

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
BACHARELADO EM GEOGRAFIA**

**GEAN CARLOS NASCIMENTO**

**ÁREAS VERDES URBANAS E A TEMPERATURA DE  
SUPERFÍCIE NA PROMOÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM  
PORTO VELHO/RO.**

**PORTO VELHO – RO**

**2022**

GEAN CARLOS NASCIMENTO

**ÁREAS VERDES URBANAS E A TEMPERATURA DE  
SUPERFÍCIE NA PROMOÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM  
PORTO VELHO/RO.**

Trabalho de Conclusão do curso de Geografia,  
Departamento de Geografia, da Universidade  
Federal de Rondônia, apresentado como requisito  
para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo

PORTO VELHO - RO

2022

Catálogo da Publicação na Fonte  
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

---

N244a Nascimento, Gean Carlos.  
Áreas verdes urbanas e a temperatura de superfície na promoção do conforto térmico em Porto Velho/RO / Gean Carlos Nascimento. - Porto Velho, 2022.

68 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo.

Monografia (Graduação), Núcleo de Ciências Exatas e da Terra, Fundação Universidade Federal de Rondônia.

1. Clima urbano. 2. Sensoriamento remoto. 3. Sensação térmica. I. Gobo, João Paulo Assis. II. Título.

Biblioteca Central

CDU 911.2:551.58



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE GEOGRAFIA - PORTO VELHO

ATA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 08 dias do dezembro de 2022 , às 09h, no auditório do Departamento Acadêmico de Geografia - Porto Velho – DAG-PVH, Campus Universitário José Ribeiro Filho – Porto Velho/RO, ocorreu a defesa da monografia intitulada **ÁREAS VERDES URBANAS E A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE NA PROMOÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO EM PORTO VELHO/RO** , do discente Gean Carlos Nascimento, sob orientação do Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo.

Procedida a apresentação do Trabalho pelo discente e após a apuração das notas atribuídas pelos componentes da Banca de Avaliação, o discente foi considerado **APROVADO**, com nota 10 (dez) pontos, devendo o mesmo atender as observações da Banca e proceder as devidas alterações na versão final do trabalho monográfico, tendo o prazo de até 15 (quinze) dias, a partir desta data, para proceder a entrega de 02 (dois) exemplares da monografia impressos em capa dura e mais cópia gravada em CD. Para tanto, assinam a presente:

Membros da Banca

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo (UNIR)

Membro: Profa. Dra. Siane Cristina Guimarães Pedroso (UNIR)

Membro: Dra. Maria Cristina Celuppi (UNIR)

Suplente: Prof. Dr. Dorisvalder Dias Nunes (UNIR)



Documento assinado eletronicamente por **JOAO PAULO ASSIS GOBO, Docente**, em 08/12/2022, às 11:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **SIANE CRISTHINA PEDROSO GUIMARAES SILVA, Docente**, em 08/12/2022, às 11:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Cristina Celuppi, Usuário Externo**, em 08/12/2022, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Dedico este trabalho, primeiramente, à Deus, por não me deixar enfraquecer. Dedico também a minha mãe, Raimunda Pereira do Nascimento, vez que foi essencial em minha vida. Aos meus amigos, por terem me apoiado a todo momento e ao meu orientador, João Paulo Assis Globo, por ter sido paciente, e por todo conhecimento transmitido durante esta jornada acadêmica.

## APRESENTAÇÃO/TRAJETÓRIA DE PESQUISA

Inicia-se minha caminhada acadêmica no ano 2014 em uma IES particular. No entanto, com o passar do tempo, percebi que o curso escolhido não era o que gostaria de ter como profissão para minha vida. O tempo foi passando, e a certeza de que ali não era meu lugar foi se consolidando.

Então, surgiu a oportunidade de prestar o processo seletivo de transferência de curso para a Universidade Federal de Rondônia. No ano de 2017, comecei minha trajetória na Universidade, ainda sem ter noção do que seria o curso de Geografia, os semestres foram passando, fui me interessando por algumas disciplinas ao longo do semestre, até haver o primeiro campo, onde pude vivenciar todos os processos do meio físico por meio do olhar geográfico. Ali, então, se consolidou o interesse pela Geografia.

O interesse pela temática deste estudo surgiu mediante a uma exposição do Professor João Paulo, na semana da geografia, que estava apresentando sua pesquisa sobre Bioclimatologia, Conforto Térmico e Saúde. Num primeiro momento, achei interessante essa relação e busquei saber mais sobre o tema, encontrei alguns trabalhos que faziam essa discussão, como também sobre a perspectivas de sensação térmica em ambientes arborizada e como essa sensação afetava no dia a dia das pessoas. Mediante a isto, surgiu a ideia de trabalhar essa temática, porém, sem saber como poderia realizar esta pesquisa.

Foi no ano de 2019 que comecei a minha trajetória de pesquisa, quando eu tive o primeiro contato com o grupo de pesquisa, Bioclimatologia e Mudanças Climáticas na Amazônia (BIOCLAM). Primeiramente, participei como voluntário da primeira pesquisa intitulada “Sazonalidade da concentração do material particulado atmosférico (MP) na área urbana de Porto Velho (RO) ”.

Já num segundo momento, iniciei uma revisão sistemática denominada “A influência da vegetação no conforto térmico humano”, esta pesquisa me proporcionou a participação no congresso “o XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (XIV SBCG)”, que ocorreu de forma remota, no período de 10 a 14 de agosto de 2021.

Por fim, recentemente, tive o segundo trabalho aprovado em congresso intitulado “A contribuição da percentagem de área verde urbana para o conforto térmico: estudo de caso em Porto Velho/RO”, o qual foi apresentado no “XIX Congresso Brasileiro de Geografia Física Aplicada, no Rio de Janeiro-RJ.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à Universidade Federal de Rondônia, por todas as oportunidades e ferramentas oferecidas para conclusão deste ciclo. Também gostaria de agradecer ao Departamento de Geografia, e aos professores que dedicaram seu tempo para ensinar, orientar e, até mesmo, pelas palavras amigáveis durante toda a graduação.

Agradeço à toda minha família, em especial a minha mãe, Raimunda Pereira do Nascimento, por todo apoio e amor incondicional a todo momento. Ao meu avô, Francisco Lopes do Nascimento (*In memoriam*), que foi um dos grandes exemplos da minha vida e incentivador dos meus sonhos, sendo essencial para que eu conseguisse chegar até aqui.

Também agradeço aos professores: Graziela Tosini Tejas e Reginaldo Martins da Silva de Souza, pela mentoria, apoio e instrução durante toda pesquisa. Ao meu orientador João Paulo Assis Gobo, por todas as horas de dedicação nas minhas orientações e paciência, pois serviram como pilares de sustentação para a conclusão deste trabalho.

Por fim, agradeço a todas as pessoas e amigos que fizeram parte desta etapa da minha vida, principalmente ao grupo de pesquisa BIOCLAM, por me proporcionar uma vivência científica extraordinária. Agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização da minha pesquisa.

A todos, meu muito e sincero obrigado!!!



“Foi o começo da vida de geógrafo: ler e interpretar a paisagem, ter noção da sequência dos cenários de um determinado espaço, passou a ser uma constante em toda minha vida”. AZIZ NACIB AB'SABER

## RESUMO

Os constantes processos de substituição de áreas verdes por áreas impermeabilizadas e edificadas, tendem a alterar as temperaturas de superfície e produzir uma variedade de microclimas que definem um clima em escala local. Como consequência, pode-se observar a ocorrência do aumento da temperatura de superfície da área urbana e, em vista do exposto, o objetivo deste trabalho foi identificar a contribuição da porcentagem de áreas verdes urbanas, sobre a promoção de conforto térmico, através de índice bioclimático para verificar a sensação térmica na cidade de Porto Velho. Com base nisso, utilizou-se as imagens de sensoriamento remoto, dos satélites Landsat 8, do dia 29/07/2020 às 13:20hs, como ferramenta para evidenciar tal fenômeno, utilizando o geoprocessamento para realizar o processamentos das imagens, onde foi possível aliar camadas de informações, tais como: um mapeamento da Temperatura da Superfície (TS) e da sensação térmica através do Índice de Desconforto de Térmico de Kawamura (IDK), dos índices de vegetação através do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), e do Índice de Densidade de Áreas Construídas (NDBI). Como resultado em Porto Velho, a relação do aumento da urbanização e das relações com a TS e dos índices, foram bem representadas ao longo do tempo, sendo que a maioria da sua extensão foi classificada como “Desconfortável devido ao calor” e “Estresse devido ao calor”, com base nas classes de conforto do IDK, sendo a intensidade destas associadas a áreas de menor e maior porcentagem de áreas verdes. Contudo, para uma melhor avaliação da evolução, é recomendado uma ampliação da série histórica, para servir de subsídio à um melhor planejamento urbano.

**Palavras-chave:** Clima urbano; Sensoriamento Remoto; Sensação Térmica.

## ABSTRACT

The constant processes of replacement of green areas by waterproofed and built areas tend to alter surface temperatures and produce a variety of microclimates that define a climate on a local scale. As consequence, the occurrence of an increase in the surface temperature of the urban area can be observed and, in view of the above, the objective of this work was to identify the contribution of the percentage of urban green areas, on the promotion of thermal comfort, through index bioclimatic to verify the thermal sensation in the city of Porto Velho. Based on this, remote sensing images from the Landsat 8 satellites, from 07/29/2020 at 1:20 pm, were used as a tool to highlight this phenomenon, using geoprocessing to process the images, where it was possible combine layers of information, such as: a mapping of Surface Temperature (TS) and thermal sensation through the Kawamura Thermal Discomfort Index (IDK), vegetation indices through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and the Built-up Density Index (NDBI). As a result, in Porto Velho, the relationship between the increase in urbanization and the relationship with the TS and the indices, were well represented over time, with most of its extension being classified as “Uncomfortable due to the heat” and “Stress due to to heat”, based on the IDK comfort classes, the intensity of which is associated with areas with a smaller and larger percentage of green areas. However, for a better evaluation of the evolution, it is recommended an expansion of the historical series, to serve as a subsidy for better urban planning.

**KEYWORDS** (Urban climate; Remote sensing; Thermal sensation)

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – .....	21
Tabela 2 – .....	23
Tabela 3 – .....	27
Tabela 4 – .....	29
Tabela 5 – .....	29
Tabela 6 – .....	30
Tabela 7 – .....	30
Tabela 8 – .....	30
Tabela 9 – .....	31
Tabela 10 – .....	31
Tabela 11 – .....	31
Tabela 12 – .....	32

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – .....	15
Figura 2 – .....	19
Figura 3 – .....	32
Figura 4 – .....	33
Figura 5 – .....	34
Figura 6 – .....	35
Figura 7 – .....	36
Figura 8 – .....	37
Figura 9 – .....	39
Figura 10 – .....	40
Figura 11 – .....	41

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1 – .....</b>	<b>20</b>
<b>Equação 1.1 – .....</b>	<b>21</b>
<b>Equação 1.2 – .....</b>	<b>21</b>
<b>Equação 2 – .....</b>	<b>22</b>
<b>Equação 2.1 – .....</b>	<b>22</b>
<b>Equação 2.2 – .....</b>	<b>22</b>
<b>Equação 3 – .....</b>	<b>24</b>
<b>Equação 3.1 – .....</b>	<b>24</b>
<b>Equação 3.2 – .....</b>	<b>24</b>
<b>Equação 4 – .....</b>	<b>25</b>
<b>Equação 4.1 – .....</b>	<b>25</b>
<b>Equação 4.2 – .....</b>	<b>25</b>

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BIOCLAM	Grupo de Pesquisa em Bioclimatologia e Mudanças Climáticas na Amazônia
HU	Humidex
IDK	Índice de desconforto de Kawamura
IES	Instituição de Nível Superior
NDBI	Índice de Densidade de Áreas Construídas
NDVI	Índice de Vegetação com Diferença Normalizada
PET	Temperatura Fisiológica Equivalente
PICOS	Paciente, Intervenção, Comparação
PLANAFLORO	Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia
PMV	Voto Médio Estimado
SBCG	Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica
SET	Temperatura efetiva padrão
SR	Sensoriamento Remoto
TE	Temperatura Efetiva
TEP	Temperatura Equivalente Percebida
Trm	Temperatura radiante média
TS	Índice de sensação térmica
UCTI	Índice Termoclimático Universal
UR	Umidade relativa do ar
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos
Vr	velocidade relativa do ar
ZSEE	Zoneamento Socioeconômico e Ecológico

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.</b>	<b>JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS GERAL.....</b>	<b>21</b>
3.1.	OBJETIVO GERAL.....	21
<b>4.</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>21</b>
4.1.	VEGETAÇÃO.....	22
4.2.	CONFORTO TÉRMICO.....	23
4.3.	CLIMA URBANO.....	26
4.4.	TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE.....	28
4.5.	SENSORIAMENTO REMOTO.....	29
<b>5.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>31</b>
<b>6.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
6.1.	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	34
6.2.	SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO CLIMÁTICO URBANO.....	36
<b>7.</b>	<b>RESULTADO.....</b>	<b>47</b>
7.1.	REVISÃO SISTEMÁTICA.....	47
7.2.	SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO CLIMÁTICO URBANO.....	60
7.3.	ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS EXPLORATÓRIAS.....	67



<b>8.</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>9.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>72</b>
<b>10.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os constantes processos de substituição de vegetação por áreas impermeabilizadas e edificadas tendem a modificar as temperaturas locais e alterar os microclimas das cidades, influenciando negativamente para a qualidade ambiental das cidades, uma vez que a topografia, o revestimento do solo, cobertura arbórea justaposta ao meio físico construído, são umas das condicionantes que podem favorecer o aumento da temperatura nesses microclimas (FROTA; SCHIFFER, 2006). A soma desses fatores pode trazer inúmeras consequências como, por exemplo, o desconforto termo hidrotérmico e formação de ilhas de calor na malha urbana (LAMBERTS et al., 1997).

O clima nas cidades é espelho de um arranjo complexo da estrutura urbana, apresentando um grande desafio para os planejadores e formuladores de política que visam garantir um ambiente mais confortável e de qualidade (AHMED, 2003). Várias literaturas apontam que as temperaturas são maiores nas áreas urbanas centrais onde existe um maior adensamento populacional e uma grande impermeabilização do solo, as junções desses fatores contribuem para o desconforto térmico humano (BUENO, 1998; PEZZUTO, 2007).

Nesse sentido, estudos apontam que o aumento das superfícies impermeáveis, juntamente com o baixo índice de áreas verdes urbana, podem causar excesso no armazenamento de calor, redução no teor de umidade do substrato e, conseqüentemente a redução dos fluxos de calor latentes e dos processos de evapotranspiração. Essas variáveis podem potencializar a exposição do calor ao ar livre, logo favorecendo uma sensação de desconforto térmico para os seres humanos (ASAEDA et al., 1996; SALATA et al., 2015).

Deste modo, nota-se a importância dos estudos e do planejamento de arborização urbana inseridos e discutidos nos projetos urbanos e políticas públicas, podem ajudar no desenvolvimento de cidades mais sustentáveis, uma vez que as áreas

verdes podem proporcionar a formação de microclima urbanos distintos, assim como trazer uma experiência de conforto térmico e qualidade de vida aos cidadãos (THOM et al., 2016).

Por outro lado, a inclusão das árvores na cidade também é uma forma de reaproximar o ser humano da natureza aliando praticidade à poesia, retomando a ligação existente desde seus ancestrais. Assim, as árvores trazem benefícios psicológicos à população da cidade, preenchendo em parte uma lacuna advinda da necessidade de seus habitantes de um contato com a natureza (FARAH; CALIL 1997 pg. 104).

Entretanto, há uma necessidade de uma extensa e completa avaliação quanto, como elaborar estratégia de mitigação ao tipo de vegetação escolhida, uma vez que estudos recentes afirmam que nem todos os tipos de vegetação são igualmente eficazes na promoção do conforto térmico, podendo variar muito entre tipologias, apresentando diferentes cenários para os microclimas urbanos (RICHARDS et al., 2020; WINSTON et al., 2016; YU et al., 2018).

Assim, ao longo dos anos, é cada vez mais frequente a busca por informações para subsidiar tomadas de decisão por parte dos municípios, tanto para melhorar a condição dos ambientes que já existem, quanto para a realização de expansões nas cidades. Desta forma, partindo-se do que foi anteriormente exposto, a presente pesquisa tem como objetivo identificar a contribuição da percentagem de área verde urbana sobre a relação de conforto térmico, através de um índice bioclimático, do mapeamento da Temperatura da Superfície e da sensação térmica para a cidade de Porto Velho/RO.

## 2. JUSTIFICATIVA E PROBLEMÁTICA

Segundo Mendonça (1994) e Danni-Oliveira (1999) as características climáticas de uma cidade são influenciadas pelos equipamentos que ela possui, sendo sentida no comportamento espacial da temperatura. Dessa forma, nas áreas onde se concentram edifícios, trânsito de veículos, indústrias e pessoas, as temperaturas do ar tendem a ser mais elevadas do que nas áreas verdes e de baixa densidade de edificações e pessoas.

Em base dos estudos (LABAKI et al., 2011), afirma que a vegetação absorve 90% da radiação visível e 60% da radiação infravermelha, sendo o restante transmitido entre as folhas ou refletido, também no mesmo estudo informa que devem considerar que o conforto térmico no ambiente urbano tem grande relação com a presença de áreas verdes, sendo ela um dos elementos utilizados para bloquear a incidência da radiação solar e contribuir assim para o equilíbrio do balanço de energia nas cidades.

Assim, quando a cobertura vegetal está inserida no contexto urbano a radiação solar recebida é usada para evaporação, o esfriamento pela transpiração, a sombra das árvores pode auxiliar a refrescar o local, evitando o aquecimento, estes efeitos podem reduzir a temperatura do ar em até 5°C (AKBARI et al, 1991).

