



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia Florestal
Campus de Belém-CCNT-V

Aline Fernandes Amorim

**EFEITO AMENIZADOR DO COMPONENTE
ARBÓREO NO MICROCLIMA E NA QUALIDADE DO
AR DE ÁREAS URBANAS NA CIDADE DE BELÉM-
PA.**

Belém

2019

Aline Fernandes Amorim

**EFEITO AMENIZADOR DO COMPONENTE ARBÓREO NO
MICROCLIMA E NA QUALIDADE DO AR DE ÁREAS URBANAS NA
CIDADE DE BELÉM-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito ao curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia para a obtenção do título de Engenheiro Florestal da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Dr. Eliane De Castro Coutinho
Co-Orientador: Msc. Carlos José Capela Bispo

Belém

2019

Aline Fernandes Amorim

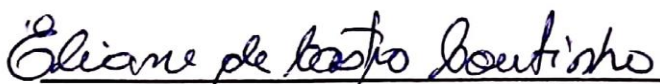
**EFEITO AMENIZADOR DO COMPONENTE ARBÓREO NO
MICROCLIMA E NA QUALIDADE DO AR DE ÁREAS URBANAS NA
CIDADE DE BELÉM-PA**

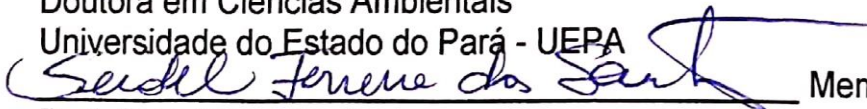
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito ao curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia para a obtenção do título de Engenheiro Florestal da Universidade do Estado do Pará.

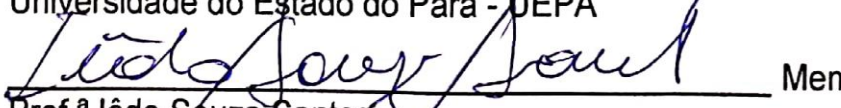
Nota: 10

Data de aprovação: 11 / 12 / 2019

Banca examinadora:


Orientadora
Prof.^a Eliane de Castro Coutinho
Doutora em Ciências Ambientais
Universidade do Estado do Pará - UEPA


Membro
Prof. Seidel Ferreira Santos
Doutor em Biodiversidade e biotecnologia
Universidade do Estado do Pará - UEPA


Membro
Prof.^a Iêdo Souza Santos
Doutor em Engenharia de produção
Universidade do Estado do Pará - UEPA

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me conduzido durante os cinco anos de graduação, me fortalecendo em vários momentos no qual cogitei desistir;

Aos meus pais por terem investido em mim, Luis Paulo Amorim, o qual dedicou sua vida em prol da minha criação e à minha mãe, Samara Fernandes que cuidava de mim nos detalhes, os dois sempre lutaram por mim;

À minha irmã, Ana Paula Amorim que sempre esteve comigo durante muitas batalhas e me ajudando a me acalmar quando passava por dificuldades.

À minha amiga Bárbara Miranda, um presente que a graduação me deu, além de ser minha parceira de trabalhos, assim como a Kevilin Mercês, Thais Ferreira e Maycon Silva, são amizades que irei levar para a vida toda.

Ao meu namorado Artur Magno que me ajudou na reta final de TCC, além de vários desafios enfrentados.

À minha orientadora Eliane Coutinho, a qual nos deu a oportunidade de iniciar a pesquisa com PIBIC e me orientou durante quase toda graduação.

À Universidade do Estado do Pará pela realização do curso e pelas bolsas concedidas durante a coordenação/CNPQ pela bolsa de iniciação científica.

À todo apoio indireto de amigos durante essa caminhada.

AMORIM, A.F. **Efeito amenizador do componente arbóreo no microclima e na qualidade do ar de áreas urbanas na cidade de Belém-PA.** 2019.39fls.Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2019.

