e momentum”.

Com relação ao nível microclimático, existe muita controvérsia com relação aos seus limites, entretanto, os autores que estudam o microclima são unânimes em reconhecer a existência de um nível escalar mais próximo dos indivíduos (MONTEIRO, 1999).

De acordo com Mendonça (2007), as escalas espaciais estão inseridas nos eventos meteorológicos bem como na escala espacial, e define microclima como a menor das unidades de escala climática, considerando os obstáculos para a movimentação atmosférica e sua dinâmica local. Assim leva-se em conta principalmente a cobertura do solo, com detalhes para o uso e ocupação do solo. O fator principal é a cobertura do terreno e cada tipo de cobertura tem influência própria sobre o microclima.

2.1.2 Elementos e fatores do clima

Para caracterizar o clima das diversas regiões do globo, este é dividido em zonas de climas similares, chamadas regiões climáticas. O Brasil apresenta grande extensão territorial e está localizado entre dois trópicos, sendo identificados vários e diferentes tipos de clima. Desta forma a identificação correta dos elementos que caracterizam o clima da localidade em estudo é de fundamental importância nos estudos dos fenômenos relacionados ao comportamento da atmosfera (OLIVEIRA, 2011).

Silva (2011), destaca que é preciso entender o que são elementos e fatores considerados na análise do clima e do tempo:

Os elementos são os atributos que constituem o clima de qualquer local da superfície do planeta e são representados pela temperatura, pressão e umidade atmosféricas.

Os fatores são aqueles agentes responsáveis pelas diferenças climáticas na Terra, pois provocam alterações nos elementos. Tais agentes são a latitude, a longitude, a maritimidade-continentalidade, a vegetação e as atividades humanas. (SILVA, 2011. p.22)

Gomes (1980) citado por Romero (2000), faz uma diferenciação entre elementos meteorológicos ou climatológicos e fatores climáticos, atribuindo aos primeiros a função de definir o clima e aos segundos a função de dar-lhes origem ou determiná-los. Os fatores climáticos seriam: radiação solar, circulação atmosférica, repartição das terras e dos mares, relevo do solo, correntes marítimas, revestimento do solo. Os elementos do clima seriam: temperatura do ar, regime dos ventos, umidade do ar, nebulosidade e precipitação. E os fatores climáticos locais determinam as condições do microclima, isto é, o clima em um local restrito, como por exemplo, em uma cidade, bairro, rua ou mesmo uma edificação em uma camada de ar junto ao solo (ALMEIDA JUNIOR, 2005).

Dentre os elementos do clima, pode-se afirmar que os que mais afetam o conforto humano são a temperatura e a umidade do ar, sendo a radiação solar e ventilação, os fatores climáticos mais representativos no processo (GIVONI, 1976).

2.1.2.1 Temperatura do ar

No nosso planeta uma das principais características de todos os climas é a temperatura. Ela varia de acordo com a localização e a estação do ano, gerando variações diárias e anuais. A temperatura pode ser definida em termos do movimento das moléculas, de modo que quanto mais rápido o deslocamento mais elevado será a temperatura. A temperatura é a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância para outra (AYOADE, 2006).

No decorrer de um dia, as temperaturas do ar e do solo irão variar de acordo com a posição do Sol acima do horizonte, e no decorrer de um ano (aonde ocorre a mudança das estações do ano), as temperaturas irão depender da declinação solar e das coordenadas geográficas do local. Esta variação nos valores de temperatura é chamada de Balanço de Radiação (BISCARO, 2007)

As expressões temperatura do ar à superfície e temperatura do ar à sombra são usadas em meteorologia, de modo equivalente, para traduzir a temperatura reinante em um ponto da atmosfera próximo a superfície da Terra. Para propósitos de análise sinótica do estado da atmosfera, as observações da temperatura do ar à superfície devem ser efetuadas a uma altura de 1,25 a 2,00 acima do terreno. Para fins climatológicos, seria interessante que as observações da temperatura do ar fossem feitas de acordo com a hora solar média local. No entanto, o horário adotado para realização de observações depende das imposições da pesquisa a ser conduzida (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Segundo Romero (2000), normalmente se verifica uma diminuição da temperatura à medida que aumenta a altura, mas pode acontecer o fenômeno inverso, isto é, a temperatura aumenta com altura. Isto acontece porque o calor que a terra absorveu durante o dia é irradiado de volta para o espaço durante a noite. O solo esfria rapidamente e sua temperatura fica inferior à das camadas de ar adjacente. Koenigsberger (1977) apud Almeida Junior (2005) também destaca a influência da topografia na temperatura do ar, onde explica que há uma diferença de 5° a 6° C de temperatura a cada 7 a 8 m de altura, sob condições de calmaria.

2.1.2.2 Umidade relativa do ar

A umidade do ar é a água de qualquer origem que se transforma em vapor, seja por evaporação ou transpiração, se espalha pela atmosfera (BISCARO, 2007). Ele não abrange as outras formas nas quais a água pode estar presente na atmosfera, como na forma líquida (gotículas d'água) e na forma sólida (gelo) (AYOADE, 1996). A distribuição do vapor d'água sobre a terra não é uniforme, sendo em média maior nas zonas equatoriais e menor nos polos, acompanhando os padrões anuais de radiação e temperatura (ROMERO, 2000).

A quantidade e a proporção de vapor d'água na atmosfera podem ser expressos de várias maneiras, dentre as quais temos umidade absoluta, umidade específica, pressão de vapor e umidade relativa (ALMEIDA JUNIOR, 2005).

Como definição de umidade absoluta tem-se que é o peso do vapor de água contido em uma unidade de volume de ar (g/m^3), e a umidade relativa é a relação da umidade absoluta com a capacidade máxima do ar de reter vapor d'água aquela temperatura. Isto equivale dizer que a umidade relativa é uma porcentagem da umidade absoluta de saturação. A umidade relativa do ar varia com a temperatura do ar, diminuindo com o aumento desta (SCHIFFER, 2001). A umidade específica é a massa de vapor d'água por quilograma de ar, e pressão de vapor é a pressão exercida pelo vapor contido na atmosfera em milibares (AYOADE, 1996).

Sob o ponto de vista puramente meteorológico, a variação da concentração de vapor d'água no ar tem implicações profundas, por influir significativamente na energética da atmosfera (PEIXOTO, 1969). O conhecimento da quantidade de vapor d'água existente no ar é essencial em vários outros ramos da atividade humana, como por exemplo, este é um dos parâmetros utilizados para definir o grau de conforto ambiental para pessoas e animais (VAREJÃO-SILVA, 2006).

2.2 CLIMA URBANO

O clima urbano decorre de uma série de fatores que interferem no clima de um determinado local ou região, pois, nas cidades são realizadas atividades para atender as necessidades humanas de conforto e bem-estar. Segundo Monteiro (1976), o clima urbano se manifesta em três principais aspectos sensíveis a percepção humana: conforto térmico, qualidade do ar e o impacto meteórico (FRANCA et al., 2011).

Os primeiros estudos realizados sobre clima urbano aconteceram no começo do século XIX, na Europa. O trabalho de Howard (1833 apud Landsberg, 1981), publicado em 1818, sobre o clima de Londres foi um dos primeiros a observar as diferenças entre a cidade e o meio rural (OLIVEIRA, 2011).

No Brasil, a partir da década de 1960, a preocupação com a queda da qualidade ambiental nas grandes cidades brasileiras foi um dos fatores que impulsionaram o surgimento dos estudos relacionados ao clima urbano no país (PEZZUTO, 2007).

Nas últimas décadas as grandes cidades têm sofrido um acelerado crescimento devido à expansão dos espaços urbanos voltados para o uso residencial, comercial e industrial. Essa expansão tem influenciado nas condições de vida da sociedade, uma vez que o uso e ocupação do solo são feitas muitas vezes de forma inadequada afetando o bem-estar social.

OKE (1996) conceitua o clima urbano como a modificação substancial de um clima local, resultado das condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela sua rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade e propriedades dos materiais constituintes, entre outros fatores.

O clima de um local pode ser modificado pela inserção de elementos que compõe as cidades, por meio de alterações de superfície que transformam o meio. Esta superfície urbanizada produz aumento de temperatura, modificações no fluxo de ventos, diminuição da umidade relativa, redução na infiltração da água das chuvas, em virtude da impermeabilização do solo causada pela pavimentação asfáltica, pelas novas construções, calçamentos, entre tantas outras interferências no ambiente natural (OLIVEIRA, 2011).

Até meados do século XX observa-se o “predomínio do campo sobre a cidade” (OLIVEIRA, 1977, p.69 citado por COTA, 2002, p.14). Somente a partir de 1930 e, principalmente, da década de 1950, com a abertura do país ao capital estrangeiro e às indústrias multinacionais, é que a situação se altera: observa-se, desde então, uma nova configuração espacial caracterizada pelo crescimento populacional das cidades – e seu posterior adensamento.

O processo de urbanização brasileira e a consequente transformação da sociedade de rural para urbana teve a indústria como motor principal, contribuindo para que as cidades passassem a ter maior importância no contexto econômico

nacional, tornando-se, desde então, o locus da produção capitalista no Brasil (COTA, 2010).

A busca por melhores condições socioeconômicas fez com que muitas pessoas saíssem da zona rural e passassem a habitar as médias e grandes cidades. Todavia, a ocupação desordenada pelos indivíduos aliada a falta de políticas públicas e de planejamento contribuiu com o inadequado processo de urbanização das cidades brasileiras, interferindo, também, na qualidade de vida dos cotidianos (COSTA *et al.*, 2014).

Segundo Alves *et al.* (2014), as características ambientais e físico-espaciais dos espaços públicos abertos conferem-lhes identidade e os seus atributos positivos ou negativos contribuem para determinar a sua imageabilidade. Sendo assim, alguns fatores estão relacionados a essa ambiência: função do espaço, que leva às atividades nele possíveis de serem realizadas e que contribuem para definir o seu desempenho social; morfologia do espaço, aos elementos morfológicos presentes no mesmo e à diversidade de usos caracterizando o desempenho funcional; e a característica microclimática, que determina seu desempenho térmico.

Conforme Monteiro (1976) apud Oliveira (2011), a cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que processam sobre a camada limite urbana e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestação ligada ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e de deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Segundo Barbosa (2014), a modificação das condições iniciais do clima é consequência inerente da substituição da cobertura natural do solo pelo ambiente construído. A cidade modifica o clima por meio de alterações complexas na superfície, podendo alterar a ventilação, umidade e precipitações, resultando, na maioria das vezes, em condições adversas.

Nery *et al.* (2003) confirmam a existência de uma relação entre os valores das médias de temperaturas e os padrões de ocupação. Onde afirma que os padrões de

ocupação com maior densidade tendem a possuir as maiores médias de temperatura, enquanto os padrões de ocupação com menores taxas tendem a possuir as menores médias. O autor ainda conclui que seria conveniente que o planejamento urbano, de posse dessa informação, definisse com base em critérios climáticos, novos padrões de ocupação que implicassem em uma nova condição térmica.

Nas áreas urbanas, o ritmo e a magnitude da produção de armazenamento de calor se distinguem daqueles exibidos por zonas rurais. Além de apresentarem um balanço de energia no qual a quantidade de calor produzido pela combustão e processos industriais é maior, as perdas por evaporação são poucos significativas. A superfície impermeabilizada e desprovida de vegetação acelera o escoamento da água pluvial, o que dificulta sua evaporação. As superfícies artificiais são, ainda, boas condutoras de calor e possuem albedo inferior ao das superfícies vegetadas, onde há consumo de energia para fotossíntese e evapotranspiração. Surge, assim, o clima urbano “resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local (BRANDÃO, 2003)

O estudo realizado por Asaeda et al. (1996), que verificou o fluxo de calor próximo à superfície do solo, demonstrou importância da pavimentação na alteração da temperatura do ar para diferentes tipos de pavimentos como asfalto, concreto e solo descoberto.

A pesquisa demonstrou que os pavimentos asfálticos absorvem substancialmente maiores quantidades de radiação solar durante o dia, conservando, desta forma a temperatura da superfície alta durante a noite, contribuindo para o aquecimento do ar, sendo esta contribuição maior que a proporcionada tanto pela superfície de concreto como pela superfície de solo descoberto (MACIEL, 2011).

Os espaços abertos públicos urbanos, como os passeios, as praças e os parques podem propiciar condições de interação entre os moradores e trazer benefícios para a cidade. A boa qualidade do espaço pode favorecer a estada tranquila e o desenvolvimento de atividades sociais, transformando as cidades em sistemas vivos e humanizados. Porém, para que tais espaços sejam, de fato, incorporados à vida urbana, são necessárias várias providências que garantam a

circulação de pessoas, tais como: segurança, oferta de atrativos para lazer e, principalmente, situações de conforto ambiental (COX & DERMATINI, 2014).

Os espaços públicos urbanos são elementos de estruturação da malha urbana e contribuem para criar identidade às cidades, pela personalização do lugar e pela sua individualidade (LYNCH, 2006).

A qualidade do ambiente urbano depende dos materiais utilizados, da rugosidade das superfícies, da densidade construída, do tipo de vegetação, da permeabilidade do solo e do calor antropogênico, o qual é gerado por atividades humanas, como transporte e indústria, por exemplo. De tal forma, as alterações microclimáticas são consequências de intervenções físicas no espaço ou pelo seu uso específico, os quais podem interferir diretamente na saúde dos habitantes, nas condições de conforto ambiental e no consumo energético das edificações (DAVIS, et al., 2008).