Landsberg (2006), explica, que as alterações climáticas provocadas pela urbanização, devem-se a três fatores: a primeira é a alteração na superfície, pois uma floresta densa terá sido substituída por uma conjunto de superfície impermeável, já a segunda causa é a produção de calor pela própria cidade, proveniente do metabolismo da massa de seres humanos e animais em consonância com aumento de veículos motorizados; e a terceira maior influência da cidade sobre o clima são as áreas densamente povoadas que promovem a alteração da composição da atmosfera.

No estudo feito por Vandame et. al. (2019), enfatizam que como resultado das mudanças na cobertura do solo, expansão urbana e adensamento, as mudanças no clima

térmico da cidade são inevitáveis. A urbanização é (em geral) responsável por temperaturas superficiais mais elevadas, devido ao maior grau de impermeabilidade das superfícies, aumentando o calor antropogênico e as áreas construídas.

Conforme recentes pesquisas na cidade de Porto Velho/RO, observou-se através de imagem de satélite, a classe temática dos baixos índices de vegetação, teve mais intensidade no setor central, leste e sul, e houve uma diminuição na vegetação de baixa densidade entorno do perímetro urbano.

Com isso, se apoiando nos estudos de Tejas (2012), realizou uma análise temporal entre 1985 e 2011, para os índices de vegetação urbana, ao qual identificou que houve um crescimento em até 11% da classe temática de vegetação inexistente, e 16% para a baixa densidade de vegetação sendo mais expressivo nos setores: norte, centro e sul do perímetro urbano. No entorno encontrou-se a categoria de média densidade de vegetação com pequenas manifestações de floresta ombrófila aberta principalmente nos bairros Triângulo, Área Militar (5<sup>o</sup>BEC) e Jardim Santana.

Por outro lado, a inclusão das árvores na cidade também é uma forma de reaproximar o ser humano da natureza aliando praticidade à poesia, retomando a ligação existente desde seus ancestrais. Assim, as árvores trazem benefícios psicológicos à população da cidade, preenchendo em parte uma lacuna advinda da necessidade de seus habitantes de um contato com a natureza (FARAH; CALIL 1997 pg. 104).

Por fim, os dados gerados nesse tipo de estudo favorecem diretamente as atividades que visam o desenvolvimento sustentável da cidade. Nesse sentido, a identificação desses ambientes pode proporcionar intervenções nessas áreas que precisem de maior atenção quanto ao controle do microclima urbano das cidades.

### 3. OBJETIVOS GERAL

Identificar a contribuição da percentagem de área verde urbana e da Temperatura da Superfície para a promoção do conforto térmico e da sensação térmica para a cidade de Porto Velho/RO.

#### 3.1. Objetivo geral

- ✓ Discutir o papel da vegetação disponível na cidade de Porto Velho em relação ao conforto térmico.
- ✓ Identificar áreas com maior e menor concentração de vegetação e seus impactos entre os valores de temperaturas e superfície.
- ✓ Realizar análise estatísticas descritivas, exploratórias dos valores extraídos dos pixels dos dados estimado de Temperatura e Superfície.

#### HIPÓTESE

Visar confirmar que a presença de vegetação implica em menores valores de temperatura de superfície, que por sua vez promove melhores condições de conforto térmico.

## 4. REVISÃO DA LITERATURA

O referencial teórico está subdividido em cinco tópicos importantes. O primeiro abordará sobre a vegetação incluída no contexto urbano, ressaltando a importância da vegetação na atenuação de temperaturas elevadas e outras especificidades. O segundo assunto abeira-se sobre conforto térmico. O terceiro tópico visa relatar sobre o clima urbano, onde descreve suas principais características e influência dos arranjos das cidades. O quarto, refere-se a temperatura de superfície desde seus principais potencializadores. Já o último é referente as técnicas de Sensoriamento Remoto a sua importância na obtenção de informações dos alvos da superfície terrestre, bem como a sua aplicação nos estudos de clima urbano para detectar as características térmicas.

### 4.1. Vegetação

A vegetação incluída no contexto urbano é uma alternativa que pode contribuir para a paisagem urbana de várias maneiras, interagindo com os indivíduos por razões físicas e climáticas. As características da vegetação diminuem o impacto da radiação solar na superfície, amortecem o ruído, diminuem a poluição do ar e diminuem o consumo de energia em regiões quentes. Se bem planejada, a arborização também pode agregar valor às áreas urbanas e construir edifícios nas imediações (CARDOSO; JORGE FILHO, 2018).

A vegetação em geral, devido à sua baixa capacidade calorífica e condutividade térmica bloqueia parcialmente a radiação solar, absorvendo parte dessa radiação pelas folhas e refletindo muito pouco do resto; a taxa de evaporação aumenta; e permitir a permeabilidade do vento, porém reduzindo sua velocidade, permite alterar as variáveis climáticas tornando o microclima ameno (LIMA; NUNES; SOARES, 2009).

O sombreamento ameniza a radiação solar incidente e o aquecimento das superfícies, reduzindo assim, a temperatura superficial e, através da evapotranspiração, ocorre o resfriamento das folhas e do ar adjacente, devido à retirada de calor latente (LABAKI et al., 2011; PINHEIRO et al., 2018).

Com base no exposto, a discussão sobre os índices de áreas verdes apresenta-se como uma importante ferramenta para o controle das temperaturas nas cidades e que embora o estudo deste tema não seja recente, percebe-se ainda pouca aplicabilidade dessas ações nas áreas urbanas, deixando lacunas a serem preenchidas.

Nos aglomerados urbanos, há uma série de variáveis que precisam ser consideradas nas tomadas de decisões, entre essas variáveis, é importante pensar nos aspectos futuros da arborização (FONSECA et al., 2014). A disposição de vegetação, em meio urbano, apresenta diversas variações conforme o planejamento e sua eficiência depende diretamente do seu arranjo.

Além que com a expansão das cidades, há uma diminuição significativa das áreas verdes e de suas superfícies líquidas, que são substituídas pelo asfalto e pelo concreto, resultando em áreas impermeabilizadas e favorecendo a ocorrência de ilhas de calor (MONTEIRO, 2003).

#### 4.2. Conforto térmico

Partindo-se do conceito de heterogeneidade da paisagem urbana, espera-se que diferentes paisagens apresentem distintos comportamentos térmicos, visto que, cada espaço da cidade possui particularidades quanto aos tipos e intensidades de cobertura e uso da terra, o que reflete nas condições ambientais e na relação de balanço e troca de energia entre a superfície e a atmosfera.



Lamberts (2016) conceitua conforto térmico como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável. Considera-se também que o conforto térmico principalmente no meio externo é fruto das condições ambientais, sofrendo grande influência das atividades exercidas pelo homem, as quais possuem grande influência na formação de ilhas de calor.

O conforto térmico em um determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado da combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média ( $t_{rm}$ ), umidade relativa (UR), temperatura do ambiente ( $t$ ) e velocidade relativa do ar ( $v_r$ ) com a atividade lá desenvolvida e com a vestimenta usada pelas pessoas.

Fanger, (1970) define conforto térmico como sendo uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. A evidência dos impactos ambientais causados pela urbanização foi identificada por diversos autores em cidades brasileiras como João Pessoa (SILVA et al., 2012), Fortaleza (PAIVA; ZANELLA, 2013), Campina Grande (BRITO, 2007) e Campinas (ABREUHARBICH et al., 2014).

O conforto térmico em ambientes externos é definido por Lamberts e Xavier (2013) como sendo a neutralidade térmica percebida pelas pessoas em determinado local, sendo assim, não há necessidade de acréscimo ou decréscimo de calor. Para Frota e Schiffer (2003) a sensação de bem-estar ou conforto térmico, se dá quando não há esforço nas trocas de calor entre o ser humano e o ambiente, fazendo com que a capacidade de trabalho deste seja máxima.

Todavia Leal et al. (2017) declaram que se as condições térmicas do ambiente forem adversas às supracitadas, o organismo precisa de em esforço adicional, conseqüentemente haverá uma sobrecarga no indivíduo fazendo com que este apresente menores rendimentos e até problemas de saúde.

O desequilíbrio ambiental causado pelas diversas formas de uso e ocupação do solo, pela geometria das construções e pela constituição dos materiais presentes nessas construções são responsáveis pelo aumento do calor em centros urbanos (BOURBIA; BOUCHERIBA, 2010; STEWART; OKE, 2012; ANDREOU; AXARLI, 2012). Para Martini et al. (2013) esta condição afeta a qualidade de vida da população residente nestes locais, assim como pode repercutir em sua saúde e na redução do bem-estar proporcionado pelo desconforto térmico (ÉGERHÁZI et al., 2013).

Segundo Soares (2014) o ser humano é um ser homotérmico, que busca manter sua temperatura corporal constante em 37°C e possui mecanismos biológicos para realizar a regulação de sua temperatura. Já Gartland (2010) afirma que a troca de calor entre o organismo e o ambiente é dada através da pele, do suor e da respiração, no entanto, quando as temperaturas estão mais elevadas, o corpo padece para realizar tal ação, causando o chamado estresse térmico.

Para Rojas Cortorreal et al. (2016) definem o estresse térmico como sendo o estado em que o corpo cria altas demandas de seus próprios mecanismos de estabilidade térmica, também conhecido como desconforto térmico. Gartland (2010) aponta que os resultados do estresse térmico prolongado variam de leve a grave, e que estes podem compreender desde câibras e exaustão pelo calor até mesmo a morte. A autora relata ainda que as consequências das ICU vão muito além do desconforto térmico, e que estas podem comprometer a saúde humana.

Do ponto de vista da saúde, o ambiente térmico em áreas urbanas, apresenta forte relação entre a termorregulação e a regulação circulatória, que levam à sobrecarga do organismo, ao comprometimento da saúde, até mesmo à morte (RIBEIRO; PESQUERO; COELHO, 2016). Entretanto, França et al. (2015) sustentam que nem sempre é possível manter um ambiente com condições ideais. Santos et al. (2012) ressaltam que em países tropicais, como é o caso do Brasil, a discussão do bem-estar dos indivíduos em relação ao conforto térmico é extremamente importante, principalmente em cidades altamente urbanizadas.

Para Andrade et al. (2016) manter ou melhorar as condições térmicas das cidades pressupõe um conhecimento do clima local e das condições de conforto térmico a que sua população está submetida. Mas enquanto estudos são realizados, existem ações que podem minimizar a sensação térmica quente, através de atitudes ecológicas e sustentáveis.

#### 4.3. Clima urbano

Os primeiros estudos de clima urbano foram realizados na cidade de Londres no século XIX, com a documentação de base meteorológica de Luke Howard sobre um excesso de calor na cidade em comparação com o campo.

Segundo Mendonça (2012), o clima das cidades começou a despertar interesse científico a partir de meados do século XIX, quando as cidades industrializadas, especialmente a Inglaterra e França, apresentaram ambientes fortemente degradados. O crescimento das cidades, conjuntamente ao das populações urbanas, introduziu novos elementos físicos e químicos na atmosfera, alterando as condições naturais precedentes e originando o clima urbano. Os problemas relacionados à atmosfera urbana tornam-se evidentes por meio da precariedade na qualidade do ar, das ilhas de calor e de ilhas de frio, das chuvas ácidas etc.

Tanto na Europa quanto no Brasil, o processo de urbanização resultou em inúmeros problemas, embora temporal e espacialmente muito distintos. Tendo se desenvolvido de forma tardia e destituída de planejamento, a urbanização brasileira tem seu maior incremento entre os anos de 1950 e 1980, momento no qual o intenso êxodo rural associado a um alto crescimento vegetativo da população urbana resultou em grandes e caóticos centros urbanos no país. Neste contexto surge a proposta do Sistema Clima Urbano desenvolvido por Monteiro (1976).

Monteiro (1976) considera o clima urbano como o clima que abrange um determinado espaço terrestre e sua urbanização, e o espaço urbanizado constitui o núcleo do sistema, também que a cidade é cada vez mais a morada do homem, e sendo também o lugar com a maior efetiva interação entre o homem e a natureza (MONTEIRO, 2003),

Os elementos e formas da arquitetura citadina — com seu sistema viário de circulação interna e relacionamento regional, aterros, represas e reservas de água, alterações drásticas na vegetação local e retirada dos acidentes topográficos indesejados — conduzem a dinâmica da população da cidade e região, circulando e desempenhando suas diferentes funções e atividades, o que "faz com que as cidades sejam os lugares onde as resultantes ambientais configuram-se como obra conjunta de uma natureza retrabalhada e aperfeiçoada aos propósitos do viver humano" (MONTEIRO, 2003, p.10).

Segundo Ximenes et al. (2020), as cidades vêm passando por transformações em seus padrões de urbanização e, já na última década, o desenvolvimento sustentável tornou-se um dos seus maiores desafios e são poucas as cidades no mundo que possuem um plano climático.

Nos últimos séculos, a atividade antrópica associada ao desenvolvimento tecnológico e urbanístico tem distanciado a sociedade e a natureza devido as características dos materiais empregados nas cidades. Com a intensificação dos efeitos climáticos, impulsionado pelo crescimento acelerado das cidades, é perceptível zonas com maior concentração de calor que provocam a sensação de desconforto e redução da qualidade de vida.

Como forma de atenuação, é fundamental um planejamento urbanístico com o objetivo de reduzir essas zonas intensivas de calor. A readequação dos materiais ou processo de arborização das áreas específicas são as alternativas mais recorridas de aplicação.

O clima urbano é produzido pela ação do homem sobre a natureza e se relaciona à produção de condições diferenciadas de conforto e desconforto térmico (LOMBARDO, 1985). O clima urbano, caracterizado pelas interações de macro e microescalas, também passam por transformações. Estas transformações estão diretamente relacionadas ao crescimento das áreas urbanizadas provocando a degradação do meio natural (PINTO et al., 2016).

Estudos recentes mostram diferentes modos de agir e mitigar os efeitos do clima. O trabalho de Chang; Li e Chang (2007) apontam os principais meios de intervenção:

- ✓ Modificação da geometria urbana;
- ✓ Uso de superfícies de diferentes albedos;
- ✓ Políticas e medidas para aumentar a eficiência no uso de energia;
- ✓ Gerenciamento do trânsito de veículos e sistema de transporte;
- ✓ Uso de superfícies permeáveis;
- ✓ Uso de superfície com vegetação

#### 4.4. Temperatura de superfície

A temperatura de superfície (TS) é definida como a temperatura sentida quando há uma troca de radiação de ondas longas e fluxos de calor turbulentos na interface superfície-atmosfera. A TS está sendo cada vez mais utilizada para avaliar as mudanças nas zonas urbanas. Imagens de satélite são usadas como fontes de informação para tendências e variabilidade da temperatura da superfície. Muito embora, a investigação da ilha de calor de superfície tenha iniciado na década de 1970 com RAO (1972), Matson et al. (1978) e Price (1979), o campo está constantemente em desenvolvimento tecnológico, mas os avanços do debate epistemológico e teórico não acompanham o debate.

Neste sentido, apresenta-se a Temperatura Superficial Terrestre (TST), que está relacionada a detecção remota da radiação emitida pela superfície, assim sendo, uma temperatura aparente, ponderada em cada pixel da imagem (Borges; Zaidan, 2011). Segundo Fialho e Azevedo (2009). Vários são os estudos que se utilizam de processamento de imagens na faixa do infravermelho termal para estimar a temperatura de superfície terrestre e assim, compreender a relação das diferentes paisagens e coberturas urbanas com a radiação. Segundo Weng (2009), a maioria destes estudos efetua uma avaliação de ilhas de calor urbano, bem como a relação entre índices de vegetação e temperatura de superfície terrestre.

Segundo Ortiz e Amorim (2011) a partir da elaboração de mapas de temperatura de superfície é possível verificar quais são os locais da cidade que merecem atenção por parte dos gestores públicos. É importante destacar que tanto os dados como softwares de processamento apresentaram grandes avanços nos últimos anos o que facilitou ainda mais a utilização do sensoriamento remoto em diversas áreas e diferentes análises.

Contudo, apesar das limitações técnicas, decorrente ao tempo de passagem dos satélites, a resolução temporal e espacial das imagens, optou-se em avançar nos estudos, já tem sido investigada por inúmeros estudos realizados pelo Laboratório de Biogeografia e Climatologia (FIALHO, 2015; FIALHO et al., 2015; QUINA, 2015; FIALHO, 2016; FERNANDES, 2015; FERNANDES et al., 2017 e FIALHO; QUINA, 2016 e 2017).

Não obstante, o autor aponta Rao (1972) como o primeiro autor a identificar a possibilidade de utilização do Sensoriamento Remoto para o estudo do padrão de distribuição de temperaturas superficiais em ambiente urbano. O uso do Sensoriamento Remoto para o estudo do clima urbano possibilita o levantamento sistemático e contínuo de dados, uma importante vantagem frente ao pequeno detalhamento espacial das estações meteorológicas.

#### 4.5. Sensoriamento remoto

A técnica do Sensoriamento Remoto é uma ferramenta que possibilita obter informações dos alvos da superfície terrestre a partir do registro da interação entre a energia eletromagnética e estes alvos, sem o contato direto, bem como tem a capacidade de recobrir grandes áreas (CASTRO, 2009). Assim, a aplicação do Sensoriamento Remoto nos estudos de clima urbano serve para detectar as características térmicas das superfícies urbanas que pode ser identificado por meio das análises de dados na faixa do infravermelho termal adquiridos por um satélite (COSTA, SILVA e PERES, 2010). Os estudos de Voogt e Oke (1997) permitem avaliar uma temperatura de superfície completa em diferentes áreas ou usos da terra na cidade com o uso do satélite.

Ao longo do processo de desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto, impulsionado pela corrida espacial do século passado, surgiram inúmeros sensores orbitais com objetivo de gerar informações sobre a superfície terrestre. No início da década de 1990, os Estados Unidos surgiram com o programa espacial inovador EOS (Earth Observing System) com objetivos que foram além do mapeamento terrestre, como também a quantificação de parâmetros geofísicos e biofísicos para estudos de modelagem numérica (SHIMABUKURO e PONZONI, 2017).