RESUMO

O avanço da urbanização tem elevado o aumento da concentração de efluentes gasosos e variação microclimática em centros urbanos. Em vista disso, estudos relacionados à influência da arborização na amenização do clima urbano e qualidade ambiental tornam-se necessários para conhecimento do conforto térmico. Portanto, a atual pesquisa visou analisar a variabilidade térmica e a qualidade do ar em pontos da cidade de Belém e avaliar o efeito amenizador das espécies arbóreas no microclima. Dessa forma, o estudo foi desenvolvido em quatro áreas de influência, nas quais apresentavam quatro pontos de medição da árvore (à sombra, 10m, 20m e 30m). Os resultados demonstraram que as áreas localizadas em avenidas apresentaram maior temperatura do ar e menor umidade, assim como notou-se o efeito amenizador das árvores quanto ao raio de distância dos pontos, observou que à sombra as áreas apresentaram maior atenuação da temperatura, carga térmica radiante e conservação da umidade. Além de que, nas áreas mais urbanizadas foram encontrados os maiores valores de velocidade do vento durante os dois períodos sazonais. Quanto à poluição por monóxido de carbono, os maiores índices foram apresentados nas áreas com maior influência de agentes poluentes (A2 e A4), devido estarem no centro com alto fluxo de veículos que são fontes emissoras desse poluente, além de que os valores estavam acima do padrão de qualidade final para CO, representando um risco à saúde humana. Enquanto que, para dióxido de carbono o maior valor foi encontrado em área arborizada, sendo explicado pela presença de vegetação e o processo de respiração diurna que resulta em fonte emissora de CO₂, além disso, foi notada uma relação diretamente proporcional entre alto índice de CO₂ com altas temperaturas. Conclui-se também que a vegetação influencia na amenização de poluentes, pois mesmo em áreas mais poluídas, nos pontos próximos à árvore houve amenização dos índices. Dessa forma, os efeitos benéficos da presença de áreas verdes nos centros urbanos devem ser levados em consideração em projetos de arborização na cidade devido à redução de temperaturas, conservação da umidade e amenização de poluentes.

PALAVRAS CHAVES: Conforto Térmico; Vegetação; Poluição Atmosférica.

AMORIM, A.F. **The effect of tree component on the microclimate and air quality of urban areas in the city of Belém-PA.** 2019. 39fls. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado do Pará, Belém-PA, 2019.

ABSTRACT

The advance of urbanization has increased the increase of the concentration of gaseous effluents and microclimate variation in urban centers. In view of this, studies related to the influence of afforestation on urban climate mitigation and environmental quality are necessary to know the thermal comfort. Therefore, the current research aimed to analyze the thermal variability and air quality in points of the city of Belém and to evaluate the mitigating effect of tree species on the microclimate. Thus, the study was conducted in four areas of influence, in which four measuring points of the tree (in the shade, 10m, 20m and 30m). The results showed that the areas located in avenues had higher air temperature and lower humidity, as well as the mitigating effect of the trees in relation to the distance of the points. radiant and moisture conservation. Moreover, in the most urbanized areas the highest wind speed values were found during the two seasonal periods. Regarding carbon monoxide pollution, the highest rates were found in areas with the greatest influence of pollutants (A2 and A4), due to the fact that they are in the center with high flow of vehicles that are sources of this pollutant, and the values were above of the final quality standard for CO, representing a risk to human health. While for carbon dioxide the highest value was found in wooded area, being explained by the presence of vegetation and the diurnal respiration process that results in a CO₂ emitting source, in addition a directly proportional relationship between high CO₂ index and high temperatures. It is also concluded that the vegetation influences the pollutants mitigation, because even in more polluted areas, in the points near the tree there was a mitigation of the indices. Thus, the beneficial effects of the presence of green areas in urban centers should be taken into account in urban afforestation projects due to reduced temperatures, moisture conservation and pollutant mitigation.