Uma aglomeração urbana não apresenta, necessariamente, as mesmas condições climáticas relativas ao macroclima regional ao qual está inserida. Estas alterações estão diretamente relacionadas com os tamanhos e setores predominantes de atividade de núcleo urbano e podem ser dimensionadas através de avaliação comparativa com o clima do campo circunvizinho (SCHIFFER, 2001).

Assim, o papel do planejamento se apresenta como uma ferramenta que auxilia em uma estruturação urbana adequada, para os diversos segmentos da sociedade (TESSARI, 2014).

De acordo com Barbosa (2014), essa concepção visa à preservação das condições de sustentabilidade ambiental devido aos impactos das estruturas urbanas sobre as diferentes esferas do sistema natural que a sustentam – hidrosfera, litosfera, pedosfera, biosfera e atmosfera. Dentre eles, vem assumindo cada dia mais importância àqueles relativos ao sistema atmosférico, destacando-se, nesta investigação, as modificações nas condições iniciais do clima pelo processo de urbanização

2.3 ILHA DE CALOR

O processo de urbanização tem alterado o clima do planeta e das cidades, tendo em vista as profundas mudanças ocorridas nas superfícies, principalmente nas zonas urbanas (CALLEJAS et al., 2013).

Os grandes aglomerados urbanos acabam criando um verdadeiro clima urbano gerado através da interferência dos fatores que se processam sobre a camada limite urbana e que agem alterando o clima em escala local. Cria-se então anomalias na temperatura e na umidade, sendo as ilhas de calor urbana (ICU) o fenômeno mais representativo dessas modificações (ALVES, 2010).

Gartland (2010) descreve que a primeira documentação de calor urbano aconteceu em 1818, quando o estudo revolucionário sobre o clima de Londres realizado por Luke Howard detectou um “excesso de calor artificial” na cidade, em comparação com o campo (Howard, 1833). Emilien Renou, fez descobertas similares sobre Paris durante a segunda metade do século, XIX (Renou, 1855, 1862, 1868), e Wilhelm Schimdt encontrou essas condições em Viena no início do século XX (Schimdt, 1917, 1929). Nos Estados Unidos, estudos sobre ilha de calor começaram na primeira metade do século XX (Mitchell, 1953, 1961).

O fenômeno ilha de calor é formado através das diferenças do balanço de energia entre a cidade e o campo, sendo uma anomalia térmica, com dimensões horizontais, verticais e temporais. Suas características estão relacionadas com a natureza da cidade (tamanho, densidade de construções, uso do solo) e com as influências externas (clima, tempo e estações) (OKE, 1982).

Os componentes tipicamente utilizados na constituição do meio urbano têm maior capacidade de retenção de calor do que os que constituem o meio rural. “O armazenamento de calor no espaço construído associado à pequena perda de calor por evaporação não faz com que o balanço final entre as perdas e os ganhos no ambiente seja nulo, criando condições para a formação de “ilhas de calor’(...)” (AMORIM, 2002 apud SANTOS, 2012).

Segundo Gartland (2010), a ilha de calor apresenta cinco características comuns:

- a. Em comparação com áreas rurais não urbanizadas, a ilha de calor é mais

quente em geral, com padrões de comportamento distintos. Ilhas de calor são geralmente mais quentes após o pôr do sol, quando comparadas às áreas rurais e mais frescas após o amanhecer. O ar no "dossel urbano", abaixo das copas das árvores e edifícios, pode ser até 6°C mais quente do que o ar em áreas rurais.

- b. As temperaturas do ar são elevadas em consequência do aquecimento das superfícies urbanas, uma vez que superfícies artificiais absorvem mais calor do sol do que a vegetação natural.
- c. Essas diferenças nas temperaturas do ar e na superfície são realçadas quando o dia está calmo e claro.
- d. Áreas com menos vegetação e mais desenvolvidas tendem a ser mais quentes, e ilhas de calor tendem a ser mais intensas conforme o crescimento das cidades.
- e. Ilhas de calor também apresentam ar mais quente na "camada limite", uma camada de ar de até 2.000 m de altura. Elas geralmente criam colunas de ar mais quentes sobre as cidades, e inversões de temperatura (ar mais quente sobre o ar mais frio) causadas por elas não são incomuns.

A frequência e a intensidade da ilha de calor apresentam um ritmo diário e sazonal característico, se acentuando sob condições de tempo anticiclônico e céu claro (PINTO & AGUIAR NETO, 2008). Ou seja, a ilha de calor se manifesta especialmente nos dias de estabilidade atmosférica, com vento fraco e calmarias. Nessas condições, o aquecimento ocorre com mais facilidade e gera um processo de acumulação de energia (LOMBARDO, 1985), caracterizando a importância da direção do vento na configuração espacial da ilha de calor (FRANCA, 2011).

Conforme Maciel (2011) a maioria dos estudos que relacionam microclima urbano mostra que, o centro de Ilha de Calor Urbano (ICU) de uma cidade está frequentemente localizado sobre a área central das cidades, fato este que pode ser explicado pela grande concentração de edifícios, redução da ventilação e pouca arborização.

A complexa geometria das superfícies urbanizadas, a forma de orientação dos edifícios, as propriedades térmicas dos materiais utilizados, a impermeabilização do solo ou o calor liberado pelas diversas atividades antrópicas são algumas

contribuições decisivas para alterar o balanço energético das cidades (MONTEIRO, 1997).

Segundo Romero (2000), sob a ação da ilha de calor as áreas centrais urbanas ganham consideravelmente energia térmica pelos mecanismos de absorção e trocas de calor entre as massas construídas. Esse aquecimento urbano produz diferentes campos de pressão, provocando uma ventilação própria que pode alterar o movimento do ar regional (ALMEIDA JUNIOR, 2005).

Além da substituição dos materiais naturais por grandes quantidades de casas e prédios, ruas e avenidas, ocorre que na atmosfera das zonas centrais da cidade é também muito maior a concentração de gases e materiais particulados, lançados pelos automóveis e pelas fábricas, responsáveis por um efeito estufa localizado, que colabora para aumentar a retenção de calor. O uso de grande quantidade de combustíveis fósseis em aquecedores, automóveis e indústrias transformam a cidade em uma potente fonte de calor (LOMBARDO, 1985).

As transformações produzidas pelo homem na atmosfera urbana afetam o balanço de energia e o balanço hídrico. O espaço urbanizado modifica o albedo, pois os materiais urbanos possuem propriedades radiativas distintas das encontradas em um ambiente não antropizado (LIMA, 2011).

A cobertura e os tipos de uso do solo, além de seus efeitos sobre as condições de balanço de energia, exercem importante influência na interceptação da água advinda da precipitação. O escoamento diminui à medida que aumentam as áreas com cobertura vegetal (de maior rugosidade), e quanto maiores forem as áreas pavimentadas, maior e mais impactante será o escoamento superficial (PRUSKI et al., 2003)

Para Dacanal & Labaki (2013) a escassez de áreas livres, de vegetação e de água, ao lado de grandes áreas pavimentadas e adensadas, são fatores que provocam o aquecimento e o desconforto térmico. No entanto, todas essas características dependem da distribuição da temperatura do ar, que varia de acordo com a estação do ano. De acordo com Grimmond (2007) a diferença de temperatura em centros

urbanos se situa em torno de 1 a 3°C acima das áreas rurais. Porém, em determinados locais, com atmosfera calma e durante a noite, esta diferença pode chegar até a 10°C.

A relevância de estudos desta natureza está em viabilizar maior conhecimento sobre as características urbanas principalmente no que se refere às mudanças térmicas associadas ao uso e a ocupação do solo. As características urbanas associadas aos tipos e graus de adensamento e uso que recobrem o solo têm a capacidade de modificar os elementos climáticos que compõem a atmosfera local. O tipo de uso e ocupação do solo pode ainda ter seu efeito maximizado de acordo com o relevo existente no sítio urbano (ARAÚJO et al., 2008).

2.4 CONFORTO TÉRMICO AMBIENTAL

Para Ayoade (1988, p. 10) “O clima é um componente vital do ambiente tropical, que deve ser compreendido e levado em consideração em qualquer programa de desenvolvimento que tenha por objetivo elevar o padrão de vida e a qualidade dessa população”. Assim, entendeu-se que o conforto ambiental urbano e, mais explicitamente, o conforto térmico estão ligados à qualidade de vida (COX & DERMATINI, 2014).

De acordo com Rossi et al. (2013), a avaliação e compreensão do conforto térmico em espaços abertos podem ajudar a melhorar a qualidade dos mesmos, influenciando positivamente o uso e o comportamento das pessoas.

De acordo com Callejas et al. (2014) nos ambientes ao ar livre, fatores como temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e a radiação solar interferem diretamente na avaliação do conforto térmico dos pedestres, alterando a percepção, a preferência e satisfação térmica das pessoas (LIN et al., 2010a).

Segundo Bueno (1998) apud Almeida Junior (2005), a radiação solar, a temperatura, a umidade relativa e a movimentação do ar influem na precipitação térmica do homem. Para Romero (1988), o ser humano possui dois mecanismos de regulação térmica que lhes permitem adaptar-se às variações desses elementos do clima:

1. Mecanismo Fisiológico: como batidas cardíacas, suor, dilatação dos vasos, variações de fluxo sanguíneo, contração dos músculos, arrepios e ereção dos pelos;
2. Mecanismo Comportamental: com redução da capacidade de trabalho, prostração e sono.

Portanto, as condições de conforto térmico são funções de uma série de variáveis (ALMEIDA JUNIOR, 2005).

Para Vasconcelos (2014) as preocupações com o aumento da temperatura no planeta e as variações climáticas e estruturais que nossas cidades enfrentam impõem a busca de soluções para minimizar seus efeitos negativos. No entanto, o processo de crescimento imposto à maioria das cidades brasileiras vem reduzindo o verde urbano, gerando problemas à infraestrutura, ao meio ambiente, ao conforto e ao bem-estar da população.

Uma das soluções para amenizar os problemas causados pela urbanização é tratar o meio urbano com vegetação, por meio de arborização das vias públicas, criação de áreas de preservação, praças, parques, entre outros. Uma boa qualidade do espaço público pode favorecer a permanência, o desenvolvimento de atividades sociais e consequentemente a vitalidade urbana. Contudo, muitos desses espaços, dedicados a população, mostram uma qualidade comprometida, fato que interfere diretamente no seu uso (OLIVEIRA, 2011).

Como citado anteriormente, o ambiente urbano a céu aberto é afetado pelas áreas construídas, calor antropogênico, evapotranspiração das plantas, sombreamento produzido pelas árvores e objetos artificiais produzidos pelo homem, bem como pelos materiais utilizados na cobertura do solo, tais como grama, concreto e asfalto, dentre outros (CALEJJAS et al., 2014).

Assim, os pavimentos urbanos são importantes elementos que afetam o desempenho térmico dos ambientes a céu aberto, pois absorvem radiação solar (onda curta) e infravermelha (onda longa), dissipando parte da energia acumulada através de processos radiativos e convectivos à atmosfera, através da elevação de temperatura superficial, a taxas que são dependentes de suas propriedades térmicas. Com relação a estas propriedades, o albedo das superfícies é um dos principais

parâmetros que afeta as condições ambientais do meio urbano. Pavimentos com baixo albedo refletem menor quantidade de radiação solar causando elevação da temperatura do ar e desconforto térmico para os pedestres. Desta forma, pavimentos ou superfícies cobertas por diferentes tipos de materiais irão apresentar comportamento diferenciado quanto à sensação de conforto térmico em virtude das diferentes propriedades térmicas apresentadas por estes materiais (LIN et al., 2010b)

A importância da vegetação no conforto ambiental é indiscutível, porém é preciso que sua inserção passe a ser considerada, em sua totalidade, como aliada no planejamento paisagístico-urbanístico-ambiental, de forma a resgatar o seu papel como elemento indutor da qualidade e da sustentabilidade ambiental, sobretudo no planejamento da arborização urbana. Os conceitos e questões que envolvem o trinômio clima-vegetação-espço construído já vêm sendo abordados por muitos pesquisadores que viabilizam estudos e experimentos que resgatam e embasam os resultados obtidos, para aplicação prática, sobretudo na área do conforto ambiental (VASCONCELOS, 2014).

A vegetação urbana é aquela que permite que o espaço construído se integre com o jardim e o parque, principalmente das regiões de climas tropicais e subtropicais úmidos, para constituir a paisagem da cidade (MASCARÓ, 2002).

Coltri (2006) apud Santos (2012), explica que no processo de transpiração das plantas ocorre a liberação do vapor d'água nos seus arredores, gerando uma perda considerável de energia, portanto praças e parques, se transformam em “ilhas de frescor”.

Conforme Alves (2010) as ilhas de frescor são anomalias térmicas que se caracterizam por apresentarem temperaturas menores que seu entorno, sendo este fenômeno intimamente ligado a ação de áreas verdes, das lâminas de água e dos parques urbanos.

Zanella & Mendonça (2004, p. 7) destaca outro aspecto recorrente às cidades, o excesso de poluição atmosférica: “a qualidade do ar nos centros urbanos é determinada por um complexo sistema de fontes emissoras ou poluentes, compostas por veículos automotores (fontes móveis) e pelas indústrias (fontes estacionárias). Os

autores destacam o trabalho de Danni Oliveira & Bakonyi (2001) que sugere forte correlação entre a presença de material particulado na atmosfera urbana e a ocorrência de doenças respiratórias e circulatórias na cidade de Curitiba (FRANCA et al., 2011).