Atualmente, o manuseio de geotecnologia associado ao processamento de imagens de satélites tem possibilitado uma precisa análise espacial da distribuição térmica de áreas de estudo através de dados infravermelho termal. Vários estudos têm sido realizados nesta perspectiva, usando, ora imagem MODIS (ESPINOZA e MARTÍN-VIDE, 2014; GAMARRA et al., 2014; PIRES, 2015; CORRÊA et al., 2016) ora dados da série Landsat (PINTO et al., 2016; ALVES et al., 2017).

Para Florenzano (2002), sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície, a obtenção dos dados da superfície

terrestre é feita à distância, ou seja, não há contato físico entre o sensor e o alvo a ser caracterizado.

O Sensoriamento Remoto (SR) pode ser definido como a ciência pela qual se obtêm informações (dados) sem a necessidade do contato direto com os objetos. Para Moreira (2001) o Sensoriamento Remoto é um conjunto de atividades utilizadas para obter informações a respeito dos recursos naturais, renováveis e não renováveis do planeta Terra, através de dispositivos (sensores) acoplados em aviões, satélites ou até mesmo na superfície.

A aplicação de técnicas como o SR em estudos de clima urbano vem colaborando com notoriedade em estudos voltados a ilha de calor e anomalias térmicas. Souza et al. (2016) reforça que a utilização do sensoriamento remoto tem gerado resultados satisfatórios, consistentes e importantes para o monitoramento e gerenciamento de recursos naturais, sobretudo quando aplicada em áreas urbanas.

Dessa forma, as informações sobre a temperatura superficial podem ser obtidas por sensoriamento remoto, tendo em vista que o calor interno de um objeto é convertido em energia radiante e para a maioria dos objetos existe uma alta correlação positiva entre a temperatura cinética verdadeira do objeto e o fluxo radiante proveniente dos objetos (Jensen, 2009, p.255). Esse fluxo radiante emitido em comprimentos de onda longos (3 – 14  $\mu\text{m}$ ) pode ser registrado usando detectores de infravermelho acoplados a plataformas orbitais ou aerotransportadas.

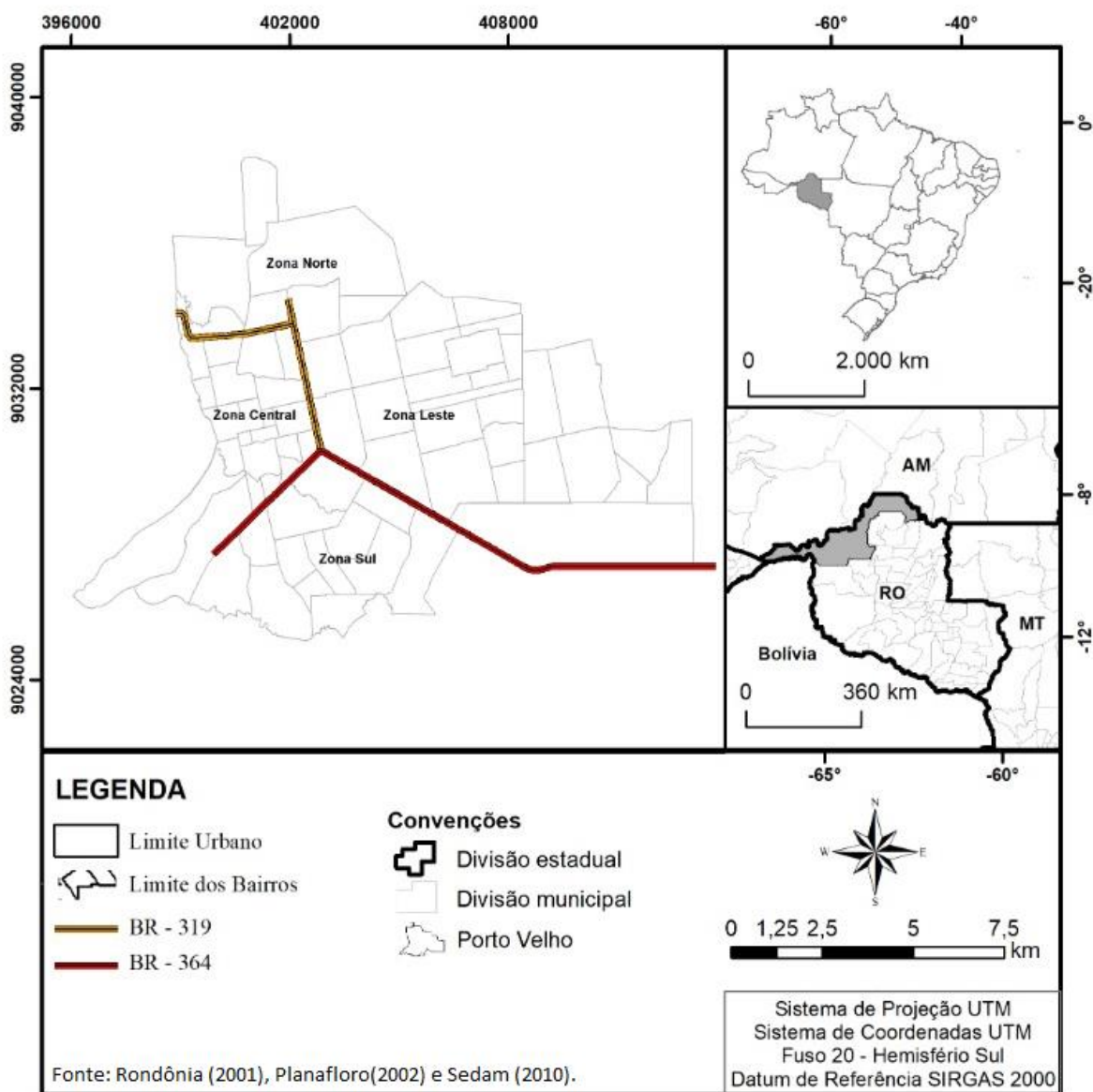
## **5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.**

A cidade de Porto Velho, capital do estado de Rondônia, está localizado na Amazônia Ocidental e possui uma área urbana de 117,34 Km<sup>2</sup>, conforme demonstrou o estudo de Tejas et al. (2017), está subdividida em quatro zonas: a zona Central, que é o



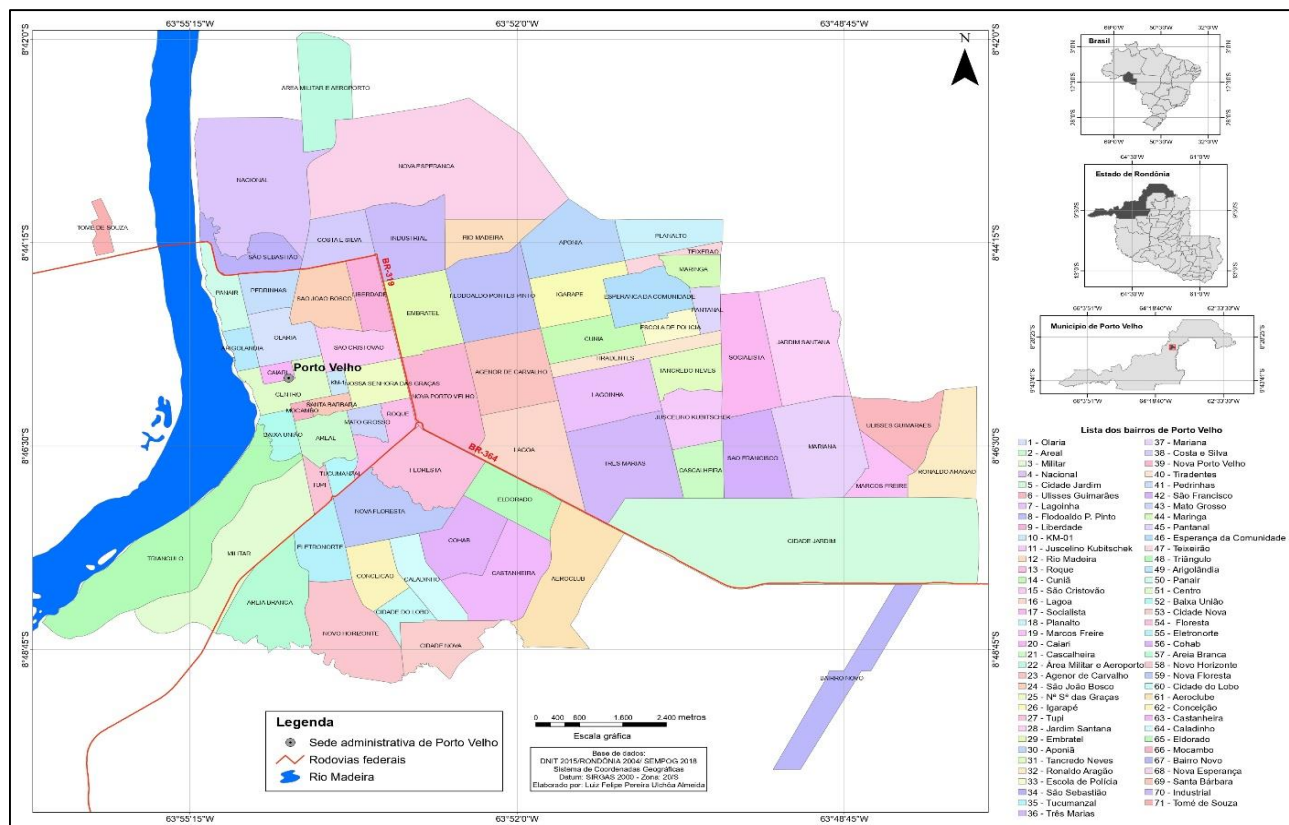
núcleo de ocupação inicial que parte das margens do rio Madeira e segue até a BR-364; a zona Norte, zona Leste, que se limita com a zona Central, a Oeste, e ao Sul com a BR-364, Figura (1), e, a zona Sul, que se trata da porção separada da zona central pela BR-364, (TEJAS, 2012). Conforme poderá ser observado na figura a seguir, a qual foi elaborada pelo autor:

Figura 1: Mapa da localização de Porto Velho – RO.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1.1: Mapa da localização dos bairros da cidade de Porto velho – RO.



Fonte: Almeida, Luiz Felipe Pereira Uchôa (2022)

Porto Velho, RO, apresenta características climáticas diferenciadas, por estar situada em uma região que exibe dois períodos climáticos distintos e bem definidos. O período chuvoso de outubro a abril e o período seco de junho, julho e agosto, sendo que os meses de maio e setembro são períodos de transição (TEJAS, 2012). A estação chuvosa é denominada de inverno amazônico e a estação seca de verão amazônico, recorrente ao costume local e por relacionarem aos períodos secos e chuvosos à sensação térmica (SANTOS NETO, 2010).

Segundo Perigolo (2014), a vegetação da cidade está inserida no bioma Amazônia e estão presentes no município de Porto Velho as seguintes vegetações: Floresta ombrófila aberta submontana, Floresta Ombrófila aberta das terras baixas e contato savana/Floresta Ombrófila. Sendo a Floresta Ombrófila aberta predominante na

área urbana, que se caracteriza pelo dossel, troncos apresentam-se mais espaçados, podendo atingir cerca de 30 m de altura.

## 6. METODOLOGIA

A metodologia está subdividida em dois momentos. No primeiro momento foi realizado a revisão sistemática da literatura, com o intuito de realizar o levantamento bibliográficos dos principais autores que realizam a discussão com a temática deste artigo, no segundo momento foi realizado coletas das informações para elaboração dos materiais cartográficos, sendo os mapas de (TS), (IDK), (NDVI) e (NDBI) e realizada a coleta e tratamentos dos dados, para elaboração da estatística descritiva, e exploratória, para a elaboração dos gráficos boxplot.

### 6.1. Revisão sistemática da literatura

Partindo do princípio de ampliar a discussão sobre a temática, se fez necessário realizar a revisão sistemática, para avaliar os trabalhos que pudessem nortear este estudo, assim foi realizado a revisão para obtenção de dados que pudessem auxiliar a responder à questão central da pesquisa: (“A presença de vegetação pode impactar no conforto térmico da população de Porto Velho – RO?”). Para atingir este objetivo, é importante destacar o fato que foram realizados os seguintes procedimentos: para responder à pergunta norteadora da pesquisa, utilizou-se do diagrama PICOS, o qual possui característica para auxiliar na identificação dos parâmetros da pergunta, sendo assim foram utilizadas as seguintes plataformas de busca para a pesquisa:

“SCIELO”(https://www.scielo.br);

“SCIENCE DIRECT” (<https://www.sciencedirect.com>).

Ambas as plataformas selecionadas reúnem um acervo com os principais periódicos que publicam referente ao tema da presente revisão sistemática. Após a definição da pergunta norteadora, foram definidas as palavras-chave usualmente empregadas e procurou-se dentro do banco de dados das plataformas, as seguintes palavras-chaves “vegetation index” or “green spaces” and “urban vegetation” and “thermal comfort” para a busca de publicações que pudessem responder à pergunta central deste estudo. Os termos conectores “and” e “or” de operação booleana, são combinação estratégica restritiva e aditiva do diagrama PICOS.

É importante destacar que se adotou como critério para seleção e exclusão dos trabalhos para a próxima fase do processo, optou-se pelos seguintes fatores: pesquisas publicadas em periódico avaliados em pares; estudos originais publicados em inglês ou português; não utilizou determinação de lapso temporal nos buscadores/banco de dados das plataformas escolhidas.

A busca foi realizada no dia 10 de agosto de 2020 e por meio das palavras-chave pré-definidas, foram encontrados 453 artigos na base de buscas da plataforma “SCIELO”, dos quais selecionou-se em primeiro momento 80 trabalhos com base em seus títulos. Selecionou-se então 50 destes, para leitura dos resumos completos e após isso, foram selecionados 22 artigos para realizar a leitura completa.

Da mesma maneira, utilizou-se da plataforma “SCIENCE DIRECT”, onde foram encontrados 133 trabalhos, e utilizando-se do mesmo protocolo supracitado, foram selecionados por título 70 artigos. Destes, foram selecionados 24 pelo resumo completo e em seguida, selecionou-se 16 artigos para leitura completa.

Assim, dentre os trabalhos selecionados nas duas plataformas, 38 artigos foram selecionados, e a partir destes fez-se a leitura de todos os títulos com a finalidade de selecionar trabalhos para a próxima fase, com potencial de resposta para a pergunta da revisão que norteia o desenvolvimento desta revisão. Os dados destes foram tabulados

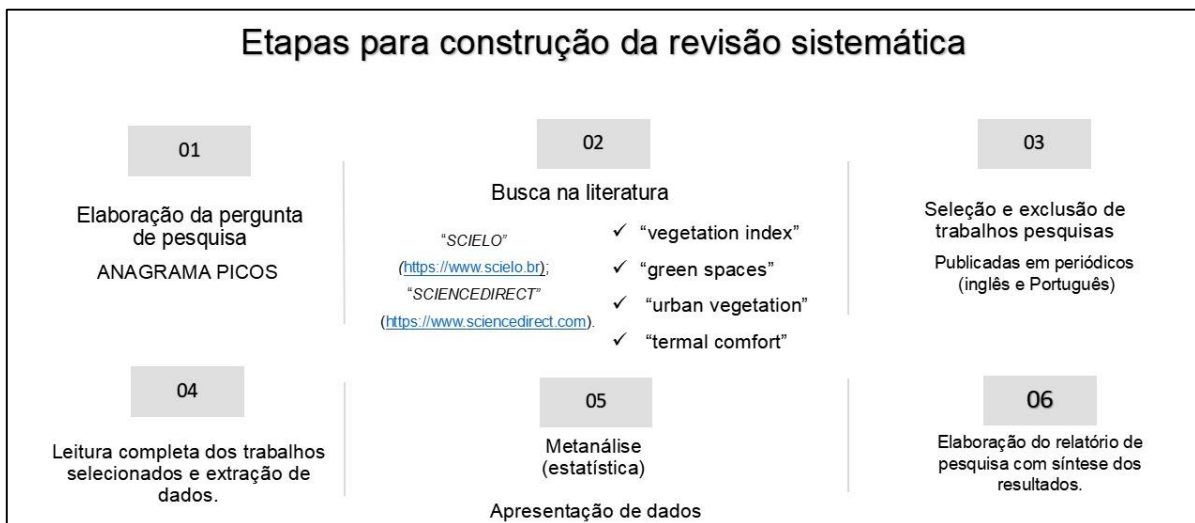
em planilha Microsoft Excel® para a análise e por fim, apresenta-se a síntese dos dados, seguida de uma discussão e análise crítica destes trabalhos.

Foram encontrados 453 artigos na base de buscas da plataforma “SCIELO”, dos quais selecionou-se em primeiro momento 80 trabalhos com base em seus títulos. Sendo selecionado 50 artigos para leitura completos dos resumos. Após isso, foram selecionados 22 artigos para realizar a leitura completa.

Da mesma maneira, utilizou-se da plataforma “SCIENCEDIRECT”, onde foram encontrados 133 trabalhos, utilizando-se do mesmo protocolo supracitado, foram selecionados por título 70 artigos. Destes, foram selecionados 24 pelo resumo completo e em seguida, selecionou-se 16 artigos para leitura completa.

Assim, dentre os trabalhos selecionados nas duas plataformas, 38 artigos foram selecionados com potencial de resposta para a pergunta da revisão que norteia o desenvolvimento desta revisão de literatura. Por fim, os dados foram tabulados em planilha Microsoft Excel® para a análise e síntese dos dados, para em seguida realizar a discussão e análise crítica dos dados.