KEY-WORD: Thermal comfort; vegetation; atmospheric pollution.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Diagrama da metodologia de estudo para coleta de dados	16
Figura 2 - Mapa com localização das áreas de estudo, Belém-PA.	17
Figura 3 - Registro fotográfico das áreas de coleta: a) Área 1; b) Área 2; c) Área 3; d) Área 4.....	18
Figura 4 - Representação ilustrativa da metodologia dos pontos de raio de influência. ...	19
Figura 5 - Carta Bioclimática de Olgay para habitantes de clima quente.	23
Figura 6 - Variação da temperatura e umidade nas áreas durante os dois períodos sazonais.	26
Figura 7 - Velocidade média do vento nas áreas de estudo.....	27
Figura 8 - Índices de monóxido de carbono nas áreas de estudo.	30
Figura 9 - Índices de dióxido de carbono nas áreas de estudo	31
Figura 10 - Relação do índice de CO ₂ com a temperatura do ar nos dois períodos sazonais	32
Figura 11 - Carta bioclimática para as áreas de estudo durante o período chuvoso.....	33
Figura 12 - Carta bioclimática para as áreas de estudo durante o período seco	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores Médios de Temperatura do Ar (TA, °C), Umidade Relativa do Ar (UR, %) e Carga Térmica Radiante (CTR, W m ⁻²) para as áreas avaliadas durante o período chuvoso:.....	24
Tabela 2 - Valores Médios de Temperatura do Ar (TA, °C), Umidade Relativa do Ar (UR, %) e Carga Térmica Radiante (CTR, W m ⁻²) para as áreas avaliadas durante o período seco:.....	25
Tabela 3 – Variação relativa das variáveis ambientais de cada área: Variações relativas da Carga Térmica Radiante (VR CTR%); Variações relativas da Temperatura do Ar (VR TA %) e Variações Relativas da Umidade Relativa do ar (VR UR %)	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Localização das áreas de estudo	17
Quadro 2 - Características físicas das áreas de coleta	18
Quadro 3 - Interpretação de valores do índice de desconforto térmico (IDT)	21
Quadro 4 - Valores e interpretação do IDT nas áreas de estudo	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
2.1. Objetivo geral	8
2.2. Objetivos específicos.....	8
3 REVISÃO DE LITERATURA	8
3.1. Fontes de poluição atmosférica.....	8
3.2. Padrões de qualidade do ar	10
3.3. A influência da vegetação no conforto térmico e fenômeno de ilha de calor.....	11
3.3. O componente arbóreo nos centros urbanos	13
3.4. Parâmetros meteorológicos.....	14
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1. Área de estudo	16
4.2. Coleta de dados	17
4.3. Medição de parâmetros meteorológicos.....	19
4.4. Materiais utilizados	20
4.5. Análise dos dados	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Variação dos parâmetros climatológicos nas áreas de estudo:.....	23
5.1.1. Umidade relativa do ar	26
5.1.2. Variação da velocidade do vento.....	27
5.1.3. Índice de desconforto térmico	27
5.1.4. Variação relativa das variáveis climáticas	28
6. Variação do índice de monóxido de carbono (CO) nas áreas	29
7. Variação do índice de dióxido de carbono (CO ₂) nas áreas.....	30
8. Carta bioclimática das áreas de estudo.....	32
9. CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

Desde o contexto da revolução industrial, a sociedade vem progredindo com inovações tecnológicas, instalações industriais, desenvolvimento das cidades e dos modais de transporte que promovem geração de renda, benefícios e conforto. Em contrapartida, esse desenvolvimento trouxe a poluição atmosférica, uma preocupação global que tem efeitos adversos à saúde humana, ocasionando diversos problemas, dentre eles doenças respiratórias e cardiovasculares (D'AMELIO; SILVA, 2018).

A poluição atmosférica, no ambiente urbano de regiões metropolitanas, demonstra um aumento na concentração de efluentes gasosos no ar, dentre esses os mais presentes são dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrogênio (NO_x), ozônio (O₃), materiais particulados (MP), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs) e metais pesados (MARTINS *et al.*, 2008).

O efeito da antropização pode trazer modificações no microclima local das cidades, podendo o regime de chuvas e a temperatura sofrerem alterações. (GERAVANDI, *et al.* 2015; GONÇALVES, *et al.* 2012). Nos centros urbanos é notável a progressiva substituição da cobertura de vegetação natural por outro tipo de pavimento, sendo asfalto ou concreto, principalmente. Oleson, *et al.* (2015) abordam que a partir disso são criadas superfícies impermeáveis que reduzem as taxas de evapotranspiração, o que influencia diretamente no conforto térmico, pois esses materiais absorvem maior grau de calor durante o dia e ocorre a liberação dessa energia à noite.