Franca et al. (2011) ainda destaca as condições de estabilidade atmosférica, comum durante a estação seca no Brasil Central e Sul da Amazônia para a concentração de poluentes. Pinto & Aguiar Neto (2008), complementa que além do desconforto térmico e da qualidade do ar, áreas urbanas também são mais suscetíveis aos impactos pluviais concentrados.

De acordo com Castro & Lopes (2014), o conceito de conforto termohigrométrico implica necessariamente a definição de índices em que o ser humano sinta confortabilidade em decorrência de condições térmicas e de umidade agradáveis ao corpo.

Os índices térmicos apresentam algumas determinações, nomeadamente, a existência de efeitos indutores que os metabolismos urbanos exercem sobre as variáveis climáticas da baixa atmosfera, mesmo em cidades de média ou pequena dimensão; a forte relação entre a construção urbana e as características topográficas que provocam, na generalidade dos casos, uma intensificação das “ilhas de frescura” e dos “lagos de ar frio”, ou um atenuar e deslocação da “ilha de calor urbana” associada a setores de maior densidade de construção e circulação e, ainda, a necessidade de integrar os estudos bioclimáticos nos processos de planeamento do território, como uma variável decisiva para a melhoria do conforto bioclimático e da própria qualidade de vida urbana das populações (CASTRO & LOPES, 2014).

Atualmente, o planejamento urbano não prioriza as áreas verdes, principalmente devido ao fato do interesse econômico se sobrepôr as necessidades ambientais da cidade. De acordo com Duarte (2000), o traçado urbano coloca em primeiro plano as edificações, deixando, desta forma as áreas verdes restritas a locais com dimensões reduzidas e forma irregulares, nas “sobras” dos espaços construídos, tendo como consequência que nem sempre estejam de acordo com as necessidades de lazer e conforto térmico da população (MACIEL, 2011).

2.5 ANÁLISE DO CLIMA URBANO

Mendonça (2003), destaca um considerável desenvolvimento nos estudos do ambiente atmosférico no Brasil pela sua proposição teórica e metodológica, por causa da sua significativa originalidade, ou pela multiplicidade de experiências feitas por meio de diferentes estudos de casos.

Do ponto de vista teórico e metodológico, a principal referência para os estudos do clima urbano no Brasil é Monteiro, que em 1976 propôs o Sistema Clima Urbano, fundamentado na Teoria Geral dos Sistemas. A proposta do referido autor baseou-se na percepção humana do ambiente urbanizado, e cujos resultados visam o planejamento da cidade (LIMA, 2011).

Lima (2011) cita os três subsistemas do Sistema Clima Urbano como: Termodinâmico (relacionado ao conforto térmico do ambiente), Físico-Químico (análise da qualidade do ar sobre a cidade) e Hidrodinâmico (impacto meteórico, que nas regiões intertropicais se caracteriza como o impacto pluvial concentrado). E de acordo com Monteiro (1990, p.8), o clima da cidade pode ser entendido como um sistema aberto e adaptativo, que ao receber energia do ambiente no qual se insere a modifica substancialmente.

A maioria dos estudos que relacionam microclima urbano mostra que o centro de Ilha de Calor Urbana (ICU) de uma cidade está frequentemente localizado sobre a área central das cidades, fato este que pode ser explicado pela grande concentração de edifícios, redução de ventilação e pouca arborização (MACIEL, 2011).

Segundo Gartland (2010), a maneira ideal de medir uma ilha de calor em qualquer cidade seria examinar os padrões do clima regional com e sem a cidade, porém não seria possível remover a cidade e colocá-la de volta no lugar. No entanto, existem metodologias que podem ser utilizadas para medir os efeitos da urbanização sobre os climas urbanos: Estações fixas, Transectos móveis, Sensoriamento Remoto, Sensoriamento vertical e Balanços de energia.

As estações meteorológicas têm função de coletar dados sobre o clima de uma determinada região. Porém, para se desenvolver um projeto urbanístico ou um

projeto de edifício, necessita-se somente de uma pequena parcela destes dados fornecidos (ALMEIDA JUNIOR, 2005).

A observação direta de comportamento é um método comumente usado para avaliação de desempenho ambiental, gerando dados sobre as atividades realizadas (como e o quê as pessoas fazem); regularidades de comportamento (frequências de uso) e as oportunidades e restrições de uso proporcionadas pelo ambiente. Observar comportamento significa ver, sistematicamente, pessoas (indivíduos isolados, em pares, pequenos grupos ou grandes grupos) usarem os ambientes construídos (OLIVEIRA, 2011).

Freitas & Lima (2014), afirmam que as técnicas de geoprocessamento vêm facilitar o processo cognitivo uma vez que possibilitam a espacialização das informações. Tratam-se de ferramentas bastante pertinentes às atividades de planejamento e gestão urbanas, devido à forte existência do componente especial das informações relativas ao território urbano.

O geoprocessamento vem agilizar a produção de informações espaciais, que tem como principal função reduzir as incertezas do ambiente urbano (PEREIRA & SILVA, 2001).

As técnicas de sensoriamento remoto nos estudos do clima urbano servem para detectar as características térmicas das superfícies urbanas que pode ser identificado por meio de análises de dados na faixa do infravermelho termal adquiridos por um satélite (COSTA et al., 2010).

Tejas (2012) cita o trabalho de Lomabrdo (1985) realizado na cidade de São Paulo, onde, por meio da interpretação das imagens do satélite NOAA, foi desenvolvido um algoritmo para calcular as temperaturas superficiais dos alvos em função da distância que chega ao satélite e da estimativa das emissividades da superfície.

Esses ganhos estão associados às diversas funcionalidades das técnicas de geoprocessamento. Em primeiro lugar, elas permitem a sobreposição de diferentes tipos de dados, podendo gerar uma nova informação e, portanto, aumentando a compreensão sobre a dinâmica urbana (MOURÃO & MARQUES, 2011;

MCHARGH, 1992). Além disso, facilitam análises temporais, permitindo reconhecimento de tendências de uso e ocupação do espaço (i.e FREITAS, 2006).

Conforme Santos (2012), nos trabalhos em áreas urbanas, a escolha das escalas temporal e espacial é importante, e o local e a exposição dos instrumentos são diferentes em cada caso. De acordo com Oke (2004), as características morfológicas das áreas urbanas definem a dimensão das escalas, por terem influência na atmosfera, onde as principais características são:

- a. Estrutura urbana: dimensões dos edifícios e dos espaços entre eles, largura das ruas e espaçamentos;
- b. A cobertura do solo: área construída, pavimentada e arborizada, solo nu e água;
- c. O tecido urbano: materiais naturais e artificiais;
- d. O metabolismo urbano: as atividades, a produção de calor, de água (tais como: usos do chafariz, espelhos d'água, irrigação e etc.) e de poluentes.

Ainda conforme Oke (2004) apud Santos (2012) duas escalas devem ser consideradas nos estudos dos climas urbanos: a horizontal e a vertical. Monteiro (2003), deu ênfase à escala horizontal e propõe o relacionamento das unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômicas das formas e comunidades (níveis) de urbanização. Assim, pode relacionar, de modo escalonado, as unidades de urbanização desde habitação até a região urbana.

Tabela 01 – Classificação das escalas horizontais.

Escala	Extensão	Características	Exemplo
Mesoescala	$X > 10 \text{ km}$	-	Cidade
Local	$1 \text{ km} < X < 10 \text{ km}$	Mesmo tipo de cobertura do solo, atividade, tamanho e distância entre os prédios.	Bairros
Microescala	$1 \text{ m} < X < 1 \text{ km}$	Superfícies e objetos; temperatura do ar e superficial diferentes	Edifícios, estradas, árvores, pátios, ruas

Fonte: Silveira (2007) adaptado de Oke (2004) apud Santos (2012).

Nas áreas urbanas, as trocas de calor e umidade não ocorrem em uma área plana, como nas áreas rurais, mas na camada de cobertura urbana (*UCL- Urban canopy layer*). A altura da UCL corresponde aproximadamente à altura média da rugosidade dos principais elementos (Z_h). Os efeitos microclimáticos das superfícies e dos obstáculos são sentidos dentro da camada denominada subcamada de rugosidade (*RSL – roughness sublayer*), que se estende do solo até uma altura (Z_r), quando estes efeitos se misturam. Nas áreas densamente construídas e homogêneas, $Z_r = 1,5Z_h$, mas nas áreas com baixa densidade, $Z_r = 4Z_h$. Quando os instrumentos de medição estão localizados em alturas menores que Z_r , os dados se referem a microclimas. Quando estão em alturas maiores que Z_r , representam o clima local, pois registram os dados após estes se misturarem (SILVEIRA, 2007 apud SANTOS, 2012).

Geralmente existem poucas estações meteorológicas disponíveis nos locais corretos ao redor de uma cidade para fornecer uma imagem bidimensional clara de uma ilha de calor. A instalação de estações temporárias para coletar dados em locais fixos suplementares pode ser difícil e custosa. A utilização de um transecto móvel é uma maneira econômica de estudar ilha de calor em área urbanas e suburbanas e seus arredores rurais (GARTLAND, 2010).

O método do transecto consiste em caminhar ao longo de um percurso previamente determinado, registrando as medições em pontos com distâncias pré-determinadas. O comprimento do transecto e a distância entre os pontos amostrados dependem dos objetivos do estudo, do tempo disponível e da finalidade a amostrar (KREBBS, 1989).

Santos (2012), cita os trabalhos que utilizaram esta metodologia e demonstraram a eficiência do procedimento, como Oke (1982), Maitelli (1991), Pitton (1997), Amorim (2002), Araújo et al. (2008), Alves (2010), Barros (2012) e entre outros.

A relevância de estudos dessa natureza está em viabilizar maior conhecimento sobre as características da atmosfera urbana e rural, principalmente no que se refere às mudanças climáticas associadas ao uso e ocupação do solo. As características urbanas associadas aos tipos e graus de adensamento e uso que

recobrem o solo têm a capacidade de modificar as características dos elementos climáticos que compõem a atmosfera local (OLIVEIRA, 2011 apud SANTOS, 2012).

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 URBANIZAÇÃO DE PORTO VELHO

A cidade de Porto velho foi criada por desbravadores por volta de 1907, durante a construção da Estrada Madeira-Mamoré, e atualmente é o maior município de Rondônia, e a terceira maior capital da região Norte (IBGE, 2017).

Porto velho passou por vários momentos de surtos migratórios advindos da exploração da borracha, da cassiterita, do ouro e, quando o Estado foi levado à categoria de território, a capital passou a concentrar os serviços administrativos. Bem como explica Nascimento (2009), a cúpula do governo é instalada, concentrando uma gama de serviços, como bancos, postos de saúde e estabelecimentos de ensino. Essas heranças deixadas pelos ciclos econômicos promoveram um processo de urbanização intenso que permanece até os dias atuais, frutos das estratégias de segurança nacional e de resolução de problemas sociais no nordeste e sul/sudeste do país (TEJAS, 2010).

Segundo Alves (2014), o desenvolvimento da cidade de Porto Velho passou, e ainda passa por três ciclos, desde a sua fundação:

- a. Primeiro ciclo: teve início no extrativismo do látex (1850-1920), que coincidiu com a construção da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré (E.F.M.M.), quando milhares de imigrantes (brasileiros e estrangeiros) vieram trabalhar na construção da ferrovia e também na extração do látex para a exportação da borracha (NASCIMENTO, 2010). Na década de 1930, com a borracha brasileira perdendo mercado para a borracha asiática, a E.F.M.M, que tinha como principal função exportar a borracha brasileira e boliviana começou a cair em desuso, provocando uma estagnação na

produção dos seringais e, conseqüentemente, no desenvolvimento da cidade. Somente na década de 1940 a borracha amazônica voltou a ganhar mercado com o apoio que o Governo Brasileiro deu na época aos países aliados a Segunda Guerra Mundial. Este apoio retomou o desenvolvimento da região, principalmente de Porto Velho que dependia essencialmente deste tipo de atividade econômica;

- b. Segundo ciclo: a partir da década de 1950 com a extração de minérios e vegetais. A descoberta dos minérios de estanho nos antigos seringais e de ouro no rio Madeira atraiu muitos imigrantes com o intuito do enriquecimento rápido. Paralelo a isto ocorreram incentivos que o Governo Federal dava para estabelecer projetos de colonização do antigo Território como o POLOAMAZÔNIA, o POLONOROESTE e o PLANAFLORO (MAHAR, 1983; BECKER, 1998; SANTOS 2001, 2007 apud ALVES, 2014), associados com o asfaltamento da BR-364, que impulsionaram a ocupação do Estado, provocando um considerável deslocamento de migrantes em busca de terra própria, onde a atividade agropecuária produziu alterações na paisagem num ritmo jamais visto na Amazônia (BATISTELA & MORAN, 2005);
- c. Terceiro ciclo: teve seu início no século XXI, com o lançamento do programa do Governo Federal PAC (Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal). O anúncio do Governo em realizar projetos de desenvolvimento urbano na região com o dinheiro do PAC (como as usinas do rio Madeira, os viadutos da capital, as obras de saneamento básico, entre outros) atraiu investidores e grandes empresas a começarem a se instalar na cidade, gerando milhares de empregos e atraindo gente de todos os lugares do Brasil para trabalhar na capital Rondoniense. Isso fez com que a cidade inchasse mais e, sem estruturas suficientes para suportar a grande demanda migratória.