Figura 2: Fluxograma da Revisão sistemática.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.2. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo climático urbano

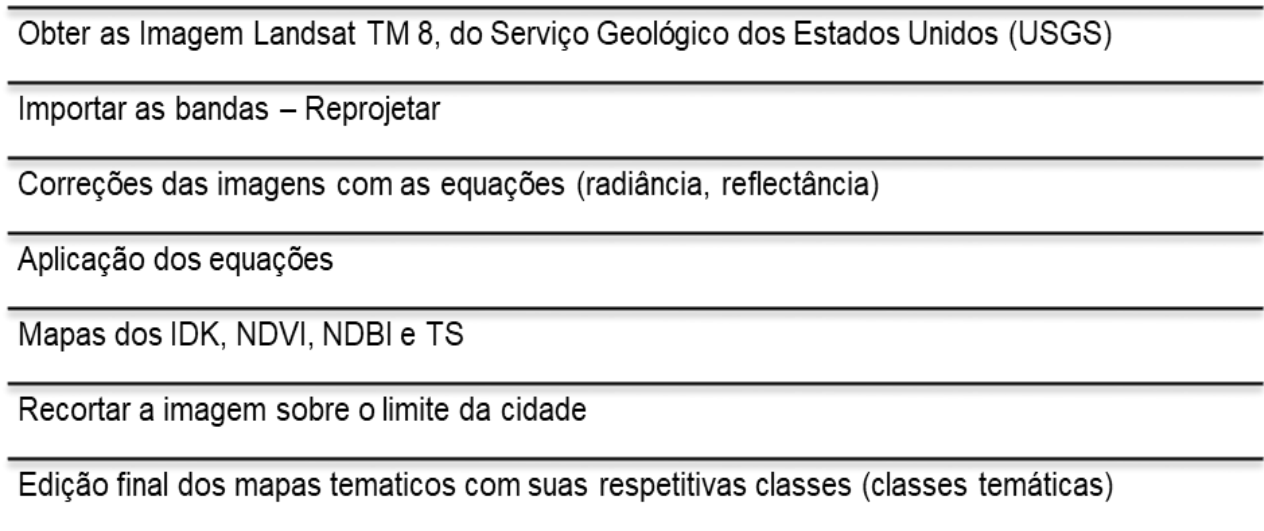
Para realização dessa pesquisa foram elaborados mapas temáticos a partir dos dados de temperatura de superfície (TS), e dos Índice de Desconforto Térmico de Kawamura (IDK), de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e de área construída (NDBI) obtidos por meio do Sensoriamento Remoto.

Foram utilizados esta técnica, com o propósito de correlacionar os dados de temperatura e porcentagem de vegetação, para definição da faixa de conforto, levando as características do arranjo espacial, mais as condições térmicas registradas pelos sensores convertidos em graus Celsius. Desse modo, foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 (TIRS e OLI) de temperatura de brilho (TOA) da Collection 1 Level-2, adquiridas junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), disponível na página eletrônica desta instituição (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

Os dados cartográficos vetoriais utilizados na presente pesquisa foram shapefile de divisão municipal, de estradas (estadual, federal, municipal), de bairros (perímetro urbano) e de drenagem do Estado de Rondônia, base disponibilizada por Rondônia (2001), parte da 2ª Aproximação do Zoneamento Socioeconômico e Ecológico (ZSEE) do Plano Agropecuário e Florestal de Rondônia (PLANAFLOORO) com atualização cartográfica em (2002).

Adotou-se, também, o sistema de projeção Universal Transversal de Mercator (UTM) e o datum SIRGAS 2000, na zona 20, meridiano central 63º oeste. Os dados de sensores orbitais do LANDSAT 8 (TIRS e OLI) são da órbita/ponto (232/66), cena que abrange a área urbana da cidade de Porto Velho/RO, período de 29/07/2020 às 13:20 UTC. Para o processamento digital das imagens LANDSAT 8, utilizou-se o software ArcGIS® 10.8 onde foram recortadas, para os limites da área de estudo, e, em seguida, convertidas em dados de Índice NDVI, NDBI, IDK e de temperatura de superfície em graus °C, fundamentado em o protocolo utilizado foi baseado em Coelho e Corrêa (2013).

Figura 2.1. Fluxograma de etapas do trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

Os valores de Temperatura da Superfície ( $T_s$ ) foram processadas utilizando as bandas 10 do sensor Thermal Infrared Sensor (TIRS) para o Landsat 8. Primeiramente, foi necessário transformar os números digitais de cada pixel em radiância, sendo que foi utilizada a Equação (1):

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL$$

Onde:

$L\lambda$  – radiância espectral no topo da atmosfera (TOA) ( $W/m^2 * srad * \mu m$ );

ML – fator multiplicativo específico da banda;

AL – Fator aditivo específico da banda;

Qcal – imagem em número digital (DN).

O próximo passo foi utilizar o valor de radiância para estimar a temperatura de superfície, através da equação (1.1):

$$T_s = \left( \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \right)$$

Onde:

Ts – Temperatura da Superfície (K);

Lλ – Radiância espectral no topo da atmosfera (TOA) (W/m<sup>2</sup>\*srad\*μm);

K1 – Constante de conversão térmica específica da banda;

K2 – Constante de conversão térmica específica da banda.

Por fim, fez-se nessa a conversão de unidades de medidas, para os valores de temperatura de superfície de Kelvin, para Celsius, através da equação (1.2)

$$T(^{\circ}\text{C}) = T_s(\text{K}) - 273,15$$

Os dados obtidos utilizados nos cálculos, foram retiradas dos arquivos metadados da banda e podem ser visualizados a abaixo o quadro das Constantes utilizadas para a conversão das imagens em radiância e temperatura.

Onde:

$$AL = 0,1000 \quad ML = 3,342 \text{ e } 04$$

$$K1 = 774.8853$$

$$K2 = 1321.0789$$



## ÍNDICE DE DESCONFORTO TÉRMICO DE KAWAMURA

Esse índice foi proposto por Ono e Kawamura (1991) e é amplamente utilizado em estudos de avaliação do conforto térmico humano, sendo que os intervalos de classificação podem ser visualizados na Tabela 1:

Tabela – 1: Classificação do conforto térmico humano conforme Ono e Kawamura (1991).

Valores de sensação térmica:	Classificação
IDK > 80	Estresse devido ao calor
75 < IDK < 80	Desconforto devido ao calor
60 < IDK < 75	Confortável
55 < IDK < 60	Desconforto devido ao frio
IDK < 55	Estresse devido ao frio

Fonte: Ono e Kawamura (1991)

O Índice de Desconforto de Kawamura (IDK) foi obtido através da Equação (2):

$$IDK = 0,99 * Ts + 0,36 * Td + 41,5$$

Onde:

Ts - Temperatura da Superfície (°C);

Td - Temperatura do ponto de orvalho (°C).

Para tanto, foi necessário encontrar os valores de Pressão Parcial do Vapor de Água (Pv) e de Temperatura do Ponto de Orvalho (Td), respectivamente. Utilizamos a imagem de temperatura de superfície em graus °C, recortada para o limite da área de estudo, em seguida aplicou-se a equação de Pressão Parcial do Vapor de Água (Pv), equação (2.1), em seguida, aplicamos a equação (2.2), para encontrar os valores de Temperatura do Ponto de Orvalho (Td).

$$P_v = 6.1078 * \text{Exp} \frac{(17.38 * T_s)}{(237.3 + T_s)} \quad (2.1)$$

Onde:

$P_v$  – Pressão parcial do vapor d'água (hPa);

$T_s$  – Temperatura da Superfície ( $T_s$ ).

$$T_d = \frac{237,3 * \ln\left(\frac{P_v}{e_0}\right)}{\left(17,2688 - \ln\left(\frac{P_v}{e_0}\right)\right)} \quad (2.2)$$

Onde:

$T_d$  - Temperatura do ponto de orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ );

$p_v$  - Pressão parcial do vapor d'água (hPa);

$e_0$  - Pressão parcial do vapor d'água quando a temperatura do ar for  $0^{\circ}\text{C} = 6,1078$  (hPa).

## ÍNDICE DE VEGETAÇÃO COM DIFERENÇA NORMALIZADA – NDVI

O cálculo do NDVI é feito a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas 4 (infravermelho próximo) e 3 (visível – vermelho) dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas, onde o resultado varia de e +1, a -1, de modo que quanto mais próximo do 1, maior indício de presença de vegetação densa, e quanto mais próximo do -1m, maior indício de áreas úmidas, áreas urbanas, solo exposto. Dessa forma, as classificações são apresentadas, partindo, do tipo de alvo que se pretende identificar, levando em consideração o tipo de coloração e as classes (bandas) e entre outros, conforme tabela.

Tabela 2 - Classificação das classes temáticas para o NDVI:

CLASSES	VALORES
Áreas úmidas	0,07
Área Urbana	0,25
Solo Exposto	0,35
Vegetação Rala	0,46
Vegetação Aberta	0,54
Vegetação de Transição	0,63
Vegetação Densa	1,0

Para tanto, as variações de -1,00 - 0,00 (vegetação sem atividade e alvos não vegetais), 0,00 – 0,33 (vegetação com algum tipo de deficiência, no intervalo de, 0,33 – 0,66 (vegetação moderadamente sadia), 0,66 – 1,00 e (vegetação sadia) (EOS, 2019).

Na faixa do vermelho a clorofila absorve a energia solar ocasionando uma baixa refletância, enquanto na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação ocasionam uma alta refletância da energia solar incidente (LOURENÇO e LANDIM, 2004, p.2). Portanto, quanto maior o contraste, maior o vigor da vegetação na área em questão.

A abordagem para o cálculo do NDVI proposto nos estudos de Zha et. al. (2003) foi realizada neste estudo, conforme a seguinte equação:

$$\text{NDVI} = (\text{Banda 5} - \text{Banda 4}) / (\text{Banda 5} + \text{Banda 4}) \quad (3)$$

Para tanto, foi necessário corrigir a imagem das bandas espectrais 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo), para reflectância do topo da atmosfera conforme a equação (3.1)

$$(\text{Mp} * \text{Qcal} - \text{Ap}) / \text{Sin}(\text{sun\_elevation} * \pi / 180) \quad (3.1)$$

Onde:

Mp: fator multiplicativo reescalado da reflectância para banda específica;

Qcal: Número digital (ND) do pixel;

Ap: Fator aditivo escalonado

Sin: Seno

**Para tanto, foi reprojetaada as imagens – Reflectância no topo da atmosfera (Pλ), com a Equação (3.2)**

$$P\lambda \frac{P\lambda}{\text{sen}(\theta_{SE})} = \frac{P\lambda}{\text{cos}(\theta_{SZ})} \quad (3.2)$$

Onde:

Pλ: reflectância aparente ou de topo da atmosfera

$\theta_{SE}$ : ângulo de elevação solar local equivalente ao valor SUN\_ELEVATION disponibilizado

$\theta_{SZ}$ : ângulo solar zenital local ( $\theta_{SZ} = 90 - \theta_{SE}$ ).

**Nota:** Os dados encontrados no arquivo metadados da imagem de Satélite:

SUN\_ELEVATION = 49.94446468  $\pi/180$  = 0.01745

REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_4=0.00002

REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_5=0.00002

REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_4 = -0.100000

## ÍNDICE DE DIFERENÇA NORMALIZADA CONSTRUÍDA- NDBI

Foi realizado a aplicação do método baseado na abordagem dos estudos de NDBI, desenvolvidos por Zha et al. (2003). em que se enfatizou a capacidade de mapear áreas construídas com um nível de precisão elevado para a mensuração dos ambientes construídos. Dessa forma, selecionou-se o NDBI como ferramenta

para promover a análise da expansão das áreas construídas para área Urbana de Porto Velho, utilizando as bandas do Infravermelho Próximo B5 (0,84 - 0,88  $\mu\text{m}$ ) e do Infravermelho Médio B6 (1,56 — 1,66  $\mu\text{m}$ ), conforme equação (4).

$$\text{NDBI} = (\text{Banda 6} - \text{Banda 5}) / (\text{Banda 6} + \text{Banda 5}) \quad (4)$$

Para tanto, foi necessário corrigir a imagem das bandas espectrais 6 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho próximo), para reflectância do topo da atmosfera conforme a equação (4.1)

$$(\text{Mp} * \text{Qcal} - \text{Ap}) / \text{Sin}(\text{sun\_elevation} * \pi / 180) \quad (4.1)$$

Onde:

Mp: fator multiplicativo rescalonado da reflectância para banda específica;

Qcal: Número digital (ND) do pixel;

Ap: Fator aditivo rescalonado;

Sin: Seno

Para tanto, foi reprojetaada as imagens – Reflectância no topo da atmosfera ( $\rho\lambda$ ), com a Equação (3.2).

$$P\lambda \frac{P\lambda}{\text{sen}(\theta_{SE})} = \frac{P\lambda}{\text{cos}(\theta_{SZ})} \quad (4.2)$$

Onde:

$P\lambda$ : reflectância aparente ou de topo da atmosfera

$\theta_{SE}$ : ângulo de elevação solar local equivalente ao valor SUN\_ELEVATION disponibilizado

$\theta_{SZ}$ : ângulo solar zenital local ( $\theta_{SZ} = 90 - \theta_{SE}$ ).

**Nota:** Os dados encontrados no arquivo metadados da imagem de Satélite

REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_5=0.00002

REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_6 = 0.00002

REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_5 = -0.100000

REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_6 = -0.100000

## **TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

A Estatística vai além de uma simples construção de gráficos e cálculo de médias, tendo informações obtidas com a finalidade de acumular dados para a tomada de decisões. A estatística apresenta-se como um conjunto de técnicas para planejar experimentos, obter dados e organizá-los, resumi-los, analisá-los, interpretá-los e deles extrair conclusões.

Sendo assim, os dados foram tabulados e organizados no programa MS-Excel®, sendo coletado dados: máximo, mínimo, média, soma e desvio padrão, para os índices Índice de Desconforto Térmico de Kawamura (IDK), Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), (NDBI) e estimar a Temperatura de Superfície (TS).

Também foi coletado as seguintes informações através do NDVI: estimou-se a quantidade de áreas em hectares, realizou-se o cálculo em percentagens para os 67 bairros da cidade de Porto Velho/RO, as informações extraídas foram: Áreas úmidas, Área urbana, Solo exposto, Vegetação rala, Vegetação aberta, Vegetação transição e Vegetação densa, e também foram selecionados 11 bairros das diferentes zonas urbanas de Porto Velho/RO, onde foram feitas as tabulações e dividida em Desconfortável devido ao calor e Estresse devido ao Calor.

Para tanto, foi realizado a coleta de dados de Temperatura e Superfície, onde foram convertidos os valores dos Pixels em dados vetoriais, assim permitindo organizar e analisar as variáveis numéricas do resultado desta pesquisa. Isto exposto, utilizou como método a Estatística Descritiva, exploratória de dados, tem como princípio a organização,

apresentação e sintetização de dados assim, permitindo fornecer um extenso repertório de métodos para um estudo detalhado dos dados obtidos. (MEDRI, W., 2011). Assim como, as ferramentas descritivas apresentam-se como variados tipos de gráficos e tabelas e medidas de síntese como porcentagens, índices e médias e entre outros.

Partindo dessa premissa, foram elaborados os gráficos boxplot, pois permite a visualização e a distribuição de uma variável em termos da sua locação (mediana/quartis), dispersão (variabilidade), grau de assimetria, presença de valores extremos/discrepantes (outliers), entre outros.

Os gráficos boxplot, forma criados a partir da biblioteca de gráficos *ggplot2* (pacote de visualização de dados de código aberto para a linguagem de programação estatística R), que está disponível no software estatístico R (WICKHAM, 2009) e (R CORE TEAM, 2018). O gráfico boxplot é puramente descritivo, e utiliza-se de medidas descritivas, mais especificamente dos quartis e do intervalo interquartil.

## 7. RESULTADOS

### 7.1. Revisão sistemática

Para a revisão sistemática da literatura, considerando que a presente pesquisa buscou compreender a influência da vegetação na promoção do conforto térmico das áreas urbanas, coletou-se de cada estudo os seguintes dados: autores, ano de publicação, periódico, objetivo, local de estudo, zona climática (temperadas e tropicais), medição microclimática (fez ou não), número de entrevistados, tipo de estudo (transversal ou longitudinal), tipo de questionário aplicado (percepção e preferência térmica e voto de sensação), índice de conforto térmico (usou ou não usou) e principais contribuições do estudo, que foram posteriormente apresentados e tabelados com suas respectivas percentagens.

Na (tabela 3), apresenta-se o ano em que o estudo foi publicado, autores, periódicos e o local de estudo, enquanto a tabela 4, apresenta-se as contagens e percentagens relativas aos anos de publicação.