A cidade de Belém juntamente com Manaus, são cidades que sofreram o processo de urbanização concentrada nas capitais (TRINDADE JÚNIOR, 2015), devido ao crescimento da cidade associado à urbanização, o que gerou impactos locais como a perda de cobertura vegetal, assim como, as alterações no uso da cobertura do solo que colaboram com mudanças no ar atmosférico, no teor de umidade, ecossistema e variação do clima local em áreas urbanas, fenômeno denominado de ilhas de calor (DE SOUZA; DO NASCIMENTO; DOS SANTOS ALVALÁ, 2016).

Devido ao ineficaz planejamento urbano das cidades, os centros urbanos estão sofrendo com as consequências da ocupação desordenada e principalmente retirada de áreas verdes. Tendo em vista disso, estudos relacionados com a influência da arborização na amenização do clima urbano e qualidade ambiental tornam-se necessárias para conhecimento do conforto térmico e da qualidade do ar de como forma de controle ambiental. (TORRESANI, *et. al.*2016; GOMES; AMORIM 2003)

Nesse contexto, levando em consideração a necessidade de mensuração da qualidade do ar em áreas urbanas, este estudo visou de forma geral analisar a variabilidade térmica e a qualidade do ar em pontos distribuídos pela cidade de Belém, a partir da presença de vegetação arbórea, e com isso determinar quais pontos são mais sensíveis às variações térmicas e poluição do ar, tendo em vista as diferentes características físicas, ambientais e meteorológicas de cada área de estudo e o tipo de espécie arbórea existente.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito amenizador das espécies arbóreas no microclima e na qualidade do ar de áreas urbanas na cidade de Belém-Pa.

2.2. Objetivos específicos

- a) Monitorar parâmetros meteorológicos conforme as áreas e pontos de coleta durante período seco e chuvoso;
- b) Determinar o conforto térmico em cada área de estudo;
- c) Avaliar a qualidade do ar em cada área de coleta, a partir da coleta de índices de CO e CO₂;
- d) Correlacionar a presença do componente arbóreo com as variáveis meteorológicas mensuradas em cada área de coleta.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Fontes de poluição atmosférica

A poluição atmosférica pode ser denotada como resultado de atividades que direta ou indiretamente acarretam efeitos negativos que comprometem a qualidade do ar e de vida da população, atingindo aspectos da atmosfera, saúde, economia e vegetação (DERISIO, 2012).

A lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 que trata da Política Nacional do Meio Ambiente também aborda o conceito e dispõe que a poluição é entendida por:

“III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) “lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”

Dessa forma, a poluição pode ser provocada por vários fatores, sendo que a antropização do espaço é o principal agente responsável, consequência de atividades humanas ligadas ao fenômeno de urbanização que tem elevado a concentração de vários gases de efeitos nocivos, ocasionando a concentração em metrópoles (MARTINS; SILVA, 2016).

O desenvolvimento dos centros urbanos nas cidades e consequentemente aumento populacional demandam a necessidade de maior mobilidade de pessoas e fluxo de mercadorias, portanto, há o aumento crescente da frota veicular, devido ao incremento diário de veículos automotores, os quais são as principais fontes emissoras de poluição, com geração de gases poluentes a partir da queima de combustíveis fósseis, assim como a ocorrência de instalações industriais nos centros urbanos (MARTINS, 2008; FERREIRA; OLIVEIRA, 2016).

O Brasil apresenta uma frota veicular em constante crescimento desde 1980. De acordo com o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Os dados demonstram que em 2012 o número de veículos atingiu um valor próximo a 49 milhões, sendo que 57% correspondem a automóveis, 28% a motocicletas, 11% a veículos comerciais leves, 3% a caminhões e 1% a ônibus, além de que entre os anos de 2009 a 2012, houve aumento de 27% do volume de veículos automotores (MMA, 2013).

A cidade de Belém apresenta elevado crescimento populacional nos últimos anos, assim como também tem demonstrado crescimento da frota veicular, pois no ano de 2016, a cidade apresentava 1.827.135 veículos, tendo apresentado aumento de mais de 50% do número quando comparado aos dados do ano de 2010 (IBGE, 2016), ou seja, em seis anos, a frota de veículos apresentou crescimento acelerado, o que compromete a qualidade de vida da população, pois houve o aumento da emissão de gases poluentes na capital.