Para Tejas et al. (2012) citado por Alves (2014), a ocupação maciça ocorrida na cidade de Porto Velho, na segunda metade do século XX, promoveu sérios impactos ambientais. A transformação das florestas em pastos, ou no caso de Rondônia, em áreas urbanizadas, contribuiu para alterações no clima. De acordo com

Marengo (2010), em toda bacia amazônica, o clima é altamente suscetível a alterações ambientais e é considerada uma das regiões do Brasil mais vulneráveis as mudanças climáticas antropogênicas.

Silva (2010), numa análise sobre o comportamento médio anual das variáveis meteorológicas em Porto Velho, constatou a influência da urbanização na temperatura e umidade relativa do ar, afetando também o ciclo anual de precipitação.

A cidade de Porto Velho é capital do estado de Rondônia e possui uma população de pouco mais de 500 mil habitantes (IBGE, 2016), dos quais 91,6% em situação urbana. É a capital brasileira com maior área territorial, com mais de 34 mil km², sendo também o mais populoso município fronteiro do Brasil. Segundo Franca (2011), podemos observar um expressivo crescimento populacional da cidade de Porto Velho em comparação com os dados atuais, onde antes era 344.661 habitantes, sendo 81,7% em situação urbana no município (figura 03).

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE PORTO VELHO

Porto Velho possui uma área urbana de 116,90 km² (PORTO VELHO, 2008). A sua configuração atual encontra-se dividida em 04 zonas, partindo da zona central composta pelo primeiro núcleo de ocupação temos a zona Norte, Sul e Leste.

Como a cidade surgiu às margens do rio Madeira, esse foi o ponto de partida para o avanço da ocupação urbana da cidade. A **zona central** é núcleo de ocupação que parte, a Oeste das margens do rio Madeira e seguem até a Avenida Guaporé a Leste, ao Norte, delimitada pela Avenida Costa e Silva e ao Sul pela BR-364. A **zona norte** que segue do Sul pela Avenida Costa e Silva que dá acesso ao porto e a balsa que permitem a travessia do rio Madeira. E a **zona leste** limita-se com a zona central a Oeste e ao Sul com a BR-364. Já a zona sul trata-se da poção separada pela zona central pela BR-364 (TEJAS, 2012).

3.3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICA DE PORTO VELHO

Segundo Basto e Sá Diniz (1982) o clima de Porto Velho de acordo com o sistema de Koppen está submetido ao grupo de clima tropical chuvoso com o tipo Am (clima de monção com uma breve estação seca e chuvas intensas no restante do ano), com características de elevados índices pluviométricos e um breve período de estiagem (três meses secos). O índice pluviométrico anual é superior a 2 000 mm, concentrados entre os meses de verão, sendo janeiro o mês de maior precipitação (321 mm) (Figura 02).

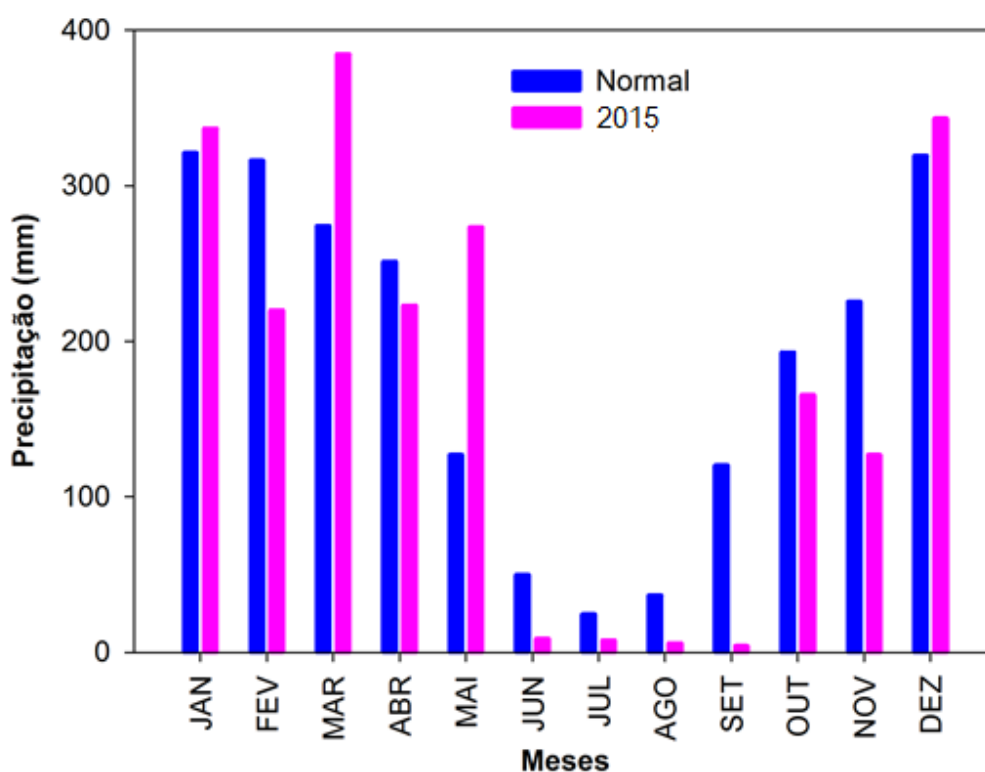


Figura 02 – Normal climatológica do INMET (1960 – 1990) e totais mensais da precipitação durante o ano de 2015 no município de Porto Velho.

Conforme Nimer (1989), o clima de Porto Velho é classificado como clima quente e úmido com três meses secos do tipo tropical; Mendonça & Danni-Oliveira (2007), classificam-no como um clima equatorial com sub-seca (três meses secos), com influência da massa Equatorial continental (mEc) e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (TEJAS, 2012).

As precipitações ocorrem principalmente sob a forma de chuva, e em raras ocasiões de granizo, podendo virem acompanhadas de raios e trovoadas e ainda serem de forte intensidade. Segundo Gama (2002), numa análise sobre o clima de Rondônia, afirmou que o município de Porto Velho está inserido em uma região com duas estações climáticas bem distintas e bem definidas. Segundo Santos Neto (2010), a estação chuvosa é denominada *inverno amazônico* e a estação seca *verão amazônico*, devido ao costume local e por associarem aos períodos secos e chuvosos a sensação térmica.

A umidade do ar é relativamente elevada durante o ano, com médias mensais acima dos 80%, e a média anual de 86%.

A amplitude térmica é baixa, com temperatura média anual de 25 °C. Entre maio e setembro, massas de ar polares que chegam ao sul da Amazônia atingem Porto Velho e derrubam as temperaturas, muitas vezes para abaixo dos 18 °C, causando o fenômeno da friagem. Contudo, dentro dessa mesma época, nos meses de agosto e setembro, também são registradas as maiores temperaturas do ano, chegando próximo ou ultrapassando a marca dos 35 °C, e a umidade do ar também pode ficar abaixo dos 30% ou até mesmo dos 20%, bem abaixo do ideal estabelecido pela Organização Mundial da Saúde, que é de 60% (SANTOS NETO et al., 2014).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DO TRANSECTO MÓVEL

Porto Velho (8° 45' 43" S; 63° 54' 7" O e 83m) situa-se no vale do rio Madeira, entre a planície amazônica e o planalto central brasileiro. A cidade está localizada à margem leste do Rio Madeira, o principal rio que banha o município, vindo do sul da Bolívia. Posiciona-se na parte oeste da Região Norte do Brasil, na área abrangida pela Amazônia Ocidental no Planalto Sul-Amazônico, uma das parcelas do Planalto Central Brasileiro. O relevo do município é pouco acidentado, não apresentando grandes elevações ou depressões.

Na área urbana de Porto Velho, o tipo de vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Aberta, que ocupa maior parte das áreas ainda vegetada. A sua composição florística e o relevo revelam quatro faces, disposta em relevo plano suavemente ondulado, não ultrapassando os 100 m de altitude. Caracteriza-se por apresentar indivíduos arbóreos bastante espaçados e de porte médio a baixo (até 30 m) como por exemplo, cipós, palmeiras, bambus e sororocas caracterizados por possuir um dossel descontínuo, que favorece a penetração da luz solar e propicia a regeneração e o espaçamento dos bosques e sub-bosques que frequentemente são preenchidos por espécies variadas (SILVA & VINHA, 2002, p.97; TEJAS et al., 2011).

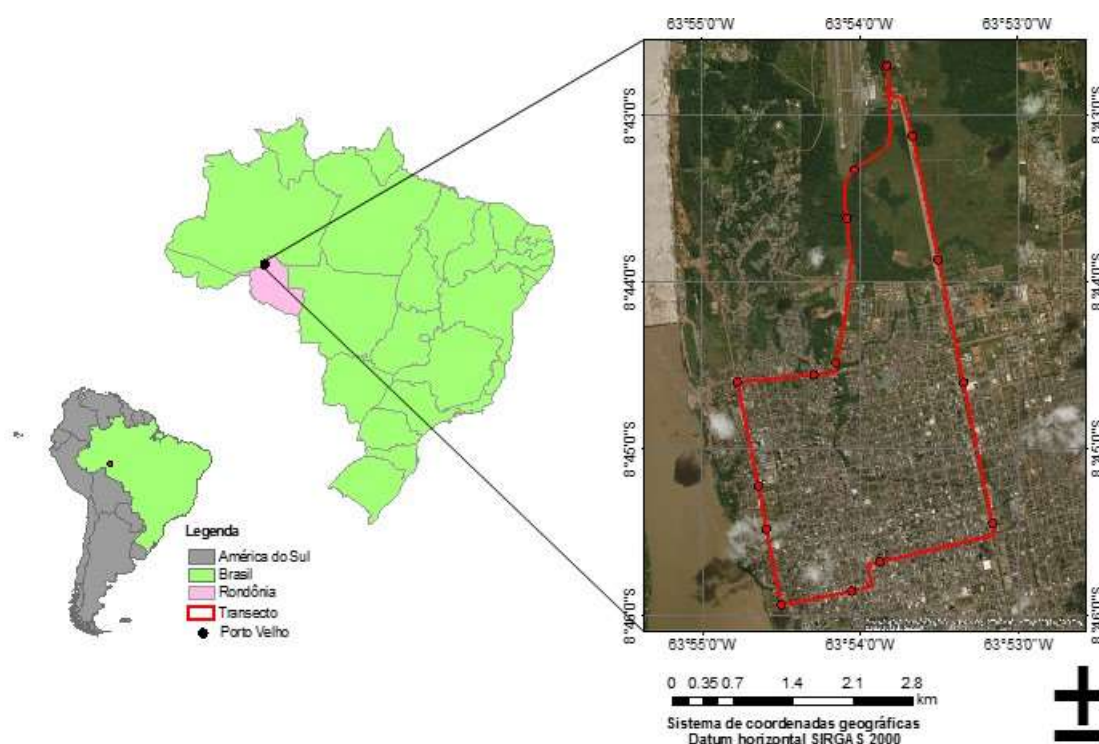


Figura 03 – Mapa do transecto móvel no município de Porto Velho - RO.

4.1.1 Descrição dos pontos de coleta

Para realização deste trabalho foram coletados dados de temperatura e umidade relativa em 14 pontos distintos da cidade de Porto Velho conforme a configuração urbana apresentada em cada ponto, ou seja, diferentes ocupações do uso do solo. Foram realizadas 15 medidas, por hora, sendo que a primeira e última medida são referentes ao mesmo ponto (ponto 01 e ponto 15) (figura 04).

Ponto 05 – P05 (9033481.33S; 400474.52O) – Avenida Imigrantes: É uma via de acesso entre o Rio Madeira e a BR-319, onde há grande fluxo de caminhões e carros. A avenida tem um canteiro com árvores que divide o sentido dos trajetos.

Ponto 06 – P06 (9032256.43S; 399825.38O) – Avenida Farquar: É uma avenida de grande acesso pois se encontra o prédio da sede do governo, além de tráfego de ônibus. Pouca ou nenhuma arborização.

Ponto 07 – P07 (9031776.68S; 399920.45O) – Avenida Farquar: Neste ponto da avenida encontra-se o estádio “Aluizio Ferreira de Oliveira” e as casas da vila militar, fluxo de carro e ônibus. Porém nenhuma arborização.

Ponto 08 – P08 (9030939.61S; 400093.91O)– Avenida Farquar: Neste ponto localiza-se a estação “Madeira Mamoré”, alguns metros do Rio Madeira, e em frente o Mercado Central da cidade, onde o fluxo de pessoas e automóveis é frequente. Área com vegetação apenas onde localiza-se a estação.

Ponto 09 – P09 (9031089.61S; 400910.77O) – Avenida Sete de setembro: Avenida de grande fluxo de automóveis e pessoas, por ser um ponto no centro da cidade. É uma avenida extensa, aberta, porém não há arborização, além de grandes construções.

Ponto 10 – P10 (9031412.82S; 401239.54O) – Rua Dom Pedro: Neste ponto, além do grande fluxo de carros, por ser um ponto no centro da cidade, é um corredor de ônibus, e não há arborização.

Ponto 11 – P11 (9031837.90S; 402545.61O) – Avenida Jorge Teixeira: É uma avenida aberta, e neste ponto encontra-se próximo a rodoviária da cidade, onde há uma praça em frente. E algumas construções.