Tabela 3 - Dados gerais de publicação dos estudos selecionados:

<b>Ano da publicação</b>	<b>Autores</b>	<b>Periódico</b>	<b>Local do Estudo</b>
<b>2009</b>	Dacanal et al., (2009)	Ambiente Construído	Campinas /Brasil
<b>2010</b>	Georgi et al., (2010)	Construção E Meio Ambiente	Chania/Grécia
<b>2012</b>	Lima et al., (2012)	Ambiente Construído	João Pessoa/Brasil
<b>2012</b>	Beltran, et al., (2012)	Desenvolvimento Regional E Meio Ambiente	Bogotá/Colômbia
<b>2012</b>	Minella et al. (2012)	Invest. Geog, Ciudad De México	Ourinhos/ Brasil
<b>2012</b>	Kruger et al., (2012)	Ambiente Construído.	Glasgow/ Reino Unido
<b>2012</b>	Labaki et al., (2012)	Ambiente Construído	Campinas, Bauru e Presidente Prudente/ Brasil
<b>2012</b>	Rossi el al., (2012)	Ambiente Construído	Curitiba/ Brasil
<b>2012</b>	Abreu et al., (2012)	Ambiente Construído	São Paulo/ Brasil
<b>2012</b>	Cohen et al., (2012)	Floresta E Ambiente	Tel Aviv / Israel



<b>2012</b>	Boukhabl, M.; Alkam, D., (2012)	Energy Procedia	Biskra /Argélia
<b>2013</b>	Lusettet al., (2013)	Nova Scientia, León	Tampico / México
<b>2013</b>	Junior et al., (2013)	Revista Brasileira De Meteorologia	Belém / Brasil
<b>2014</b>	Szucs., (2014)	Finisterra, XLIX	Lisboa / Portugal
<b>2014</b>	Oliveira et al., (2014)	Finisterra, XLIX	Lisboa / Portugal
<b>2014</b>	Baltazar et al., (2014)	Finisterra	Lisboa / Portugal
<b>2015</b>	Song, Jiyun & Wang, Zhi-Hua, (2015)	Arizona State University.	Phoenix/ Estados Unidos
<b>2015</b>	Azevedo et. Al., (2015)	Revista Brasileira De Meteorologia.	Rio Grande do Norte/ Brasil
<b>2015</b>	Martini et al., (2015)	Floresta E Ambiente	Curitiba/ Brasil
<b>2015</b>	Lobaccaro et al., (2015)	Urban Climate	País Basco/ Espanha
<b>2015</b>	Wang, Yupeng; Zacharias, John., (2015)	Urban Forestry & Urban Greening	Pequim / China
<b>2015</b>	Taleghani et al., (2015)	Eco-Efficient Materials For Mitigating Building Cooling Needs	Reino Unido
<b>2016</b>	Chow et al., (2016)	Urban Forestry & Urban Greening	Cingapura/Malásia
<b>2016</b>	Hsieh et al., (2016)	Urban Forestry & Urban Greening	Tainan/Taiwan
<b>2017</b>	Abdelhakim et al., (2017)	Energy Procedia	Biskra /Argélia
<b>2018</b>	Shinzato et. Al., (2018)	Ambiente Construído	Campos/ Brasil
<b>2018</b>	Martini et al., (2018)	Silvicultura Urbana E Vegetação Urbana	Cingapura / Malásia
<b>2018</b>	Silva et al., (2018)	Revista Ambiente & Água	João Pessoa / Brasil
<b>2018</b>	Kruger et al., (2018)	Ambiente Construído	Curitiba / Brasil
<b>2018</b>	SHINZATO et al. (2018)	Ambiente Construído	São Carlos / Brasil
<b>2018</b>	Muniz-Gaal et al., (2018)	Ambiente Construído	Campinas / Brasil
<b>2018</b>	Vieira et al., (2018)	Ambiente Construído.	Joao Pessoa / Brasil
<b>2018</b>	Cheung et al., (2018)	Building And Environment	Hong Kong / China
<b>2019</b>	Aram et al., (2019)	Urban Green Space Cooling Effect In Cities	É REVISÃO SISTEMÁTICA
<b>2019</b>	Cheung et al., (2019)	Building And Environment	Hong Kong / China
<b>2020</b>	Fernandes et al., (2020)	Urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana	São Carlos/ Brasil
<b>2020</b>	Richards et al., (2020)	Building And Environment	Shenzhen/China
<b>2020</b>	Yu et al., (2020)	International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation	Flórida/ Estados Unidos da América

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 4 - Contagem anual de publicações:

ANO	Nº	%
2009	1	3%
2010	1	3%
2011	Não houve	0%
2012	9	24%
2013	1	3%
2014	3	8%
2015	6	16%
2016	2	5%
2017	1	3%
2018	8	21%
2019	2	5%
2020	3	8%

Em relação a tabela 5, demonstra o quantitativo referente as zonas onde os estudos foram publicados: a exemplo, tropical sul, tropical norte, temperado sul, temperado norte. A tabela 6 apresenta o quantitativo quanto aos trabalhos que realizaram ou não medições microclimáticas na condução de suas pesquisas.

Tabela 5 - Contagem referente ao tipo climático:

ZONAS	Quant.	%
1-Tropical Sul	14	37%
2-Temperado Norte	18	47%
3-Temperado Sul	4	11%
4-Tropical Norte	1	3%
5 - Não Há	1	3%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 6 - Contagem referente a realização de medições microclimáticas:

Medições microclimáticas	Nº	%
1-Sim	37	97%
2-Não	1	3%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Também foram coletados dados dos estudos que utilizaram do artifício de entrevistas à população (tabela 7), 29% dos autores utilizaram-se de questionários, com amostras que variam de 4 à 1654 entrevistados. Já os números de pesquisas que não optaram pela aplicação das entrevistas foram de 27 artigos (71%).

Tabela 7- Contagem referente à realização de entrevistas à população

Percentual de Entrevistas Realizadas	Nº	%	Amostra do número (n) de pessoas entrevistada
1 – SIM	11	29%	n(4); n(41); n(128); n(147); n(325); n(519); n(763); n(781); n(900) n(1573); n(1654)
2 – NÃO	27	71%	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a tabela 8, as pesquisas aqui apresentadas têm uma ampla variação entre o tipo de estudos, a maior parte destes, 61% ( $n = 23$ ) foram conduzidos de forma transversal, enquanto 32% ( $n=12$ ) de forma longitudinal. Apenas 3 trabalhos (8%) foram conduzidos de ambas as formas, transversal e longitudinal (LUSETT et al. 2014; KRUGER et al. 2012 e LABAKI et al. 2012).

Tabela 8 - Metodologia para identificação da Classificação do Tipo de Pesquisa:

Estudo transversal ou longitudinal	Nº	%
1 – Transversal	23	61%
2 – Longitudinal	12	32%
3 - Longitudinal/Transversal	3	8%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos questionários de percepção térmica, 29% ( $n = 11$ ) dos trabalhos entrevistaram a população, conforme apresentado na tabela 9, também podemos observar na mesma tabela, os questionários de voto de sensação térmica foram utilizados por 32% ( $n = 12$ ) dos trabalhos dos trabalhos analisados.

Tabela 9 - Tabelas dos questionários de Percepção térmica e Voto de sensação térmica:

Questionário de Percepção	Nº	%
1 – SIM	11	29%
2 – NÃO	27	71%
Questionário de voto de sensação térmica	Nº	%
1 – SIM	12	32%
2 – NÃO	26	68%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a tabela 10, 16% ( $n = 6$ ) dos trabalhos utilizaram-se de questionários voltados a preferência térmica. Já em relação à utilização dos índices de conforto térmico (tabela 11) a maioria dos autores, 89% ( $n = 34$ ) fizeram uso destes, enquanto 11% ( $n = 4$ ) não fizeram uso de índices.

Tabela 10 - Contagem de artigos que utilizaram questionários de preferência térmica:

Questionários de Preferência Térmica	Nº	%
1 – SIM	6	16%
2 – NÃO	32	84%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 11 - Número dos artigos que utilizaram índices de Conforto Térmico em suas pesquisas:

Nº total de artigos que utilizaram índices de Conforto Térmico	Nº	%
1 – SIM	34	89%
2 – NÃO	4	11%

Fonte: Elaborada pelo autor.

Por fim, a tabela 12 apresenta os índices de conforto térmico que foram utilizados nos estudos selecionados e suas respectivas contagens

Tabela 12 - Índices de conforto térmico utilizados e sua respectiva contagem.

ÍNDICES DE CONFORTO	Nº	%
1 – PET	9	24%
2 – PMV	3	8%
3 – SET	1	3%
4 – TE	7	18%
5 – UCTI	2	5%

6 – TEP	2	5%
7 – HU	1	3%
8 - PPD / PMV	1	3%
9 - PMV/SET/ PET	1	3%
10 - PET / PMV	6	16%
11 - PMV / UCTI	1	3%
12 - Não utilizaram índices	4	11%

Fonte: Elaborada pelo autor.

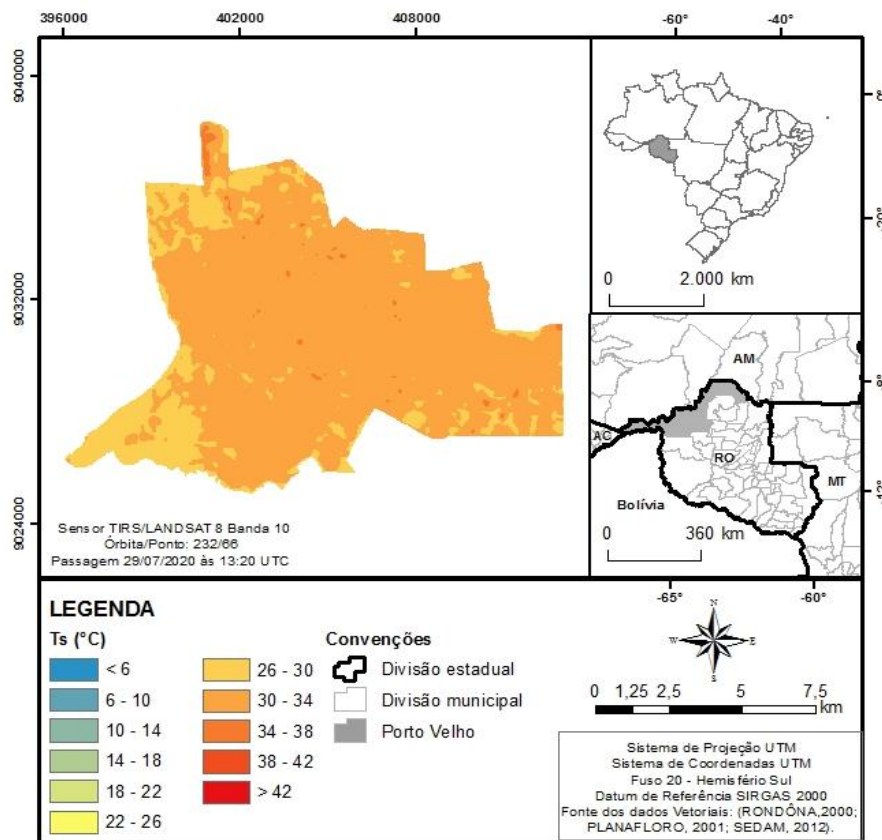
Resgatando a pergunta norteadora deste estudo apresentada na metodologia da revisão sistemática “*A presença de vegetação pode impactar no conforto térmico da população de Porto Velho – RO?*”. Nota-se que o método de revisão foi positivo para a elucidação dos objetivos apresentados, uma vez que permitiu identificar considerável contribuição das vegetações urbanas na otimização das condições de conforto da população, fato este confirmando por meio de medições físicas das condições microclimáticas conduzidas pelos estudos aqui analisados, uma vez que apenas 3% destes não se utilizavam de medições físicas. Dito isso, pode-se afirmar que a vegetação urbana, influência os padrões do conforto térmico humano, por meio de características relacionadas a densidade, forma, tamanho e posição da vegetação, sendo então capazes de atenuar a temperatura do ar, interceptar a radiação solar e manter o fluxo de vento.

## 7.2. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo climático urbano

O sensoriamento remoto é uma ferramenta que possibilita obter informações dos alvos da superfície terrestre a partir do registro da interação entre a energia eletromagnética e estes alvos, sem o contato direto, bem como tem a capacidade de recobrir grandes áreas (CASTRO, 2009). Assim, a aplicação do sensoriamento remoto nos estudos de clima urbano serve para detectar as características térmicas das superfícies urbanas que pode ser identificado por meio das análises de dados na faixa do infravermelho termal adquiridos por um satélite (COSTA, SILVA e PERES, 2010).

Para tanto, utilizou-se dessa técnica como meio de estimar a Temperatura de Superfície, através do mapa temático (figura 3), sendo possível identificar em alguns pontos específicos, a temperatura é inferior ou igual a 30°C ou ficando estimada entre o intervalo de (26°C e 30°C), no qual apresenta-se nas áreas ao extremo da zona Norte, bem como os extremos da zona Sul, a exemplo dos bairros: Área militar 5° BEC, Areia Branca, Triângulo, Nacional e Nova Esperança. Por outro lado, os intervalos de temperatura de superfície entre (30°C - 42°C), foi predominante para maioria dos bairros da cidade de Porto Velho/RO. Conforme poderá ser observado na imagem a seguir:

Figura 3: Mapa de temperamental de superfície da cidade de Porto Velho – RO.



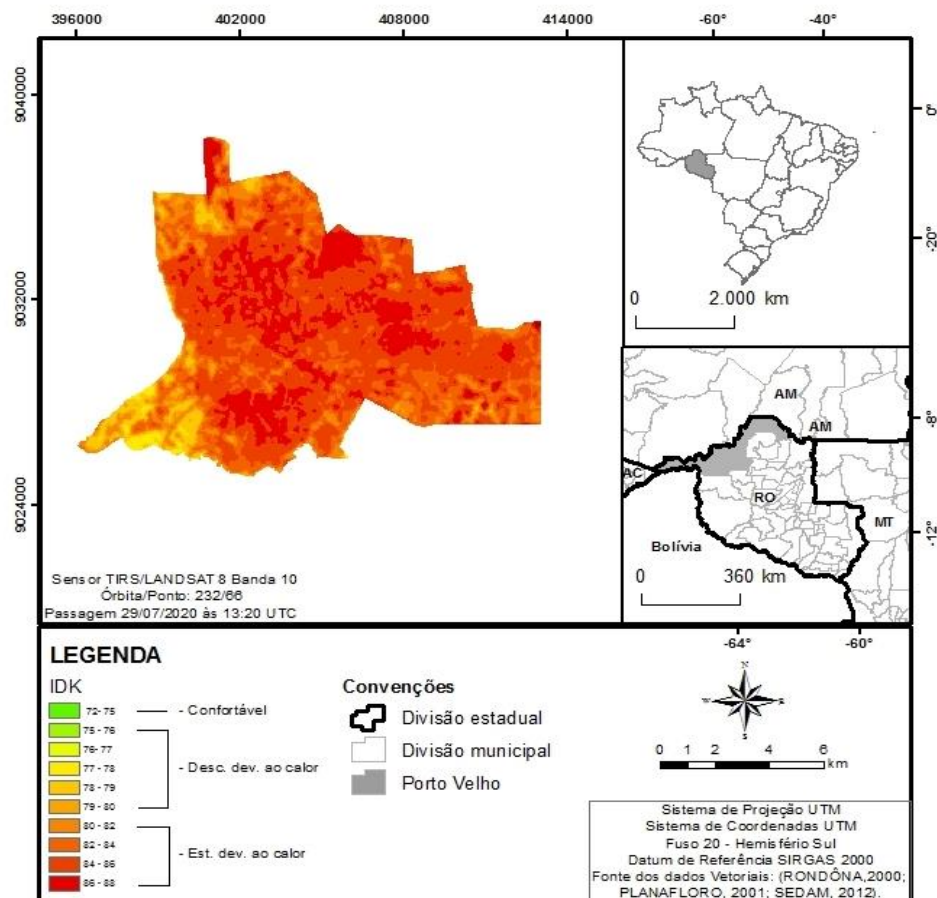
Fonte: Elaborada pelo autor.

No que tange o Índice bioclimáticos, eles apresentam/expressam a satisfação dos seres vivos, quando expostos a uma Determinada condição ambiental. Segundo a metodologia, as classificações de acordo com esse índice, são de estresse devido ao calor, desconforto devido ao calor, confortável, desconforto devido ao frio e estresse

devido ao frio. Como podemos observar na (figura 4), notamos que as classificações de conforto para a cidade oscilaram entre desconfortável devido ao calor e de estresse devido ao calor, sendo que a primeira faixa mencionada se concentrou ficou mais nos extremos da zona sul de da cidade de Porto Velho, a exemplo, os bairros (Areia Branca e Triângulo), já com relação às faixas de estresse devido ao calor apresentou-se predominantemente na maioria das zonas.

Nas regiões que circundam a área urbana é possível observar uma classificação em desconfortável devido ao calor nos seguintes bairros, Areia Branca, Área Militar 5º BEC, Triângulo, Nova Esperança e Nacional, variando o valor do IDK de (79, 7 a 82,8). Já em relação aos bairros analisados na classificação da classe temática estresse devido ao calor foram, Caladinho, Conceição, Nova Porto Velho, Aponiã, KM1, Área Militar (Aeroporto), Costa Coste e Silva e São Cristóvão. Os valores de estresse devido ao calor desses bairros ficaram entre os intervalos de (84 - 86).

Figura 4: Índice de Desconforto Térmico de Kawamura para a cidade de Porto Velho, RO.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 5. Índice de Desconforto Térmico de Kawamura para a cidade de Porto Velho/RO.