Ponto 12 – P12 (9033396.09S; 402205.68O) – Avenida Jorge Teixeira: Neste ponto é um espaço aberto apenas com um prédio de primeiro andar, e ao lado um terreno, porém sem vegetação.

Ponto 13 – P13 (9034751.82S; 401910.78 O) – Avenida Jorge Teixeira: Neste ponto da avenida encontra-se o hospital de base da cidade, e o número de construções diminui, e apresenta uma maior área verde. A partir deste ponto começa o “espaço alternativo” na cidade, é uma área construída para a população fazer exercício, no

período da tarde apenas uma faixa da avenida funciona para que na outra a população possa fazer seus exercícios físicos.

Ponto 14 – P14 (9036116.94S; 401613.60O) – Avenida Jorge Teixeira: Neste ponto próximo ao ponto inicial do trajeto, ainda no “espaço alternativo”, é um ponto onde a presença de área verde supera a área construída. Não há casas ou edifícios próximos a este local.

4.2 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

4.2.1 Coleta de dados

O período de monitoramento das variáveis ocorreu entre setembro e dezembro de 2015, nos horários de 8:00 – 14:00 e as 20:00, horário local, respeitando-se dias com condições atmosféricas favoráveis, ou seja, céu claro e ventos fracos (OKE, 1982). Esses horários são estabelecidos pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia), para realização de estudos dessa natureza.

O transecto móvel foi previamente definido estabelecendo-se o tempo máximo de 1h para se completar o percurso total, parando durante 1 (um) minuto em cada ponto de medida. Também procurou-se utilizar a velocidade do carro entre 30 e 40 km/h, para que no período diurno houvesse menores diferenças de acesso solar entre os pontos e para que também no período noturno o tempo de dissipação da energia acumulada na malha urbana não influenciasse nos resultados, tendo em vista que, de acordo, com Oke (1982) a ICU atinge a intensidade máxima após o pôr do Sol (MACIEL, 2011; SANTOS, 2012).

Os dados de temperatura e umidade foram coletados com o termohigrômetro modelo HT – 300, da marca Instrutherm, com precisão de $\pm 3\%$ de leitura a 4°C para temperatura (-10° a $60^{\circ}\text{C}/14^{\circ}$ a 140°F) e $\pm 3,5\%$ de umidade. Com tempo de amostragem de 2,5 segundos. O equipamento foi instalado num abrigo meteorológico acoplado no carro à uma distância de aproximadamente 2m da superfície (Figura 05).

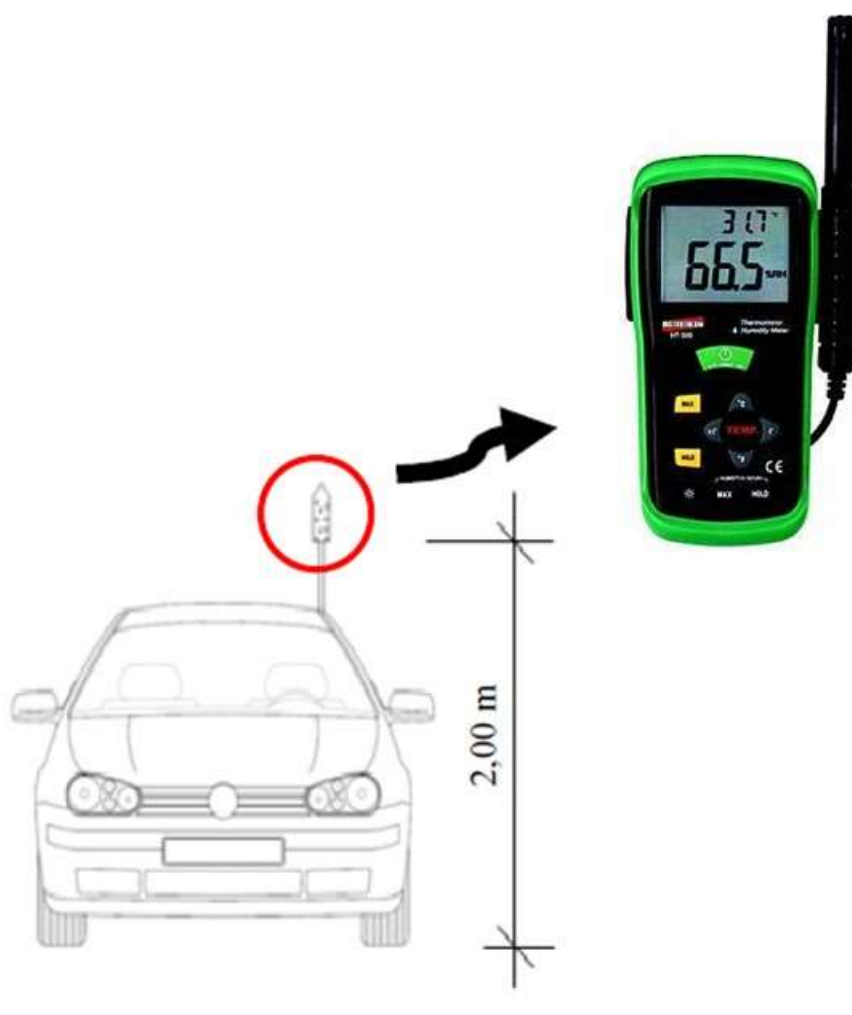


Figura 05 – Esquema de adaptação do abrigo com o psicrômetro, adaptado de SANTOS (2012).

4.2.2 Cálculo do índice de conforto e desconforto térmico

Foram realizados cálculos para encontrar os índices de conforto e desconforto térmico para cada ponto de coleta para avaliar o grau de sensação térmica sentida pela população.

Para o cálculo do Índice De Conforto Térmico Humano (ICH) foi utilizada a formula descrita por Anderson (1965) citada em Santos & Melo (2010).

$$ICH = T_a + \frac{5}{9}(e_a - 10) \quad (1)$$

Onde:

T_a – Temperatura do ar (°C)

e_a – Pressão de vapor, estimada pela equação (2):

$$e_a = \frac{(e_s * UR)}{100} \quad (2)$$

e_s – Pressão de vapor do ar saturado, estimada pela fórmula proposta por Tetens (1973) (Equação 3):

$$e_s = 6,10 \times 10^{\left(\frac{(7,5 * T_a)}{(237,3 + T_a)} \right)} \quad (3)$$

Após encontrados os valores do ICH, os resultados foram comparados com os valores de referência dispostos na tabela 02:

Tabela 02 – Índices de Conforto Térmico Humano (ICH)

Graus de Umidade (°C)	Graus de Conforto
20 – 29	Confortável
30 – 39	Graus de conforto variando
40 – 45	Desconforto suportável
46 ou mais	Desconforto insuportável

Fonte: Santos & Melo (2010).

Para avaliar o Índice de Desconforto Humano (IDH) foi utilizado a fórmula descrita por Ono & Kawamura (1991) citado em Santos & Melo (2010) (Equação 4):

$$IDH = 0,99T_a + 0,36T_d + 41,5 \quad (4)$$

Onde:

T_a – Temperatura do ar (°C)

T_d – Temperatura do ponto de orvalho (°C), estimada pela equação (5):

$$T_d = \frac{b * \alpha(T_a, UR)}{a - \alpha(T_a, UR)} \quad \alpha(T_a, UR) = \frac{a * T_a}{b + T_a} + \ln(UR) \quad (5)$$

Onde:

Os valores de a e b são: a – 17,27 °C, e b – 237,7 °C

UR – Umidade Relativa (%).

Na tabela 3 podemos encontrar os valores de referência relativos aos Índice de Desconforto Térmico sentido pelas pessoas conforme Ono e Kawamura (1991).

Tabela 03 – Faixa de valores do Índice de Desconforto relativo as condições de conforto térmico sentido pelas pessoas.

INTERVALO DO IDH	EFEITO
IDH > 80	ESTRESSE DEVIDO AO CALOR;
75 > IDH > 80	DESCONFORTÁVEL DEVIDO AO CALOR
60 > IDH > 75	CONFORTÁVEL
55 > IDH > 60	DESCONFORTÁVEL DEVIDO AO FRIO
IDH < 55	ESTRESSE DEVIDO AO FRIO

Fonte: Santos & Melo (2010).

4.2.3 *Análise estatística*

Os dados foram submetidos à Análise de variância (ANOVA) para testar diferenças entre as médias de ICH entre os meses e os períodos. Para comparação entre as médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. As rotinas das análises estatísticas foram executadas em linguagem de programação R (2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE TERMOHIGROMÉTRICA DO TRANSECTO MÓVEL

Observa-se na figura 06 que no período da tarde foram registradas as maiores médias de temperatura do ar 39,6 °C, 38,4 °C, 37,4 °C e 35,7 °C, enquanto no período noturno verificou-se as menores médias 30,3 °C, 30,2 °C; 29,8 °C e 27,6 °C, em ambos os casos, para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, respectivamente. No período da manhã os valores médios mensais foram de 34,6 °C (setembro), 31,2 °C (outubro), 34,9 °C (novembro) e 31,2 °C (dezembro).

Na figura 06a, mês de setembro (dias 09, 10 e 13), observa-se que os pontos 1, 2 e 3 apresentaram os menores valores da temperatura média do ar. Percebeu-se que a partir do ponto 4 até o ponto 12 há um incremento nas médias, e que as mesmas tornam a cair novamente até o ponto 15, que é o mesmo que o ponto 1. É possível ainda, notar que entre os períodos do dia existem uma diferença entre os valores médios da temperatura do ar, bem como a distinção entre cada ponto de coleta.

No mês de outubro (dias 01, 03 e 04), figura 06b, observou-se também que o período da tarde apresentou a maior média mensal de temperatura média do ar para os valores coletados entre os pontos do transecto móvel (38,4°C), seguido dos períodos matutino e noturno, 31,2°C e 30,2°C, respectivamente.

Assim como no mês de setembro, notamos que há uma tendência de aumento no valor da temperatura média do ar à medida que nos aproximamos dos pontos próximos ao centro da cidade (ponto 4 ao ponto 12). Comparando os períodos de coleta, notou-se que a diferença entre o período da manhã e da noite diminuem, enquanto o período da tarde continua com valores elevados em comparação com estes. No entanto, nos pontos 4 a 12 a diferença entre eles é muito pequena entre o período matutino e vespertino.

No mês de novembro, dias 10, 14 e 18 (figura 06c), verificou-se que a diferença entre a temperatura média do ar entre os período matutino e vespertino diminuiu consideravelmente, mas o comportamento da mesma é igual em todos os períodos, ou seja, tendendo a aumentar a partir do ponto 4 atingindo um máximo no ponto 11 (35,38°C), quando retorna a diminuir nas proximidades do início dos pontos de coleta. Os valores médios mensais da temperatura do ar para o período da

manhã é 34,9°C, no período da tarde é 37,4°C e, para o período noturno, ainda notou-se os menores valores médios mensais da temperatura do ar, 29,8°C.

Em dezembro (Figura 06d), os valores médios da temperatura do ar foram 31,1°C (manhã), 35,7 °C (tarde) e 27,6°C (noite), porém nota-se que os valores médios da temperatura do ar para cada ponto tendem a se aproximar quando comparados os períodos matutino e vespertino. Enquanto que no período noturno os valores são bem menores.

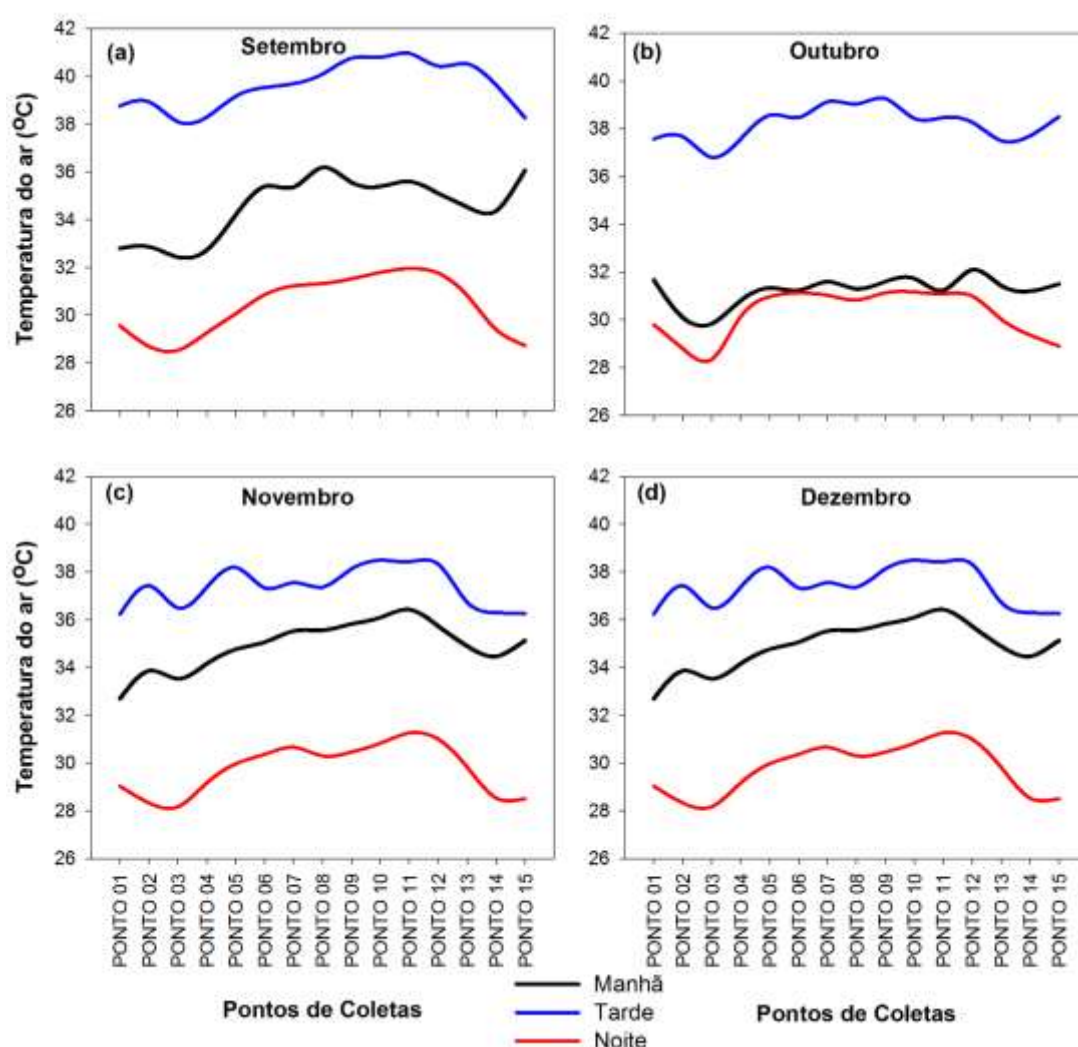


Figura 06 – Variação da temperatura média do ar no mês de setembro a dezembro de 2015 nos 15 pontos de coleta realizada com o transecto móvel no município de Porto Velho - RO.

A umidade relativa do ar (figura 07) apresenta-se de maneira inversa ao da temperatura do ar, ou seja, os maiores valores foram registrados nos pontos iniciais (1 a 4, e 13 a 15) e os menores nos pontos próximos ao centro da cidade (5 a 12).

Em setembro (figura 07a) os valores médios da umidade relativa foram 48, 32,9 e 61,8%, manhã, tarde e noite, respectivamente, enquanto no mês de outubro (figura 07b) notou-se que houve elevação nos valores médios 59,6, 38,8 e 65% (manhã, tarde e noite), quando comparados com o mês anterior. Ainda no mês de outubro percebeu-se que a umidade relativa no período da manhã e noite tendem a se aproximar, porém, a partir do ponto 12 essas linhas se distanciam.

No mês de novembro (figura 07c), os valores médios de umidade relativa do ar foram de 52,1, 43,6 e 69% (manhã, tarde e noite). Percebeu-se que a diferença entre o período da manhã e tarde tendem diminuir quando comparado com o mês de setembro e outubro, pois nota-se que umidade no período da tarde se aproximam dos valores do período matutino.

Com relação a umidade relativa, no mês de dezembro (figura 07d), os valores médios encontrados foram 63,8%, 49,3% e 75,8% manhã, tarde e noite, respectivamente. Tendo em vista que o mês de dezembro encontra-se dentro do período chuvoso e que, para o ano de 2015, registrou índices pluviométricos acima da normal climatológica da região, conforme observado na figura 02, explica-se, com isso, as maiores médias da umidade relativa do ar, dentre todos os meses do estudo.

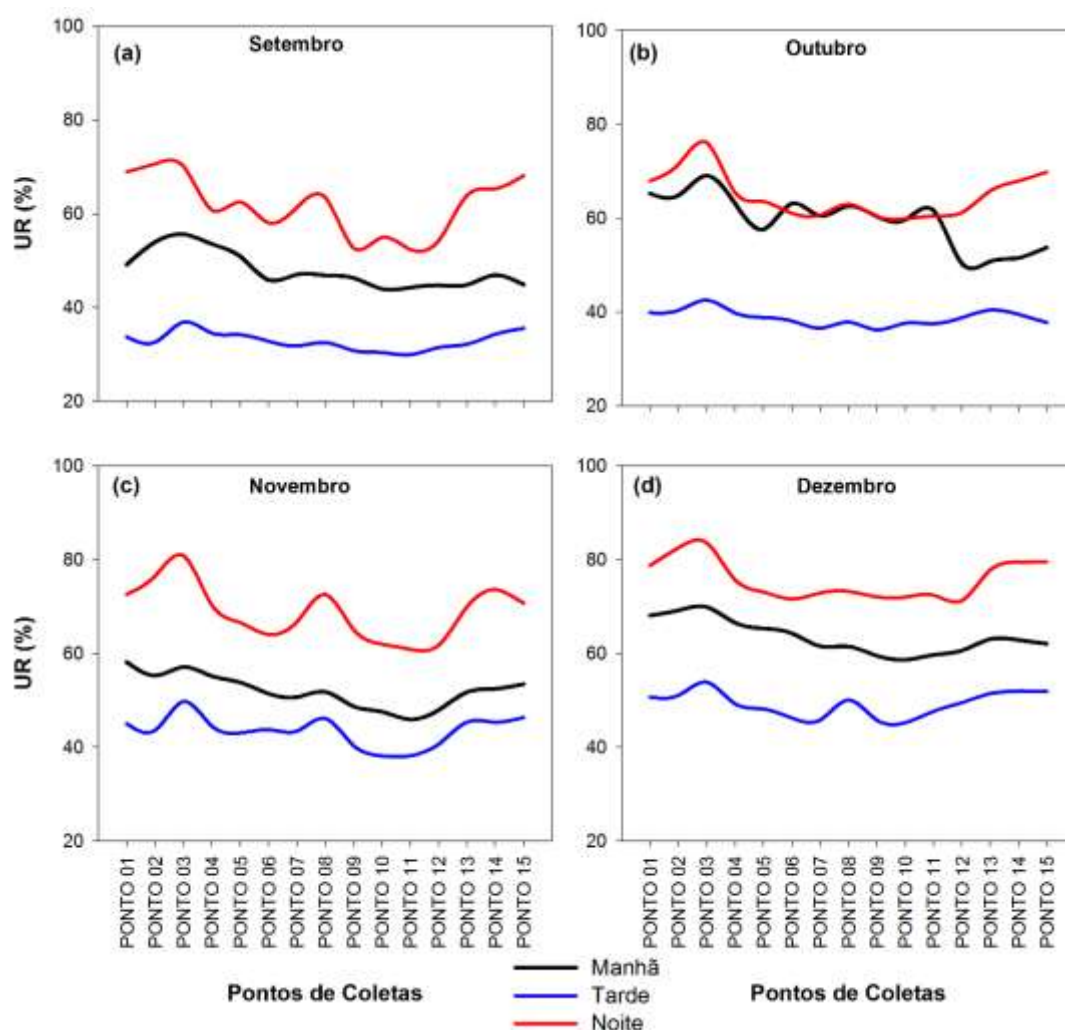


Figura 07 – Variação da umidade do ar no mês de setembro a dezembro de 2015 nos 15 pontos de coleta realizada com o transecto móvel no município de Porto Velho - RO.

Relaciona-se as diferenças do comportamento da temperatura e umidade relativa do ar entre os pontos, pelo fator da configuração urbana, ou seja, nos pontos mais próximos ao centro da cidade observamos que arborização diminui, e por conta disso, verificamos o aumento de temperatura média e diminuição da umidade relativa do ar. Segundo Landsberg (1981), cânions urbanos e as condições de radiação solar são alteradas devido a mudança do horizonte, que por sua vez, afeta a duração da luz do sol e da iluminação.

Nos pontos onde a temperatura apresentou-se mais baixa, relaciona-se com a presença de vegetação, uma vez que, na presença destas, a energia recebida na superfície tem sua maior parte destinada aos processos de evapotranspiração (calor

latente) e não para o aquecimento (calor sensível) (BIUDES et al., 2015). Ou seja, quando comparamos cada ponto de coleta, a tendência é que os pontos próximos ao centro da cidade apresentem temperatura maior que aos arredores, visto que a presença de área construída é maior do que nos pontos iniciais.

Conforme Shinzato (2009), os efeitos da vegetação nas condições microclimáticas urbanas, influencia o microclima do seu entorno imediato, corroborando com Lima (2009), que diz que a vegetação exerce diversos efeitos no microclima urbano no verão, funcionando como um verdadeiro ar condicionado natural, pois melhora a temperatura do ar com a sua evapotranspiração.

Num estudo realizado por Tejas et al. (2011), na cidade de Porto Velho, quando comparando duas unidades amostrais, com e sem vegetação, a autora encontrou uma diferença de 5°C entre duas unidades amostrais, enquanto a umidade relativa foi de 3% a 6%, evidenciando a importância da vegetação na sensação de conforto térmico.

No período vespertino, observou-se que em alguns pontos, a temperatura tende a diminuir, provavelmente pela posição que o Sol encontra-se em relação aos pontos de coleta, o que poderia causar sombreamento em alguns materiais presente nas localidades minimizando o aquecimento da superfície. Destaca-se, também, que neste período, trata-se dos meses de transição seco-chuvoso e início da época chuvosa na região, o que consequentemente, aumenta a nebulosidade.

Santos Neto et al. (2014), em seu artigo destaca o estudo que Nechete & Barros (1998) fizeram sobre a variabilidade diurna da precipitação na capital de Rondônia usando 12 anos de dados do aeroporto local. Foi verificado que durante todo o ano ocorrem precipitações na cidade, mas com predominâncias de horários em determinadas épocas do ano. Na época chuvosa ocorrem dois máximos de precipitação: um no início da manhã e outro à tarde. Já na época de transição e na estação seca há uma predominância de chuvas à tarde, o que pode justificar, também, a diminuição da temperatura, em alguns pontos, em relação aos meses de setembro e outubro.

5.2 AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ILHA DE CALOR

Na figura 08a verificou-se que a temperatura da manhã apresenta um comportamento parecido nos meses de setembro e novembro (34,6 e 34,9°C), e outubro e dezembro (31,2°C).

Na figura 08b, percebeu-se que o comportamento da temperatura da tarde em setembro apresenta as maiores médias (39,6°C), enquanto dezembro a menor média (35,7°C). Como já mencionado essa diferença se dá por causa da posição do sol, e com isso a maior incidência de energia na superfície terrestre, além de que, dezembro é um mês do período chuvoso e por isso essa variável tem interferência da quantidade de nuvens na região. Bezerra et al. (2010), em seu estudo detectou que entre novembro e abril temos um período chuvoso, na região de Porto Velho, e nos meses de junho a setembro o período seco, sendo maio e outubro os meses de transição de uma estação para outra.

Na figura 08c, nota-se que a temperatura no período noturno diminui consideravelmente em relação aos outros horários, destacando a menor média mensal para o mês de dezembro (27,6°C). Observou-se também que as médias da temperatura no período noturno tendem a aumentar à medida que nos aproximamos do centro da cidade (ponto 6 ao ponto 11), caracterizando um aquecimento da temperatura do ar mesmo após o pôr do Sol, apresentando uma diferença aproximada de 3°C entre o ponto inicial, onde há vegetação em seu entorno, com relação aos pontos próximos ao centro da cidade. No entanto, destaca-se que nos pontos próximos ao centro da cidade (ponto 7 a 10) a temperatura se mantém mais alta do que os outros em todos os meses coletados, evidenciando formação de ilha de calor.

Frota e Schiffer (1988), explica que o ar é um mau condutor térmico, por exemplo, o revestimento do solo irá interferir nas condições climáticas, uma vez que o solo seco irá esquentar rapidamente durante o dia, e a noite devolver o calor armazenado para atmosfera, provocando uma grande amplitude térmica diária.

O aumento da temperatura média do ar no período da tarde, também, pode ser explicado pela variação diária da temperatura como resposta a radiação solar recebida pela superfície ao longo do dia, quando esta apresenta um valor máximo e um valor mínimo, diariamente. De acordo com Varejão-Silva (2006), em situações

normais, valor máximo ocorre cerca de duas horas depois da culminação do Sol; o mínimo acontece um pouco antes do nascer do Sol. Neste último caso, devido ao resfriamento radiativo da superfície da Terra.