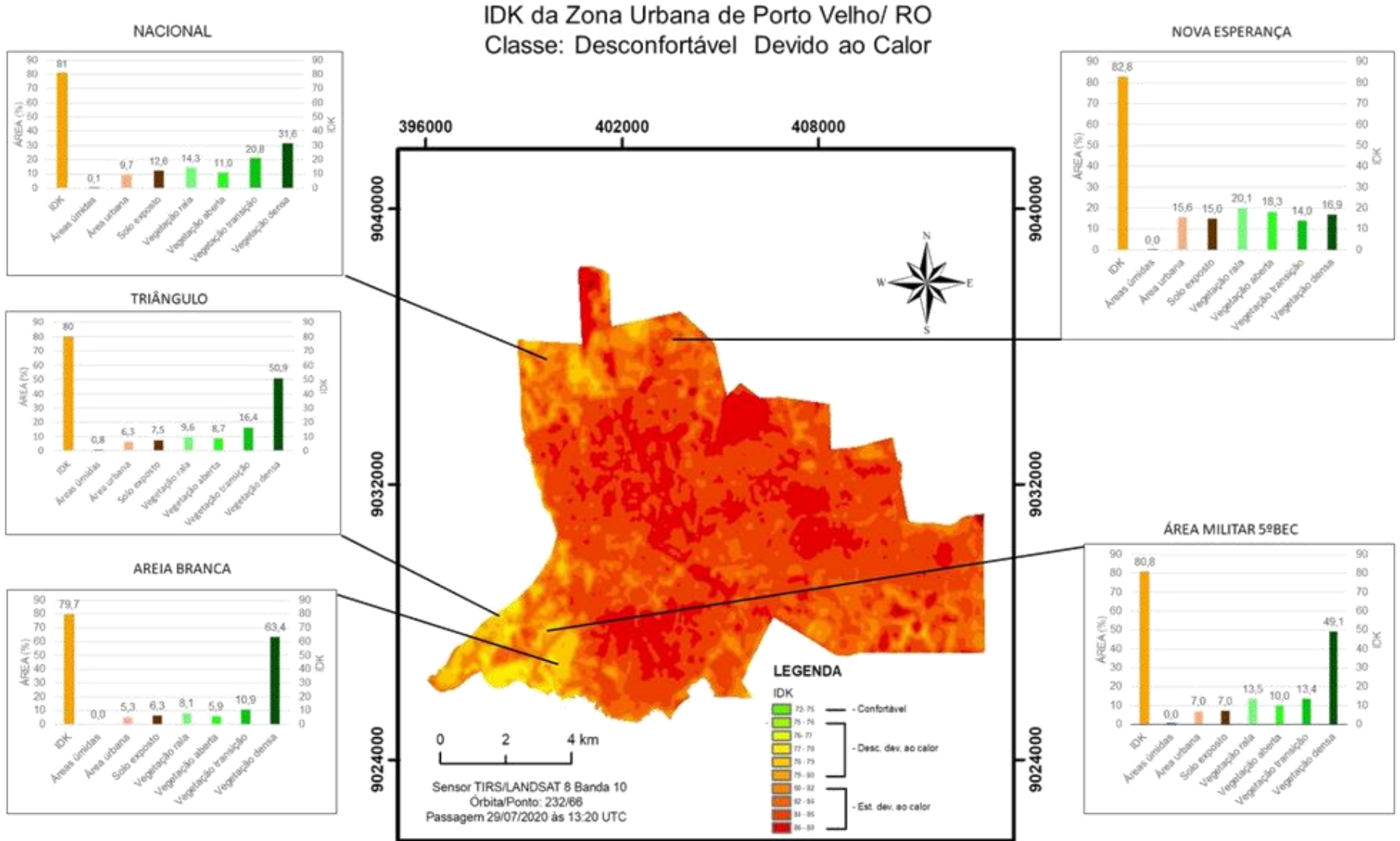
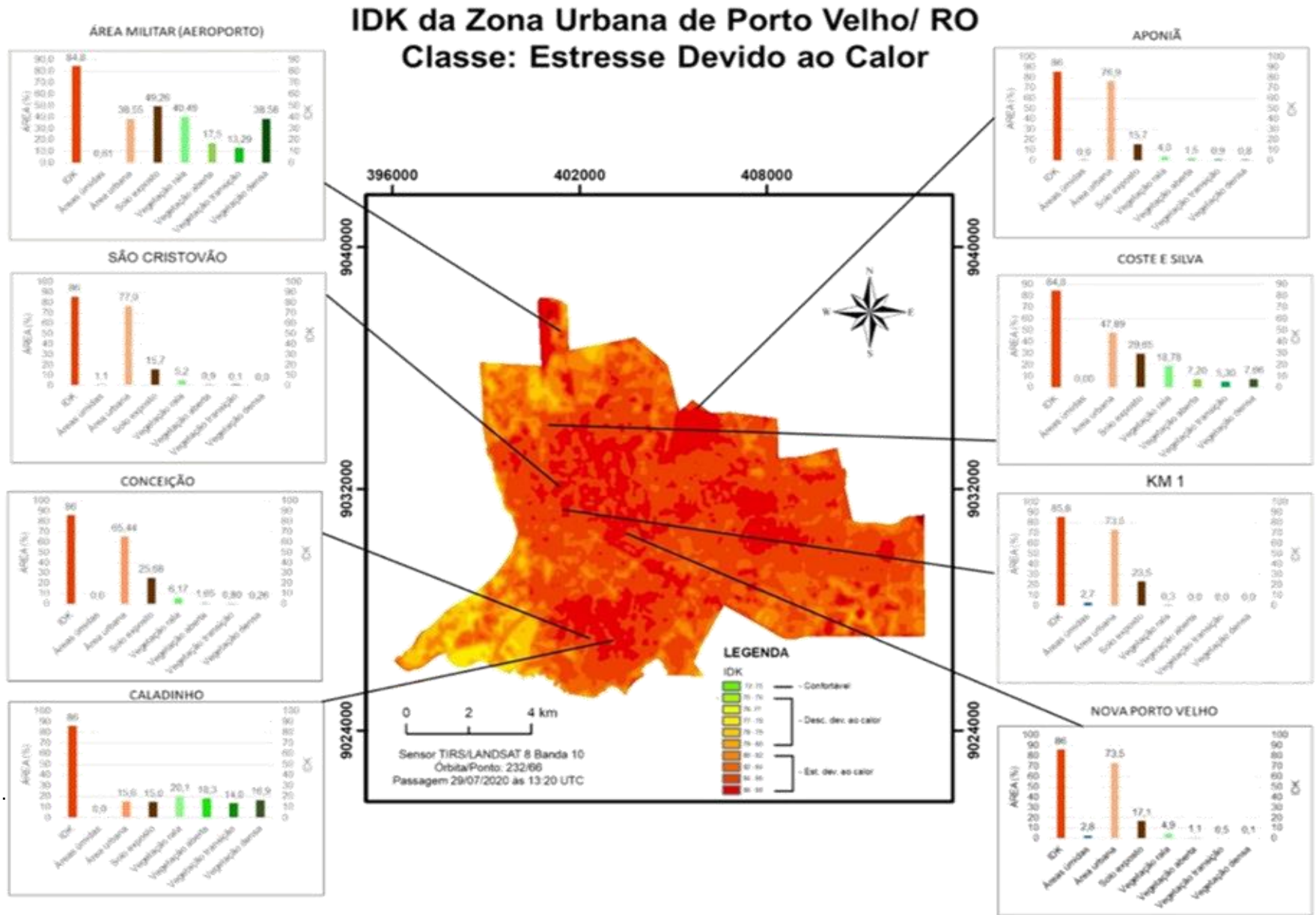


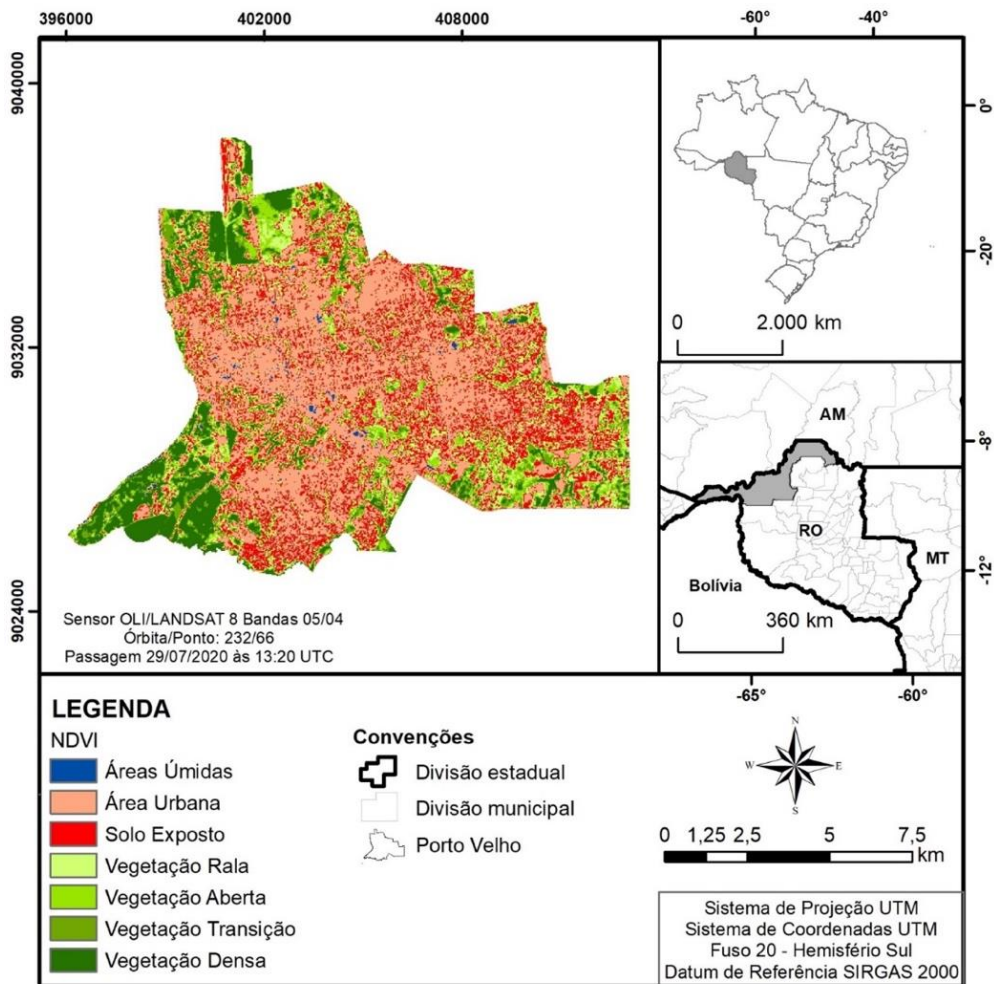


Figura 6: Índice de Desconforto Térmico de Kawamura para a cidade de Porto Velho, RO.



Como podemos observar no mapa de Temperatura de Superfície – TS e do Índice de Desconforto Térmico de Kawamura, é possível identificar em alguns pontos específicos onde a temperatura é inferior, ficando estimada entre o intervalo de (26 – 30°C), valores encontrado para os bairros, Área militar 5° BEC, Areia branca, Triângulo, Nacional e Nova Esperança, onde justamente apresentam os maiores índices de vegetação dentro da cidade, conforme mostra o mapa do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada – NDVI.

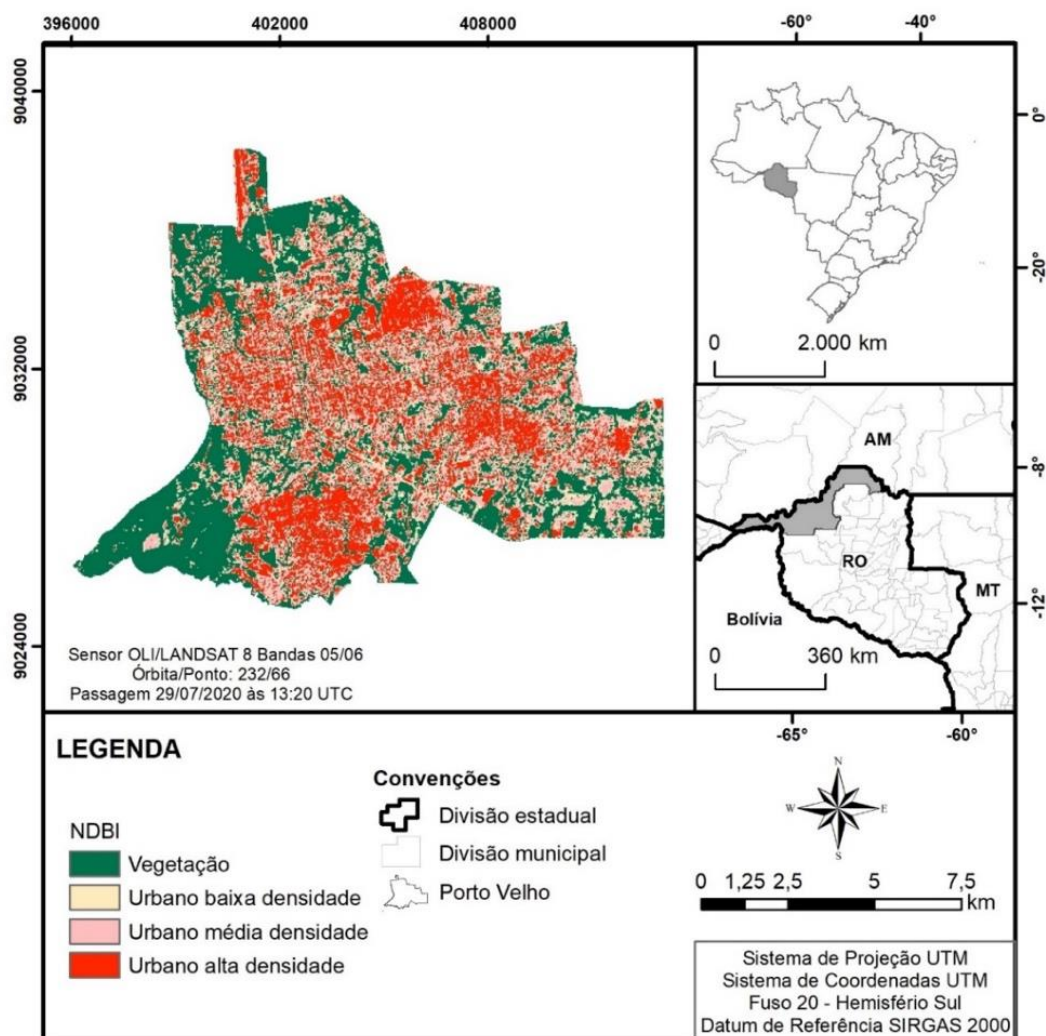
Figura 7: Mapa do Índice de Vegetação com Diferença Normalizada para a cidade de Porto Velho/RO.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No que diz respeito aos resultados encontrados do Índice De Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) observa-se uma concentração da classe temática da área urbana, bem como acúmulo solo exposto na zona central, sul e leste, a exemplo, dos bairros, São Cristóvão, apresenta 15,7% de solo exposto, KM1, com 23,5%. Já em relação a zona sul e leste, temos os bairros, conceição, com 25,68 e três Maria com acúmulo de solo exposto de 60,9. Observamos que a maioria dos índices de vegetação aberta, de transição e densa, se restringem aos bairros, Nacional, Nova Esperança, triângulo, Areia branca e 5º BEC.

Figura 8 - Mapa do Índice de Densidade de Áreas Construídas para a cidade de Porto Velho/RO.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Já os resultados encontrados na aplicação do NDBI (Figura 8), as classes urbanas alta densidade, assim como a classe temática de vegetação. Esse resultado se assemelha as classes temáticas do NDVI (Figura 7). As áreas com maior adensamento do solo localizam-se nas regiões centrais da cidade e a vegetação se restringindo aos extremos da zona norte, sul e leste.

Tais áreas tem um maior aglomerado de áreas construído sendo composta por urbana alta densidade. As áreas de superfície impermeáveis são indicativas de urbanização e por meio do mapeamento delas é possível mensurar os impactos que a urbanização gera no ecossistema urbano, a expansão urbana cidade de Porto Velho/RO, ao longo dos anos vem ocasionando supressão da vegetação e substituição de áreas verdes por pavimentações e edificações, indo de acordo com o estudo de (WENG E LU, 2008; ELVIDGE et al., 2004).

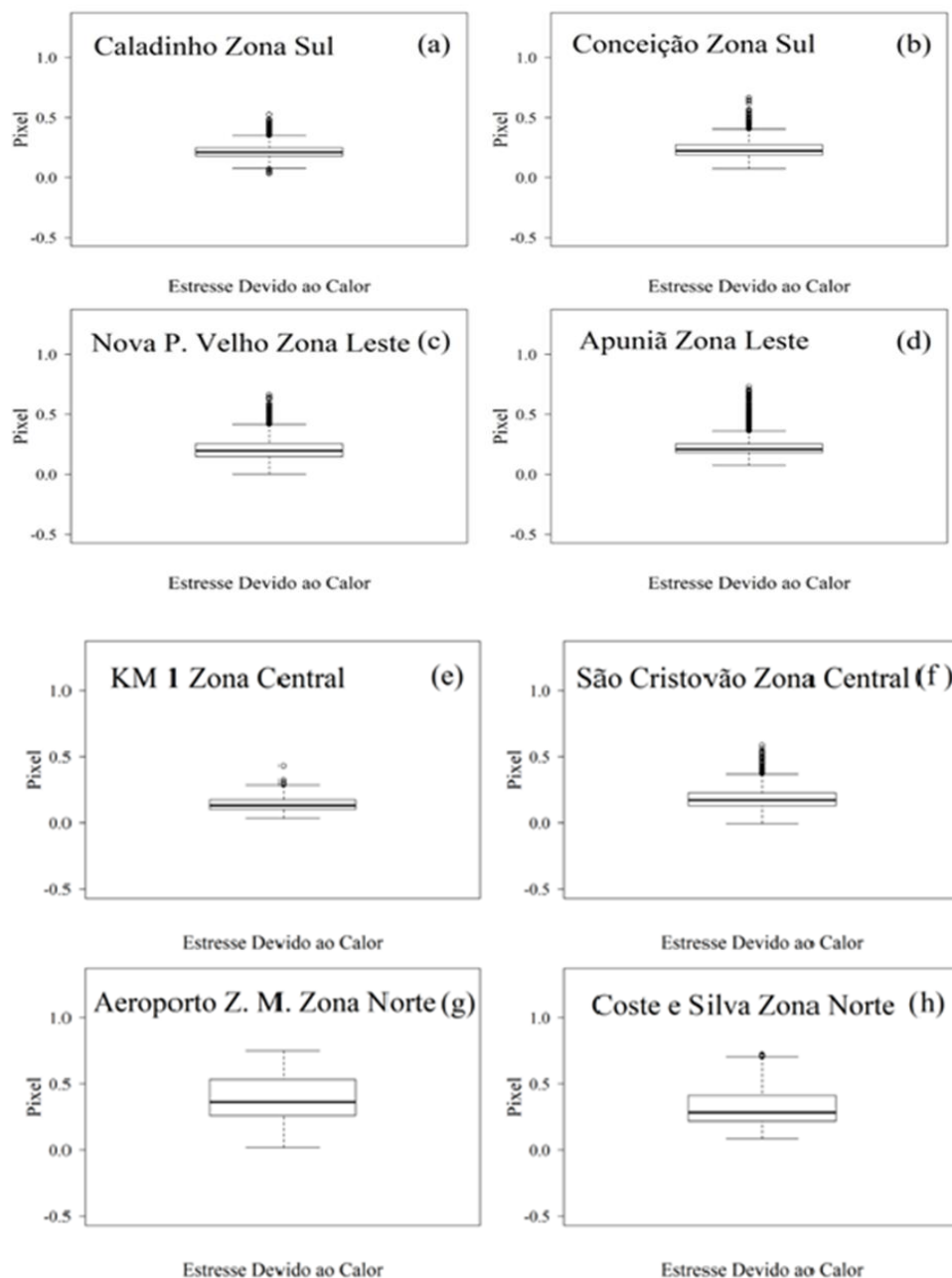
### 7.3. Estatísticas descritivas, exploratórias.