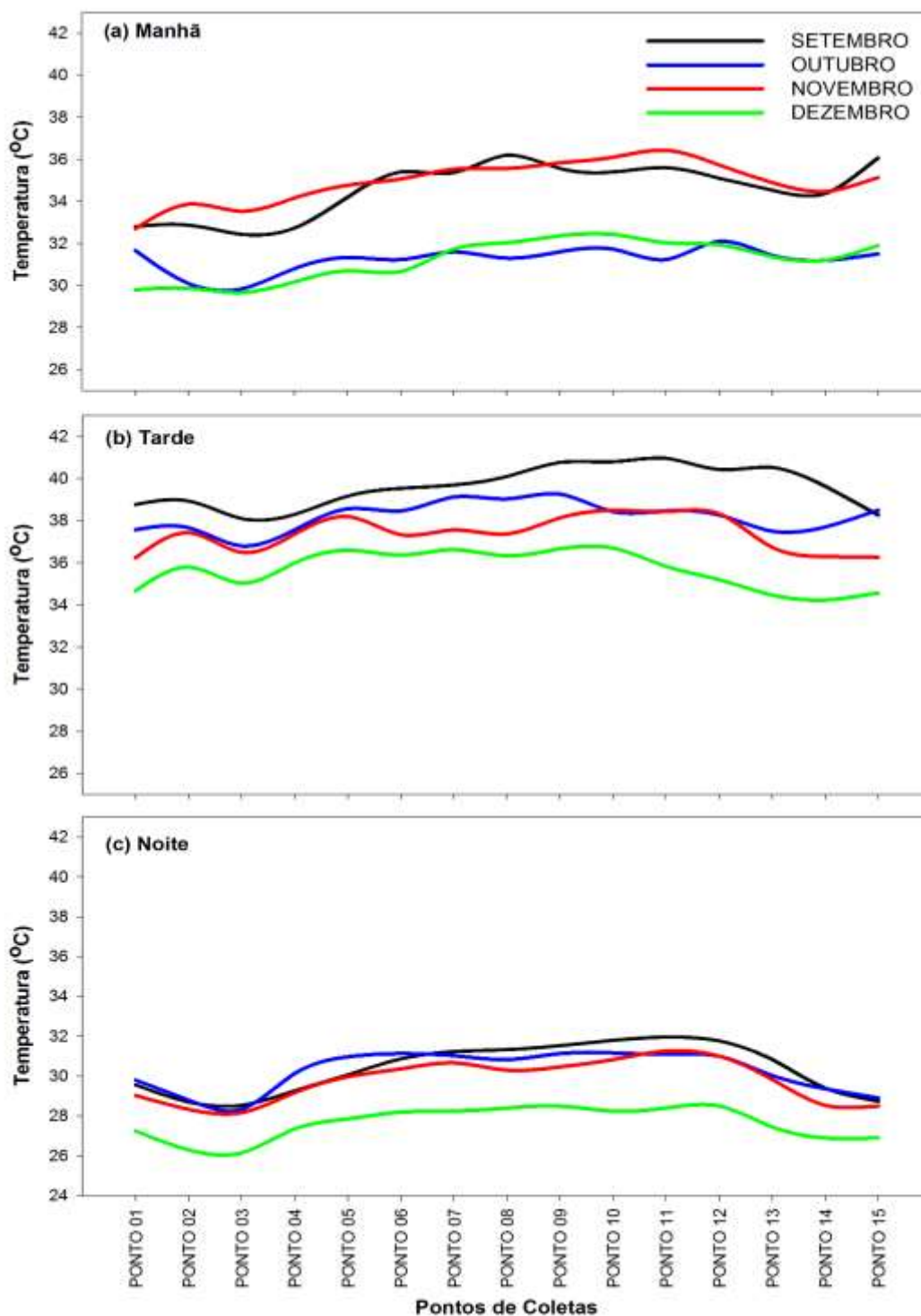


Figura 08 – Variação da Temperatura Média Mensal, para os pontos do transecto, no período de setembro a dezembro de 2015, em Porto

Velho - RO.

Na figura 09 observa-se comportamento médio mensal da umidade relativa do ar comparando cada período entre os meses da coleta. A UR apresenta-se inversamente proporcional a temperatura, ou seja, quanto maior temperatura menor a umidade relativa.

Verifica-se que no período da manhã (figura 09a), a UR apresentou uma média de 48, 59,6, 52,1 e 63,5% para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, respectivamente. Constatou-se que dezembro apresenta a maior média da umidade relativa, em virtude do período chuvoso que se inicia na região.

No período da tarde (figura 09b) verificou-se os menores valores médios de UR, 32,9, 38,8, 43,6, 49,2% (setembro, outubro, novembro e dezembro) ocorreram no período da tarde. Relaciona-se essa diminuição da umidade relativa com a ausência de vegetação nas áreas de coleta, pois além do aumento da temperatura por causa do aquecimento da superfície terrestre, em alguns pontos de observação, não têm presença de área verde ou tem pouca área verde, o que contribui para o aumento do calor sensível na superfície.

Materiais utilizados na construção das cidades como concreto, telhados e asfalto, possuem valor baixo de albedo, e dessa maneira, refletem menos e absorvem mais radiação solar, ocasionando um aumento da temperatura de superfície (COSTA et al., 2010).

Durante o período noturno (figura 09c) encontramos os maiores valores da umidade relativa no período noturno, principalmente no mês de dezembro (75,7%). Como já mencionado, devido ao início da estação chuvosa na região. Destaca-se que nesse período os meses de setembro, outubro e novembro a UR no ponto 8 apresenta um aumento diferenciando dos demais pontos próximos ao centro da cidade. Possivelmente o fato relaciona-se a presença de vegetação na área da estação Madeira Mamoré, bem como, com a proximidade com o Rio Madeira, evidenciando uma possível influência de uma brisa fluvial, amenizando o efeito “ilha de calor”.

Estudando a frequência de ocorrências de chuvas para a capital Porto Velho, Santos Neto et al. (2014) encontrou resultados onde indicam uma hora de chuva intensa para cada 12 horas com precipitação branda. Ao estudar a frequência de chuvas entre a floresta e pastagem no centro do estado de Rondônia, Ferreira da

Costa et al. (1998) observo que há diferença entre os dois ambientes e atribuiu ao aquecimento diferenciado entre floresta e pastagem. Logo, o mesmo princípio pode ser atribuído em regiões urbanas, uma vez que, conforme Tavares & Silva (2008), os ambientes urbanos tendem a aumentar a instabilidade dos sistemas atmosféricos e propiciar um acréscimo nos eventos de precipitação.

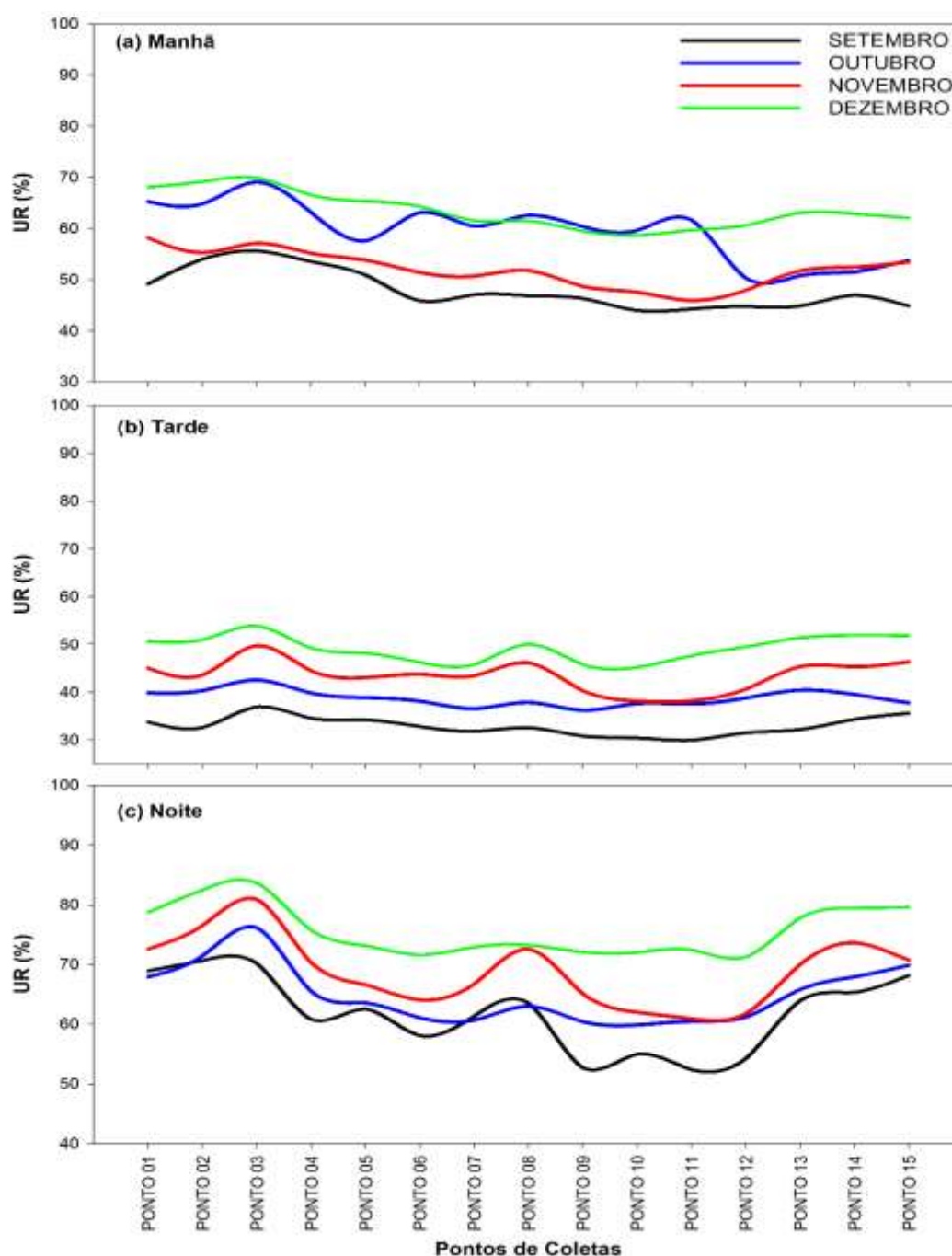


Figura 09 – Variação da Umidade relativa do ar, nos pontos do transecto, no período de setembro a dezembro de 2015, no município de Porto

Velho - RO.

5.3 ÍNDICE DE CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO HUMANO

Observou-se que para todo o período de coleta, os índices de conforto e desconforto humano calculados estão na faixa do confortável à graus de conforto variando, e desconfortável devido ao calor à estresse devido ao calor, respectivamente (Figura 10).

Na figura 10a observou-se que o IDH para todo o período de coleta em todos os pontos do transecto, e verificou-se que o índice variou na faixa entre 76 (mínimo) a 82 (máximo). Na figura 25b, verificou-se que os valores de ICH para os meses de coleta, variaram entre 24 °C (mínimo) e 34 °C (máximo) distribuído entre os pontos de coleta durante os períodos da pesquisa.

Quando se analisou ponto a ponto verificou-se que os maiores índices de conforto e desconforto se iniciam a partir do ponto 5 até o ponto 10, em todos os dias de coleta. Conforme a tabela 2 o grau de conforto térmico humano neste trajeto varia de “confortável” até “graus de conforto variado”. Dentre os dias investigados o período da tarde apresenta os maiores valores dentro da faixa “graus de conforto variando”, enquanto os valores do período noturno estão na faixa do confortável, principalmente no ponto 2 e 3, e 13 e 14 onde a presença de vegetação auxilia neste processo de resfriamento.

Para cada ponto do transecto observa-se, ainda, que nos pontos relacionados ao centro da cidade foram apresentados os maiores valores de ICH e IDH, caracterizando dentro da faixa de conforto variando e desconfortável devido ao calor, respectivamente. Mesmo no período noturno, observou-se que o ICH e IDH, para a cidade de Porto Velho, os valores são de estresse devido ao calor. Provavelmente essas condições são decorrentes do calor armazenado pelas construções e liberados na forma de calos sensível, além da falta de arborização nas ruas.

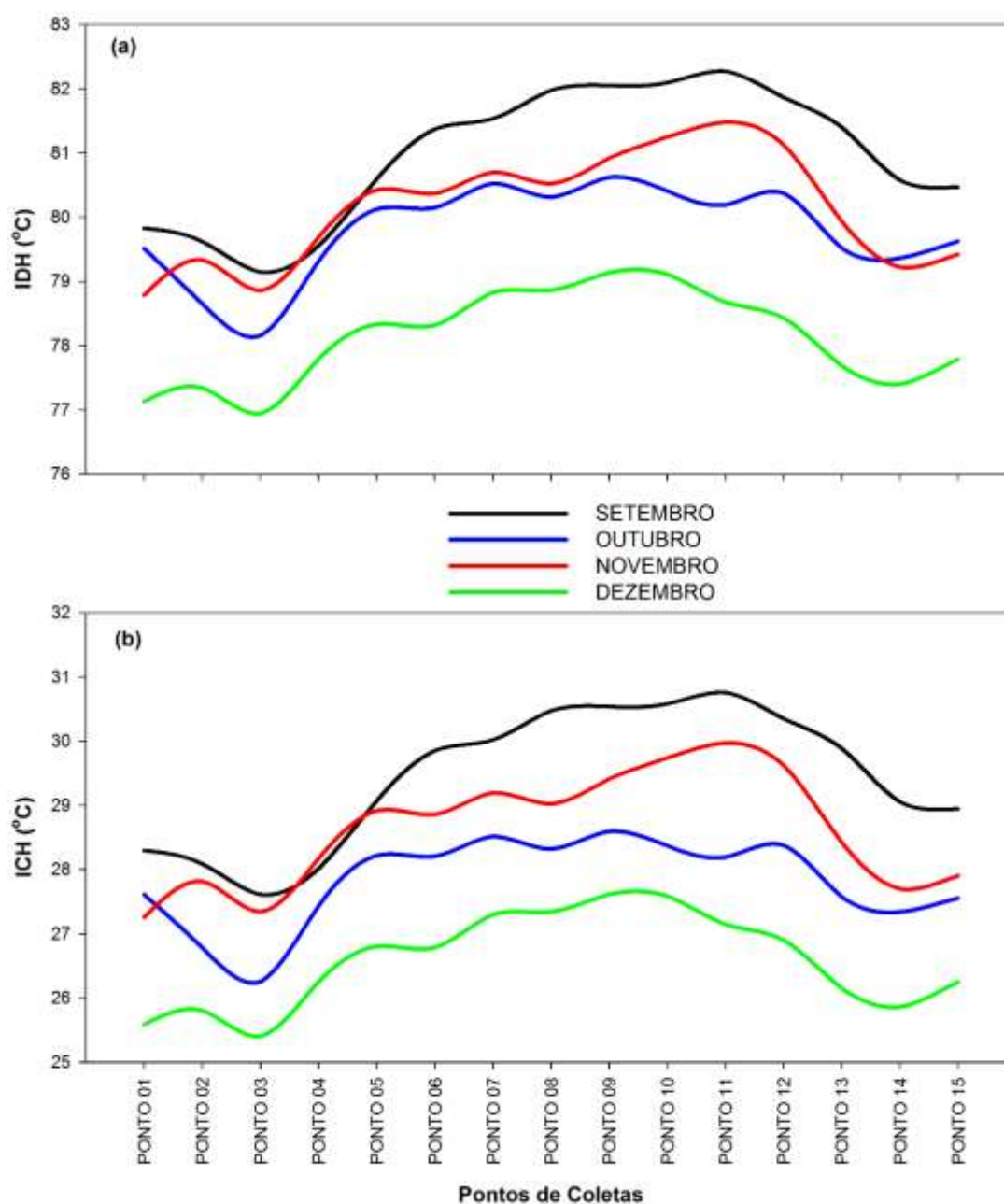


Figura 10 – Índice de conforto e desconforto térmico humano para os pontos de coleta no mês de setembro a dezembro de 2015, no município de Porto Velho – RO.