A partir da aplicação estatística para os dados, nota-se na (figura 9) que ocorreram algumas variáveis discrepantes ou (outliers) esses são dados que se diferenciam drasticamente de todos os outros para os bairros Caladinho, Conceição, Nova Porto Velho, Apuniã e São Cristóvão para a classe de estresse devido ao calor.

Outrossim, observando-se a variação do segundo quartil (Mediana), para os bairros: Caladinho, Conceição, ambos localizada na Zona Sul de Porto Velho, não ocorreu grandes variações entre seus resultado, assim como foi observado os mesmos valores para os bairros localizado na Zona Leste e Central da cidade, apresentou-se entre o intervalo de (0,0 – 0,5) e partiram (outliers) dos intervalos acima de (0,5), já os dados de obtidos para os Bairro da Zona Norte (Aeroporto Zona Militar) e (Coste e Silva), tiveram as dispersão de média com a maior variabilidade conforme demonstrado na (figura 9) de

box-plot (g) e (h). Por fim, somente o bairro caladinho da classe de estresse devido ao calor apresentou (outliers), tanto para o limite superior quanto para o inferior.

Figura 9 - Gráfico de box-plot para a classe de estresse devido ao calor:

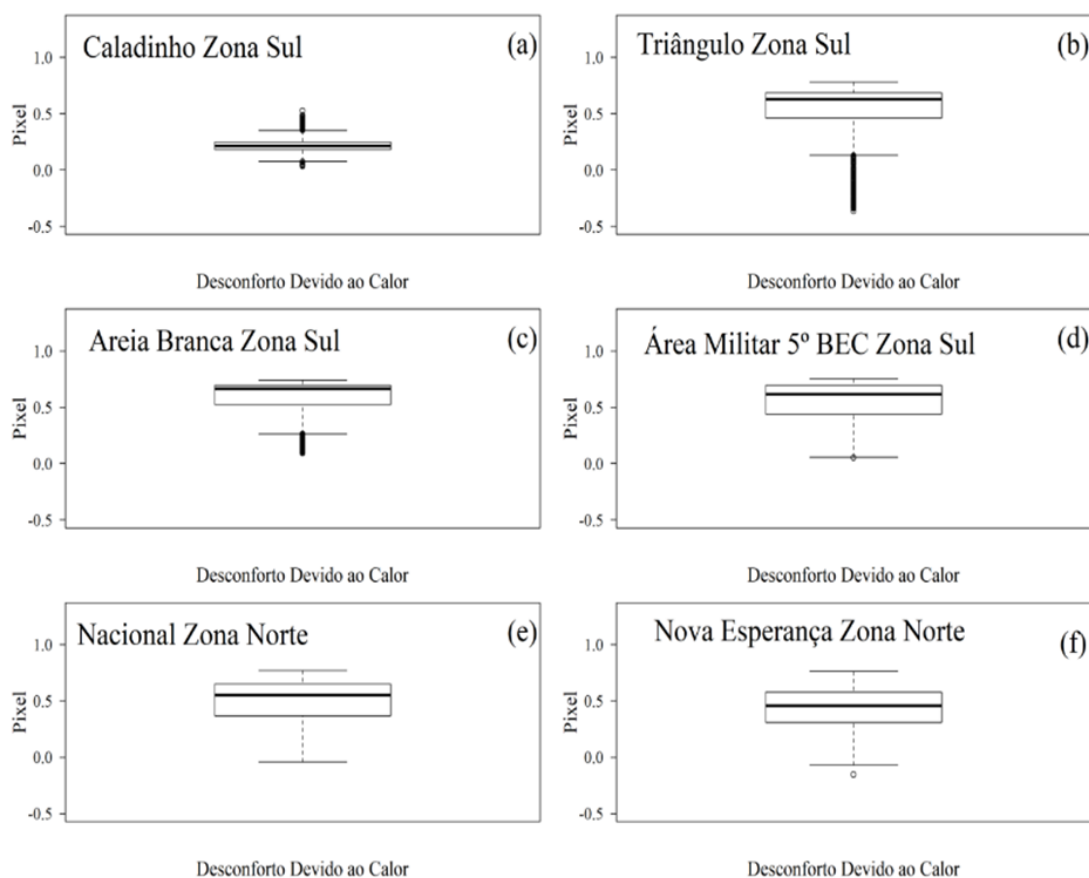


Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 10, os resultados obtidos dos bairros para classe desconforto devido ao calor. Notamos que permaneceu as variáveis discrepantes ou outliers, nos bairros: Caladinho, Triângulo, Areia branca.

Por outro lado, ao contrário dos resultados obtidos para a classe de Estresse devido ao calor, os dados obtidos tiveram amplitude interquartil variadas, a exemplo do bairro Nacional e Nova Esperança, ambos localizado na Zona Norte, foram os resultados que tiveram à diferença entre o terceiro e o primeiro quartil, onde teve maior variabilidade dos dados obtidos. Os bairros Área branca e Triângulo tiveram como resultado os intervalos de (0,5-1,0).

Figura 10 - Gráfico de box-plot para a classe de desconforto devido ao calor.



Fonte: Elaborada pelo autor.

## 8. DISCUSSÃO

A presente pesquisa buscou compreender os impactos causados pelas áreas verdes, na promoção de conforto térmico nas áreas urbanas, mediante critérios de pesquisa, conforme apresentados no método. Partindo do pressuposto das análises os índices utilizados nas pesquisas, bem como as contribuições dos trabalhos analisados, foi possível verificar que diversos estudos buscam prever e classificar o nível de conforto térmico percebido pelo ser humano a partir de variáveis externas.

Nesse sentido, nota-se um consenso entre a maioria dos autores, que estudam os impactos da vegetação no planejamento urbano, como elemento importante para a diminuição da temperatura nas cidades, assim como, ameniza as questões climáticas por meio da diminuição das amplitudes térmicas, melhora o ar a ser respirado, protege o solo contra erosão, protege das forças dos ventos, diminui a poluição sonora, absorve a poluição da atmosfera contribuindo ao refúgio da fauna, promovendo desta forma a ampliação da biodiversidade (CECCHETTO, 2014; NUCCI, 2008; DUARTE, 2010).

Por entende-se que as áreas verdes apresentarem um papel importante, sobre a perspectiva do conforto térmico, seja pelo sombreamento que áreas verdes podem proporcionar, na redução da temperatura e mitigação da ilha de calor urbana, melhora o microclima com o equilíbrio da temperatura através da sombra e da evapotranspiração. Assim como, as áreas verdes, atuando no microclima urbano.

Segundo Mascarello (2017) as áreas verdes podem favorecer em diversos aspectos, ameniza a radiação solar na estação quente e modifica a temperatura e a umidade relativa do ar do recinto através do sombreamento que reduz a carga térmica recebida pelos edifícios, veículos e pedestres; modifica a velocidade e direção dos ventos; atua na percepção acústica; E quando em grandes quantidades, interferem na frequência das chuvas devido à evado-transpiração e a permeabilidade/infiltração do solo junto às raízes. (SONG; ZHI-HUA et al. 2015; Martini et al. 2018; Fernandes et al. 2020;

LIMA et al. 2012; Silva et al. 2018; Kruger et al. 2018; Shinzato et al. 2018; MUNIZ-GAAI et al. 2018; BELTRAN, et al. 2012; VIEIRA et al. 2018 ; AZEVEDO et. Al. 2015; MARTINI et al.2015; SZUCS. 2014; OLIVEIRA et al. 2014; BALTAZAR et al. 2014; LUSETTET al. 2013; JUNIOR et al. 2013; KRUGER et al. 2012 ; LABAKI et al. 2012; ROSSI el al. 2012; ABREU et al. 2012; DACANAL et al. 2009; ABDELHAKIM et al. 2017 ; RICHARDS et al. 2020; YU et al. 2020; ARAM et al. 2019; LOBACCARO et al. 2015 ; GEORGI et al. 2010; COHEN et al.2012; CHOW et al. 2016; WANG, Yupeng; ZACHARIAS, John. 2015; CHEUNG et al. 2018; HSIEH et al. 2016; CHEUNG et al. 2019; ALKAM, 2012; TALEGHANI et al. 2015).

Outrossim, nota-se a importância do estudo e planejamento de áreas verdes estar incluso nos projetos urbanos e políticas públicas, para o desenvolvimento de cidades saudáveis, uma vez que estes podem proporcionar a formação de microclimas urbanos distintos, assim como trazer uma experiência de conforto térmico e qualidade de vida para os pedestres (THOM et al., 2016).

Entretanto, há a necessidade de uma extensa e completa avaliação quanto ao tipo de vegetação escolhido, como estratégia de mitigação do desconforto térmico, uma vez que estudos recentes afirmam que nem todos os tipos de vegetação são igualmente eficazes na promoção do conforto térmico, podendo variar muito entre tipologias, apresentando diferentes cenários para os microclimas urbanos (RICHARDS et al., 2020; WINSTON et al., 2016; YU et al., 2018).

Entende-se que as cidades compostas por ruas, avenidas, praças e jardins bem arborizados são fatores indispensáveis na busca por qualidade de vida da população. As árvores, isoladas ou em grupos, atenuam grande parte da radiação incidente, impedindo que seu conjunto atinja o solo ou as construções.

Por outro lado, torna-se evidente nas análises entre as diversas pesquisas consultadas que, para se conseguir um resultado mais relevante sobre a perspectiva de conforto, quanto a sua eficácia, percebe-se uma dependência significativa sobre os padrões de densidade, forma, tamanho e posição da vegetação, sendo, em geral,



aquelas com características mais densas e estratificadas capazes de atenuar a temperatura do ar, interceptar a radiação solar e manter o fluxo de vento, indo (DACANAL et al., 2009; Yu et al., 2020; GEORGI et al., 2010; BELTRAN, et al., 2012; SHINZATO et al., 2018; SONG; ZHI-HUA, 2015).

Nesse sentido, assim como, Tejas (2012), apresentou em seu estudo uma análise temporal entre 1985 e 2011, para os índices de vegetação urbana, ao qual identificou que houve um crescimento em até 11% da classe temática de vegetação inexistente, e 16% para a baixa densidade de vegetação sendo mais expressivo nos setores: norte, centro e sul do perímetro urbano. No entorno encontrou-se a categoria de média densidade de vegetação com pequenas manifestações de floresta ombrófila aberta principalmente nos bairros Triângulo, Área Militar (5°BEC) e Jardim Santana.

Assim, resgatando a hipótese desse estudo, que visa confirmar da importância da vegetação para a contribuição de conforto térmico a partir da relação da temperatura de superfície na área urbana de Porto Velho/RO, nota-se que as zonas e bairros que obtiveram as maiores temperatura, assim como, os maiores valores dos Índices de desconforto da cidade, demonstrado nas figuras 3, 4, 5 e 6, foram os locais que tiveram os menores índices de vegetação, confirmado através do NVDI, conforme figura 7, assim como, as áreas com maior adensamento das áreas construídas, através do NDBI, ou seja, foi possível evidenciar que as zonas como maiores aglomerados de áreas construídas e baixo índice de áreas verdes, obtiveram os maiores IDK e TS.

Portanto, podemos considerar que a substituição de áreas verdes por superfície impermeáveis acaba por gerar impactos negativos para o meio ambiente urbano (TUCCI, 1997; SHINZATO, 2009, GARTLAND, 2011; TASSI, 2014). Nesse sentido, a identificação desses ambientes pode proporcionar intervenções nessas áreas que precisem de maior atenção quanto ao controle do microclima urbano das cidades.

Por outro lado, verificou-se a necessidade de maior aprofundamento acerca das espécies de vegetação considerando as particularidades locais, especialmente em relação a tipologia climática, uma vez que dada a escolha adequada, a cobertura vegetal

poderá então otimizar as temperaturas das cidades. Embora haja a indicação por alguns pesquisadores de não alteração nas condições de conforto, por meio da vegetação, há um consenso teórico sobre o significativo potencial das vegetações, sob a perspectiva do conforto térmico para o planejamento urbano.

## **9. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Partindo da premissa que o presente estudo visa a confirmação que o conforto térmico está diretamente associado à presença de vegetação e com os menores valores de temperatura de superfície na área urbana de Porto Velho-RO. Assim, prevendo identificar a contribuição da percentagem de área verde urbana e da Temperatura da Superfície para a promoção do conforto térmico e da sensação térmica para a cidade de Porto Velho/RO.

A metodologia se mostrou eficaz para a identificação das áreas verdes urbanas, na espacialização da TS, bem como na identificação dos índices de vegetação e de área construída, conforme o monitoramento nas unidades amostrais urbanas da cidade de Porto Velho-RO. Nota-se que as áreas verdes urbanas podem proporcionar microclimas urbanos que promovem melhores condições de TS e, por conseguinte, de conforto térmico.

Em Novos estudos, recomenda-se ainda a utilização de outros índices bioclimáticos, a fim de comparação com o IDK, bem como uma análise para constatar qual deles melhor detalha as condições na região.

Assim como, os dados gerados nesse tipo de estudo favorecem diretamente as atividades que visam o desenvolvimento sustentável da cidade, a identificação desses ambientes pode proporcionar intervenções nessas áreas que precisem de maior atenção quanto ao controle do microclima urbano.

## REFERÊNCIAS

ABDELHAKIM, Hanafi; ALKAMA Djamel, Role of the urban vegetal in improving the thermal comfort of a public place of a contemporary Saharan city, *Energy Procedia*, Volume 119, p. 139-152, 2017.

ABREU, Loyde Vieira; LABAKI, Lucila Chebel. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v.10, n.4, p.103-117, 2010.

ABREU-HARBICH, Loyde V.; LABAKI, Lucila C.; MATZARAKIS, Andreas. Thermal bioclimate in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. *Theoretical and applied climatology*, v. 115, n. 1, p. 333-340, 2014.

AHMED, K. S. Comfort in Urban Spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. *Energy and Buildings*, v. 35, n. 1, p. 103-110, 2003.

ANDRADE, Telma Côrtes et al. Medição do conforto térmico em áreas públicas urbanas de Salvador-BA e calibração do índice de conforto pet usando a técnica árvore de decisão. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, p. 278-296, 2016.

ANDREOU, E.; AXARLI, K. Investigation of urban canyon microclimate in traditional and contemporary environment. *Experimental investigation and parametric analysis. Renewable Energy*, v. 43, p. 354-363, 2012.

ARAM, Farshid et al. Urban green space cooling effect in cities. *Heliyon*. 5, Issue 4, 2019.

ASAEDA, Takashi; CA, Vu Thanh; WAKE, Akio. Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere. *Atmospheric environment*, v. 30, n. 3, p. 413-427, 1996.

AZEVEDO, Pedro Vieira de et al. Characterization of human thermal comfort in urban areas of brazilian semiarid. Rev. bras. meteorol., São Paulo, v. 30, n. 4, p. 371-380, 2015.

BALOGUN, I. A.; BALOGUN, A. A.; ADEYEWA, Z.D. Observed urban heat island characteristics n Akure, Nigeria. African Journal of Environmental Science and Technology.v. 6, n. 1, p. 1-8, 2012.

BALTAZAR, Sofia. New bioclimatic maps of Lisbon. Spatial modelling of physiological equivalent temperature. Finisterra, Lisboa, n. 98, p. 81-94, 2014.

BELTRAN, Jair Preciado. Desenvolvimento regional e meio ambiente: desafios para a construção da região metropolitana de Bogotá (Colômbia). 2012.

BORGES, Valéria Valente; ZAIDAN, Ricardo Tavares. Levantamento Do Diferencial Térmico Da Superfície Da Bacia Hidrográfica Do Rio Paraíba-MG/RJ/2008, Pelo Sensor Termal Do Satélite LANDSAT-5. Revista de Geografia-PPGEO-UFJF, v. 1, n. 2, 2011.

BOUKHABL, Moufida; ALKAM, Djamel. Impact of vegetation on thermal conditions outside, Thermal modeling of urban microclimate, Case study: the street of the republic, Biskra. Energy Procedia, v. 18, p. 73-84, 2012.

BOURBIA, F.; BOUCHERIBA, F. Impact of street design on urban microclimate for semi-arid climate (Constantine). Renewable Energy,v. 35, p. 343-347, 2010.

BRITO, R. S. Estudo do clima urbano na cidade de Campina Grande, Paraíba.2007. 86 f. Dissertação(Mestrado em Meteorologia) -Universidade Federal de Campina Grande,Campina Grande, 2007.

BRITO, T.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; LYRA, G.; ZERI, M. Multivariate analysis applied to monthly rainfall over Rio de Janeiro state, Brazil. *Meteorology and Atmospheric Physisc*, Vienna, v.129, n.5, p.469-478, 2016.

BUENO, C. L. Estudo da Atenuação da Radiação Solar Incidente por Diferentes Espécies Arbóreas. 1998. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campinas, Campinas, 1998.

BUSSAB, Wilton de O; MORETTIN, Pedro A. Estatística básica. In: Estatística básica. 2010.

Cardoso, N. S., & Jorge Filho, H. O., (2017). A influência da vegetação no conforto térmico para a condição microclimática de cascavel/pr. *Revista Thêma et Scientia*, 7(1E), 90-104.

CHEUNG, Pui Kwan et al. Spatio-temporal comparison of neustonic microplastic density in Hong Kong waters under the influence of the Pearl River Estuary. *Science of the Total Environment*, v. 628, p. 731-739, 2018.

CHEUNG, Pui Kwan; JIM, Chi Yung. Effects of urban and landscape elements on air temperature in a high-density subtropical city. *Building and Environment*, v. 164, p. 106362, 2019.

CHOW, Winston TL et al. Assessment of measured and perceived microclimates within a tropical urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 16, p. 62-75, 2016.

CHUNHUA, Yan et al., Quantifying the cooling effect of urban vegetation by mobile traverse method: A local-scale urban heat island study in a subtropical megacity *Building and Environment*, v. 169, 2020.

COELHO, André Luiz Nascentes; CORREA, Wesley de Souza Campos. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.

COHEN, Pninit; POTCHTER, Oded; MATZARAKIS, Andreas. Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. *Building and Environment*, v. 51, p. 285-295, 2012

COSTA, Douglas F. da; SILVA, Hélio R.; PERES, Leonardo de F. Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias. *Engenharia Agrícola*, v. 30, 2010.

DACANAL, Cristiane; LABAKI, Lucila Chebel; SILVA, Talita Meulman Leite da. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115-132, 2009.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Aspectos Climáticos de Curitiba-PR: uma contribuição para o ensino médio. *RA'EGA*, Curitiba, n. 3, 1999.

DE ASSIS, Eleonora Sad et al. Habitação social e eficiência energética: um protótipo para o clima de Belo Horizonte. 2007.

DE MEDEIROS, Jéssica Israele; CAMPOS, Cláudia Guimarães Camargo; DE JESUS, Rodrigo Morche. Aplicação de Sensoriamento Remoto para a Identificação das Ilhas de Calor Urbana de Superfície e do Índice de Desconforto de Kawamura nas Capitais dos Estados do Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 07, p. 3518-3553, 2020.

DE OLIVEIRA SANCHES, Fabio; FIALHO, Edson Soares; QUINA, Robson Rodrigues. Evidências de mudanças climáticas em Viçosa (MG). *Revista do Departamento de Geografia*, v. 34, p. 122-136, 2017.

DUARTE, Manuela de Luna Freire et al. Comportamento microclimático Urbano: estudo de caso de um recorte urbano em João Pessoa-PB. 2010.

ÉGERHÁZI, Lilla Andrea; KOVÁCS, Attila; UNGER, János. Application of microclimate modelling and onsite survey in planning practice related to an urban micro-environment. *Advances in Meteorology*, v. 2013, 2013.

ELVIDGE, Christopher D. et al. A área construída dos EUA se aproxima do tamanho de Ohio. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 85, n. 24, pág. 233-233, 2004.

ELVIDGE, Christopher D. et al. US constructed area approaches the size of Ohio. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 85, n. 24, 2004.

Everitt, B. S, Dunn, G. (1991) *Applied multivariate analysis*. Edward Arnold, London, 400:316.

FARAH, Ivete Mello Calil. *Arborização pública e desenho urbano na cidade do Rio de Janeiro: a contribuição de Roberto Burle Marx*. 1997.

FARAH, Ivete Mello Calil. *Arborização pública e desenho urbano na cidade do Rio de Janeiro: a contribuição de Roberto Burle Marx*. 1997.

FARIAS, O. G.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em região montanhosa no litoral sul do estado Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba*, v.21, n.13, p.172-185, 2017.

FERNANDES, Maria Eugênia; MASIERO, Érico. Relação entre conforto térmico urbano e Zonas Climáticas Locais. *urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana, Curitiba*, v. 12, 2020.

FIALHO, Edson Soares. Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

França MS. Microclimas e suas relações com o uso do solono entorno de escolas públicas na cidade de Cuiabá/MT. Revista Educação. Cultura e Scuola 2012.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. Manual of thermal comfort: architecture and urbanism. 2006.

FROTA, Anésia; SCHIFFER, Sueli. Manual de conforto térmico: Arquitetura e urbanismo. São Paulo: Nobel, 2006.

GALILI, Tal et al. heatmaply: an R package for creating interactive cluster heatmaps for online publishing. Bioinformatics, v. 34, n. 9, p. 1600-1602, 2018.

GARTLAND, Lisa. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Oficina de textos, 2011.

GILLNER, Sten et al. Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. Landscape and Urban Planning, v. 143, p. 33-42, 2015.

HSIEH, Chun-Ming; JAN, Feng-Chun; ZHANG, Liman. A simplified assessment of how tree allocation, wind environment, and shading affect human comfort. Urban Forestry & Urban Greening, v. 18, p. 126-137, 2016.

HUETE, A. R. et al. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. Remote Sensing of Environment, v. 59, n. 3, p. 440-451, 1997.



JUNIOR, João de Athaydes et al. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém, PA. Rev. bras. meteorol., São Paulo, v. 28, n. 4, p. 419-428, 2013.

KRUGER, Eduardo Leite et al. Calibração do índice de conforto para espaços externos Physiological Equivalent Temperature (PET) para Curitiba. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 135-148, 2018.

KRUGER, Eduardo Leite et al. Estudo de conforto em espaços abertos em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 7-25, 2012.

KRUGER, Eduardo Leite et al. Estudo de conforto em espaços abertos em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 7-25, 2012.

KRUGER, Eduardo Leite et al. Calibração do índice de conforto para espaços externos Physiological Equivalent Temperature (PET) para Curitiba. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 135-148, 2018.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. F.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. Mudanças Climáticas e o Impacto das Cidades. Fórum Patrimônio, Belo Horizonte, Vol 4, n 1, 2011.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. Fórum Patrimônio, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

LABAKI, Lucila Chebel et al. Conforto térmico em espaços públicos de passagem: estudos em ruas de pedestres no estado de São Paulo. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 167-183, 2012.

LABAKI, Lucila Chebel et al. Conforto térmico em espaços públicos de passagem: estudos em ruas de pedestres no estado de São Paulo. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 167-183, 2012.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C, D.; BATISTA, J, O. Casa eficiente: consumo e geração de energia. Florianópolis: UFSC/labEEE , Volume 2, 2010.

LANDSBERG, H. E. Inadvertent atmospheric modification through urbanization. In *Weather and Climate Modification*. W. Hess, Ed., John Wiley and Sons, New York, 1974.

LANDSBERG, H.E. (1997). *The urban climate*. New York, Academic Press, 276p.

LIMA, Lincon de Carvalho et al. Conforto térmico em espaços abertos no clima quente e úmido: estudo de caso em um parque urbano no Bioma Mata Atlântica. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 109-127, 2019.

LIMA, Lincon de Carvalho et al. Conforto térmico em espaços abertos no clima quente e úmido: estudo de caso em um parque urbano no Bioma Mata Atlântica. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 109-127, 2019.

LOBACCARO, Gabriele; ACERO, Juan A. Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*, v. 14, p. 251-267, 2015.

LOMBARDO, M. A. *Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P.M.B. Estudo da variabilidade do “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” utilizando Krigagem indicativa. *HOLOS Environment*, Rio Claro, v.4, n.1, p. 38 – 55. mai. 2004.

LUSET, Mireya & García Izaguirre, Víctor. La influencia de la configuración de los cañones urbanos en el confort del peatón. *Nova scientia*. V.6, p. 228-253, 2013.

LYRA, G. B.; OLIVEIRA-JÚNIOR J. F.; ZERI M. Cluster analysis applied to the spatial and temporal variability of monthly rainfall in Alagoas state, Northeast of Brazil. *International Journal of Climatology*, Londres, v.34, n.13, p.3546-3558, 2014.

MASCARELLO, Alba Valéria Sandi et al. EFEITOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA VIÁRIA SOBRE O CONFORTO TÉRMICO – Estudo de Caso em Pará de Minas–Minas Gerais. 2017.

MARTINI, Angeline; BIONDI, Daniela; BATISTA, Antonio Carlos. A influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima do entorno imediato. *Ciênc. Florest.*, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 997-1007, 2018.

MATSON, Michael et al. Satellite detection of urban heat islands. *Monthly Weather Review*, v. 106, n. 12, p. 1725-1734, 1978.

MEDRI, Waldir. Análise exploratória de dados. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2011.

MENDONÇA, F. A. O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno. Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MINELLA, Flavia Cristina Osaku; HONJO, Susan; KRUGER, Eduardo Leite. Estratégias de melhoria do ambiente térmico diurno em situação de verão de uma fração urbana da cidade de São Paulo. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 139-158, 2012.

MONTEIRO, C. A de F (1976). Teoria e Clima Urbano. São Paulo, IGEOG-USP. Série Teses e Monografias, nº25.

MONTEIRO, C.A de F.; MENDONÇA, F. (Org.) (2003). Clima Urbano. São Paulo: Contexto.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelos Preditivos de Estresse Termo-Fisiológico: estudo empírico comparativo em ambientes externos. In: Encontro Nacional De Tecnologia no Ambiente Construído, 12., Fortaleza, 2008. Anais. Fortaleza, 2008.

MONTGOMERY D. C., RUNGER, G. C. Applied Statistics and Probability for Engineers. 4ª Ed., Jonh Wiley & Sons, Inc., 2007, 490p.

MUNIZ-GÄAL, Lígia Parreira et al. Parâmetros urbanísticos e o conforto térmico de cânions urbanos: o exemplo de Campinas, SP. Ambiente Construído, v. 18, n. 2, p. 177-196, 2018.

NUCCI, João Carlos. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). Edição do autor, 2008.

NORMAS ABNT 2022: CONFIRA UM GUIA COM TODAS AS REGRAS! ATUALIZADAS, NORMAS ABNT.org, 2022. Disponível em: <https://www.normasabnt.org/normas-abnt-2022/> Acesso em 24 de dezembro de 2022.

OLIVEIRA, Sandra; VAZ, Teresa; ANDRADE, Henrique. Perception of thermal comfort by users of urban green areas in Lisbon. Finisterra, v. 49, n. 98, 2014.

ONO, H. S. P.; KAWAMURA T.. Sensible Climates in Monsoon Asia. International Journal of Biometeorology, Vol. 35, nº XX, pp. 39-47, 1991.

ORTIZ, Gislene Figueiredo; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Ilhas de calor em Cândido Mota/SP: Algumas considerações. *Formação (Online)*, v. 1, n. 18, 2011.

PAIVA, Flávia Ingrid; ZANELLA, Maria Elisa. MICROCLIMAS URBANOS NA ÁREA CENTRAL DO BAIRRO DA MESSEJANA, FORTALEZA/CE. *Revista Equador*, v. 2, n. 2, p. 153-172, 2013.

PERIGOLO, Natália Alves. Caracterização dos tipos vegetacionais do médio rio Madeira, Rondônia. 2014.

PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C. Conforto Térmico em Espaços Urbanos Abertos: avaliação em áreas de fluxo de pedestres. In: Encontro nacional de e latino americano de conforto no ambiente construído, 9, Ouro Preto, 2007.

PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C. Conforto Térmico em Espaços Urbanos Abertos: avaliação em áreas de fluxo de pedestres. In: Encontro nacional de e latino-americano de conforto no ambiente construído, 9, Ouro Preto, 2007.

PEZZUTO, Claudia Cotrim; LABAKI, L. C.; FRANCISCO FILHO, L. L. Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. Estudo de caso em Campinas, SP. Universidade Estadual de Campinas Faculdade, 2007.

PINHEIRO, R. T.; MARCELINO, D. G.; MOURA, D. R. de. Análise comparativa dos mapeamentos de temperaturas obtidos por imagens termais e medidas de campo em Belo Horizonte/MG. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente. SER|UFPR: Curitiba/PR*, v. 46, 2018. p.211-228.

PINTO, J. L. C.; SILVA, F. S.; ELMIRO, M. A.; NOBRAGA, R. A. A. Impacto da implantação do BRT na arborização da região central de Palmas, Tocantins. *ANAIS do II Modelagem de Sistemas Ambientais e Gestão da Paisagem: Desafios e aplicações. IGCUFMG: Belo Horizonte/MG*, 2016. p.107-118.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, Helena; PESQUERO, Célia Regina; COELHO, Micheline de Sousa Zanotti Stagliorio. Clima urbano e saúde: uma revisão sistematizada da literatura recente. *Estudos avançados*, v. 30, p. 67-82, 2016.

RIBEIRO, Renata Maciel et al. Os processos de urbanização e conversão florestal na Amazônia paraense—um estudo multiescalar. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 35, n. 3, 2018.

RICHARDS, Daniel R. et al. Differential air temperature cooling performance of urban vegetation types in the tropics. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 50, p. 126651, 2020.

ROJAS-CORTORREAL, Gilkauris et al. El efecto del confort térmico producido por la especie arbórea almez en el espacio público. *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 2016.

ROLIM, G. S., SENTELHAS, P. C. Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite & Mather (1955). Piracicaba. ESALQ. 1999. CD-ROM.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.6, n.1, p.133-137, 1998.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Atualização da Cartografia Básica, Porto Velho. Porto Velho: Zoneamento Socioeconômico e Ecológico, 2002.

RONDÔNIA. Zoneamento socioeconômico ecológico do Estado de Rondônia. Secretaria de Planejamento do Estado de Rondônia: escala 1: 250.000. Porto Velho: Secretaria de Planejamento do Estado de Rondônia, 2001.

ROSSI, Francine Aidie; KRUGER, Eduardo Leite; BRODE, Peter. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.

ROSSI, Francine Aidie; KRUGER, Eduardo Leite; BRODE, Peter. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.

ROSSI, Francine Aidie; KRUGER, Eduardo Leite; BRODE, Peter. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, 2012.

SALATA, Ferdinando et al. Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A transversal study in Rome, Italy. *Building and environment*, v. 96, p. 46-61, 2016.

SARRICOLEA ESPINOZA, Pablo; MARTÍN-VIDE, Javier. El estudio de la isla de calor urbana de superficie del área metropolitana de Santiago de Chile con imágenes terra-MODIS y análisis de componentes principales. *Revista de Geografía Norte Grande*, n. 57, p. 123-141, 2014.

SHIMABUKURO, Yosio Edemir; PONZONI, Flávio Jorge. *Mistura Espectral: modelo linear e aplicações*. Oficina de Textos, 2017.

SHINZATO, Paula. *O impacto da vegetação nos microclimas urbanos*. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SHINZATO, Paula; DUARTE, Denise Helena Silva. Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico em espaços abertos em função das interações solo-vegetação-atmosfera. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 197-215, 2018.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues da et al. Future scenarios of thermal bioclimatic conditions in a humid tropical city under urban development. *Rev. Ambient. Água, Taubaté*, v. 13, n. 5, 2018.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues da et al . Future scenarios of thermal bioclimatic conditions in a humid tropical city under urban development. Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 13, n. 5, 2018.

SILVA, Vicente de Paulo Rodrigues da et al . Future scenarios of thermal bioclimatic conditions in a humid tropical city under urban development. Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 13, n. 5, 2018.

SONG, Jiyu; Wang, Zhi-Hua. Interfacing the Urban Land-Atmosphere System Through Coupled Urban Canopy and Atmospheric Models. Boundary-Layer Meteorology. v.154. p. 427-448, 2015.

STEWART, I.; OKE, T. Local climate zones for urban temperature studies. American Meteorological Society. p. 1879-1900, 2012.

SZUCS, Ágota; GAL, Tamás; ANDRADE, Henrique. Comparison of measured and simulated mean radiant temperature. Case study in Lisbon (Portugal). Finisterra, n. 98, p. 95-111, 2014.

SZUCS, Ágota; GAL, Tamás; ANDRADE, Henrique. Comparison of measured and simulated mean radiant temperature. Case study in Lisbon (Portugal). Finisterra, n. 98, p. 95-111, 2014.

TAHA, Haider; AKBARI, Hashem; ROSENFELD, Artur. Efeitos de ilha de calor e oásis de copas vegetativas: medições de campo micrometeorológicas. Climatologia Teórica e Aplicada, v. 44, n. 2, 1991.

Taleghani, Mohammad et al. Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. Building and environment, v. 83, p. 65-78, 2015.



Taleghani, Mohammad et al. Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. *Building and environment*, v. 83, p. 65-78, 2015.

TEJAS, Graziela Tosini et al. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio do sensoriamento remoto na cidade de Porto Velho/RO (1985-2011). *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n. 32, 2017.

TEJAS, Graziela Tosini. Estudo da variabilidade climática em Porto Velho/RO-Brasil, no período de 1982 a 2011. *Revista de Geografia*, v. 29, n. 2, p. 63-83, 2012.

THOM, Jasmine K. et al. The influence of increasing tree cover on mean radiant temperature across a mixed development suburb in Adelaide, Australia. *Urban forestry & urban greening*, v. 20, p. 233-242, 2016.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance climatology. *Centerion*, v.8, n.1, p. 1-86, 1955

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano (2013). Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8 EUA. Disponível em <http://landsat.usgs.gov>, acesso em: 12 de dezembro de 2022.

VIEIRA, Elamara Marama Araujo et al. Comportamento de modelos adaptativos de conforto térmico frente ao modelo de Fanger em intensivistas adaptados ao clima tropical. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 479-490, 2018.

VOOGT, James A.; OKE, Tim R. Complete urban surface temperatures. *Journal of applied meteorology*, v. 36, n. 9, p. 1117-1132, 1997.

WANG, Yupeng; ZACHARIAS, John. Landscape modification for ambient environmental improvement in central business districts—a case from Beijing. *Urban forestry & urban greening*, v. 14, n. 1, p. 8-18, 2015.

WANG, Yupeng; ZACHARIAS, John. Landscape modification for ambient environmental improvement in central business districts—a case from Beijing. *Urban forestry & urban greening*, v. 14, n. 1, p. 8-18, 2015.

WENG, Qihao; LU, Dengsheng. A sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis, United States. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, v. 10, n. 1, p. 68-83, 2008.

WENG, Qihao; LU, Dengsheng. Uma análise subpixel do efeito da urbanização na temperatura da superfície terrestre e sua interação com a superfície impermeável e a cobertura vegetal em Indianápolis, Estados Unidos. *Jornal internacional de observação terrestre aplicada e geoinformação*, v. 10, n. 1, pág. 68-83, 2008.

XIMENES, Deize Sbarai Sanches et al. A importância dos espaços públicos e áreas verdes pós-pandemia na cidade de São Paulo (SP). *Revista LABVERDE*, v. 10, n. 1, 2020.

YU, Qiuyan; ACHEAMPONG, PU, Ruiliang; LANDRY, Shawn; JI, Wenjie; DAHIGAMUWA, Thilanki. Assessing effects of urban vegetation height on land surface temperature in the City of Tampa, Florida, USA. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. v.73, p. 712-720, 2020.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal Of Remote Sensing, China*, v. 24, n. 3, p.583-594, 23 out. 2001.