5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar a variação das estimativas de ICH e IDH entre os pontos de coleta foi feita uma análise de variância para testar as diferenças entre as médias no período de coleta. Observa-se que entre os pontos não há uma diferença entre os

valores estimados, porém verificamos que entre os horários matutino, vespertino e noturno há uma diferença significativa (Tabela 04).

No período da manhã as maiores médias (A) foram encontradas nos meses de setembro (29,18) e novembro (29,52), enquanto as menores médias (B) em outubro (25,84) e dezembro (25,78). À tarde, o mês de setembro teve maior média (A) (34,20), seguido de outubro (B) (32,80), novembro (C) (31,98) e a menor média dezembro (D) (30,27). Durante a noite, as maiores médias (A) ocorreram em setembro (24,93), outubro (24,85) e novembro (24,36) e a menor média (B) em dezembro (22,24). Quando comparamos todos os meses, notou-se que a tarde teve maior média (a), a manhã teve a segunda média (b) e as noites tiveram a menor média (c).

TABELA 04 - Análise de variância (ANOVA) para testar diferenças entre as médias de ICH entre os meses de setembro a dezembro de 2015 e entre os períodos matutino, vespertino e noturno.

	Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
Manhã	29,18	bA*	25,84	bB	29,52	bA	25,78	bB
Tarde	34,20	aA	32,80	aB	31,98	aC	30,27	aD
Noite	24,93	cA	24,85	cA	24,36	cA	22,24	cB

*Letras maiúsculas diferentes, nas linhas, indicam médias estatisticamente significativas pelo teste de Scott-Knott (5%). Letras minúsculas, nas colunas, indicam médias estatisticamente significativas pelo teste de Scott-Knott (5%)

6. CONCLUSÃO

Durante o período de setembro à dezembro de 2015 foi coletado informações sobre temperatura e umidade relativa do ar, para avaliação microclimática do município de Porto velho-RO

O período de coleta é considerado período seco (setembro), transição seco-chuvoso (outubro) e chuvoso (novembro e dezembro). A temperatura média do ar e a umidade relativa variou tanto espacialmente como sazonalmente ao longo do trajeto. Foi observado que conforme a configuração do espaço de cada ponto, a temperatura foi maior, em relação aos pontos mais próximos ao centro da cidade e menor em áreas mais arborizadas. A umidade relativa do ar também mostrou sofrer influência da vegetação, ou seja, nos pontos onde havia maior presença da vegetação a umidade também foi maior.

Devido a configuração urbana da cidade de Porto Velho os pontos mais próximos ao centro demonstraram valores de temperatura aproximadamente 3°C acima dos pontos próximo as áreas com vegetação. Apesar de ser, ainda, uma cidade horizontal, essa característica demonstra indícios de ilha de calor, uma vez que a diferença encontrada entre os pontos ainda permanece no período noturno.

Foram encontrados valores dos índices de conforto térmico e desconforto humano, em que os valores mostraram-se dentro da faixa de grau de conforto variando e estresse devido ao calor, respectivamente. Por fim, verificou-se que o período de chuvas diminui os valores dos índices, reduzindo a sensação de desconforto na região, uma vez que, as chuvas auxiliam no resfriamento da superfície terrestre.

7. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista a necessidade de ampliação dos estudos em clima urbano para a região Amazônica, sugere-se a continuidade desta linha de pesquisa para reforçar metodologias subsidiando propostas futuras.

Recomenda-se para futuros trabalhos em meios urbanos as seguintes questões:

- a- Comparar as consequências térmicas resultantes entre o cenário atual e o cenário futuro, correlacionando a influência da configuração urbana no comportamento do microclima local.
- b- Verificar a influência da brisa fluvial sobre a ilha de calor estabelecida no município de Porto Velho - RO.
- c- Calcular os índices de conforto térmico utilizando outras metodologias.
- d- Investigação ao longo de um ano para verificar o comportamento da Temperatura do ar e Umidade relativa do ar no município de Porto Velho – RO.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA JUNIOR, N. L. de. (Setembro de 2005). Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica. Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica, 94. Cuiabá, MT, Brasil.

ALVES, E. D. L. (2010) Ilha de Calor ou Ilha de Energia Térmica: um conceito aberto à discussão. **Revista Espaço Acadêmico**, n.110, p. 124-129.

ARAÚJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. (2008) Ensaio Metodológico Sobre a Utilização de Transectos Móveis no Período Diurno em Presidente Prudente-SP. **Revista Formação**, v. 1, n.17, p. 77-95.
COTA, D. A. A parceria público-privada na política urbana brasileira recente: reflexões a partir da análise das operações urbanas em Belo Horizonte. Belo Horizonte: IGC/UFMG, 2010. (Tese de Doutorado).

COTA, D. A. Legislação urbana e capital imobiliário na produção de moradias em Belo Horizonte: um estudo de caso. BH: IGC/UFMG, 2002.123p. (Dissertação Mestrado).

DAVIS, M., STEADEMAN, P., ORESZCZYN, T.. Strategies for the modification of the urban climate and the consequent impact on building energy use. **Energy Policy**, n. 36, 4548-4551, 2008.

«Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2015» (PDF). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 28 de agosto de 2015. Consultado em 29 de abril de 2015.

FREITAS, C. F. S. (2006) **O novo modelo de gestão urbana estratégica em Fortaleza: aumento das desigualdades sócio-ambientais**. Universitas. História (UNICEUB), v. 3, p. 01.

GRIMMOND, S. Urbanization and global environmental change: Local effects of urban warming. **The Royal Geographical Society**, London, 2007, p. 83-88.

LANDSBERG, H. E. The urban climate. New York, Academic Press, 276p.1981.

LIMA, D. C. R. **Monitoramento e desempenho da vegetação no conforto térmico em espaços livres urbanos: o caso das praças de Maringá/ PR**. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)- Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

LIN, T. P., MATZARAKIS, A., HWANG, R. L., YING-CHE HUANG, Y. C., 2010a. Effect of pavements albedo on long-term outdoor thermal comfort, **Building**

and Environment, 45, 213-221.

LIN, T. P., MATZARAKIS, A., HWANG, R. L., 2010b. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, 45, 213-221.

LYNCH, K. (2006) **A Imagem da Cidade**. 3a edição. São Paulo: Martins Fontes, 227p.

MCHARG, I. L. (1992) **Design with Nature**. Cambridge: John Wiley and Sons.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. (2007). Climatologia. *Noções básicas e Climas do Brasil*. São Paulo, SP, Brasil: Oficina de Textos.

MOURÃO, A. C. M., e MARQUES, D. (2011) **Geoprocessamento no apoio ao Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte: acessibilidades, impedâncias e potencialidades territoriais**. Anpur 2011. Rio de Janeiro.

OKE, T.R. (1996) Boundary layer climates, 2. ed., New York: Routledge.

OKE, T. R. (1982) The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.108, n. 455, p. 1-24.

OLIVEIRA, F. de. Acumulação monopolista, Estado e urbanização: a nova qualidade do conflito de classes. In: MOISÉS, J.A. et all (org.). *Contradições urbanas e movimentos sociais*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977. p.65-76.

OLIVEIRA, A. S. de. (Julho de 2011). Influência da vegetação arboréa no microclima e uso de praças públicas. *Influência da vegetação arboréa no microclima e uso de praças públicas*, 149. Cuiabá, MT, Brasil.

PEREIRA, G. C.; SILVA, B. C. N. (2001) **Geoprocessamento e Urbanismo**. In: Lucia Helena de Oliveira Gerardi; Iandara Alves Mendes. (Org.). **Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: temas de Geografia contemporânea**. 1 ed. Rio Claro: Programa de Pós- Graduação em Geografia - UNESP; AGETEO, v. , p. 97-137.

SANTOS, F. M. de M. Influência da ocupação do solo na variação termohigrométrica na cidade de Cuiabá-MT, 87. Cuiabá-MT, 2012.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. São Paulo, 2009.173 p. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP. São Paulo.

SILVA, J. G. da. (2011). Climatologia e Meteorologia: livro didático. 3, 183. Brasil: Palhoça: UnisulVirtual.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife-PE, 2006. Versão digital 2.

ANEXO

Rotina em R:

```
rm(list=ls(all=T))
dados=read.table(file.choose(""),h=T)
attach(dados)
modelo=lm(ICH~PONTO+PERIODO+MES)
summary(aov(modelo))
library(ExpDes.pt)
fat2.dic(PERIODO,MES,ICH,mcomp="sk")

> rm(list=ls(all=T))
> dados=read.table(file.choose(""),h=T)
> attach(dados)
> modelo=lm(ICH~PONTO+PERIODO+MES)
> summary(aov(modelo))
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
PONTO	1	59	59.5	18.63	1.9e-05	***
PERIODO	2	5652	2826.2	884.98	< 2e-16	***
MES	3	769	256.3	80.26	< 2e-16	***
Residuals	518	1654	3.2			

```
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> fat2.dic(PERIODO,MES,ICH,mcomp="sk")
```

Legenda:

FATOR 1: F1
FATOR 2: F2

Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
F1	2	5652.4	2826.22	1040.05	0.0000e+00
F2	3	769.0	256.33	94.33	0.0000e+00
F1*F2	6	319.7	53.29	19.61	1.1889e-20
Residuo	513	1394.0	2.72		
Total	524	8135.2			

CV = 5.85 %

Teste de normalidade dos residuos (Shapiro-wilk)

p-valor: 0.00038305

ATENCAO: a 5% de significancia, os residuos nao podem ser considerados normais!

Interacao significativa: desdobrando a interacao

Desdobrando F1 dentro de cada nivel de F2

Quadro da analise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr.Fc
F2	3	768.9763	256.32542	94.3283	0
F2:F1 DEZEMBRO	2	1206.0349	603.01744	221.9117	0
F2:F1 NOVEMBRO	2	1360.2722	680.13607	250.2915	0
F2:F1 OUTUBRO	2	1688.4693	844.23467	310.6802	0
F2:F1 SETEMBRO	2	1920.5264	960.26319	353.3789	0
Residuo	513	1394.0137	2.71738		
Total	524	8135.1639	15.52512		

F1 dentro do nivel DEZEMBRO de F2

Teste de Scott-Knott

Grupos	Tratamentos	Medias
1	a	3 30.27333
2	b	1 25.79111
3	c	2 22.24333

F1 dentro do nivel NOVEMBRO de F2

Teste de Scott-Knott

Grupos	Tratamentos	Medias
1	a	3 31.98000
2	b	1 29.52000
3	c	2 24.36222

F1 dentro do nivel OUTUBRO de F2

Teste de Scott-Knott

Grupos	Tratamentos	Medias
1	a	3 32.79556
2	b	1 25.83556
3	c	2 24.84889

F1 dentro do nível SETEMBRO de F2

 Teste de Scott-Knott

	Grupos	Tratamentos	Medias
1	a	3	34.20000
2	b	1	29.17556
3	c	2	24.97333

Desdobrando F2 dentro de cada nível de F1

 Quadro da análise de variancia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr.Fc
F1	2	5652.4311	2826.21553	1040.0533	0
F1:F2 MANHA	3	564.8673	188.28909	69.2908	0
F1:F2 NOITE	3	160.9379	53.64598	19.7418	0
F1:F2 TARDE	3	362.9140	120.97133	44.5177	0
Residuo	513	1394.0137	2.71738		
Total	524	8135.1639	15.52512		

F2 dentro do nível MANHA de F1

 Teste de Scott-Knott

	Grupos	Tratamentos	Medias
1	a	2	29.52000
2	a	4	29.17556
3	b	3	25.83556
4	b	1	25.79111

F2 dentro do nível NOITE de F1

 Teste de Scott-Knott

	Grupos	Tratamentos	Medias
1	a	4	24.97333
2	a	3	24.84889
3	a	2	24.36222
4	b	1	22.24333


```
F2 dentro do nivel TARDE de F1
-----
----
Teste de Scott-Knott
-----
----
  Grupos Tratamentos      Medias
1      a              4 34.20000
2      b              3 32.79556
3      c              2 31.98000
4      d              1 30.27333
-----
----
```