As ações antrópicas estão trazendo prejuízos com o aumento da concentração destes elementos, diminuindo a qualidade de vida da sociedade e modificando os padrões de clima, principalmente no meio urbano. Logo, a maior emissão dos diversos gases poluentes ocorre em cidades, com aglomeração urbana, onde há maior influência antrópica, os quais são diretamente afetados pelos efeitos da mudança da qualidade do ar atmosférico (DE CARVALHO, 2011).

Gouveia *et. al* (2003); Nardocci, *et al.*(2013) realizaram estudos para avaliar o impacto da poluição do ar nas internações causadas por doenças respiratórias e cardiovasculares a partir da utilização de modelos de séries temporais relacionando as concentrações diárias de poluentes (material particulado, enxofre e ozônio) com temperatura, umidade, dias da semana e feriados e foram encontradas associações estatísticas significantes com o número de internações. Devido tais efeitos da poluição na saúde da população, tem-se a necessidade de melhoria nas políticas de controle da qualidade do ar.

3.2. Padrões de qualidade do ar

Devido ao incremento da poluição atmosférica nos centros urbanos, são necessárias medidas para prevenção e mensuração da poluição atmosférica, entre as quais estão: os padrões de qualidade do ar, o monitoramento da qualidade do ar, o conhecimento da fonte emissora, entre outros (MACHADO, 2013).

A resolução CONAMA nº 03 de 28 de junho de 1990 dispõe que os poluentes atmosféricos são substâncias que em certa concentração podem alterar a qualidade do ar atmosférico e causar danos à saúde, segurança, bem estar, à flora e fauna, aos materiais e meio ambiente em geral, estando relacionados à queima de combustíveis fósseis, atividades industriais e construções, que podem causar doenças cardiovasculares e respiratórias. (GERAVANDI, *et al.*,2015). A legislação ratifica que:

“Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - Inconveniente ao bem-estar público;

III - Danoso aos materiais, à fauna e flora.

IV - Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”

A legislação também estabelece dois tipos de padrão de qualidade do ar: Padrões Primários de Qualidade do Ar, que correspondem às concentrações de poluentes que caso sejam ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população e os Padrões Secundários de Qualidade do Ar, que são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos na CONAMA nº 3 de 1990 e atualizados na Resolução nº 491 de 2018 que abordam a mensuração de partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂). Estes padrões foram estabelecidos tendo em vista os efeitos nocivos causados à saúde da população.

3.3. A influência da vegetação no conforto térmico e fenômeno de ilha de calor.

Pode-se afirmar que o processo de urbanização modifica tanto a qualidade do ar como as características climáticas, pois o elevado índice de poluentes no ar, somado ao alto número e concentração de edificações prejudicam a circulação do ar, assim como o transporte de calor e vapor d'água, pois a supressão da vegetação diminui a permeabilidade do solo e evapotranspiração, causando o aumento da incidência de reflexão solar (albedo), da temperatura e menor umidade (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003; BERNARDES; MENDES, 2012).

Além da poluição em grande escala no meio urbano há também a deficiência de conforto térmico, devido principalmente à falta de planejamento na ocupação do solo, com a retirada de vegetação, o que gera modificação dos padrões de clima e prejuízos à qualidade de vida da sociedade (MIRANDA *et al.*, 2016).

Em virtude disso, estudos científicos como os de Gomes e Amorim (2003), Labaki *et al.* (2011); Mendonça e Castelhana (2016) e Monte, Albuquerque e Reisen (2016) foram desenvolvidos nos últimos anos com o intuito de analisar a influência da vegetação em virtude do conforto térmico, através da análise de variáveis meteorológicas com o tipo de ocupação do solo, os quais atestaram que a

presença de vegetação em áreas urbanas pode atenuar a sensação térmica, além de influenciar na umidade, ventilação e sombreamento de áreas.

Os mais recentes estudos comprovam que a presença de árvores em centros urbanos pode influenciar a área sombreada a qual está inserida, assim como a interferência em escala maior da cidade. Cohen, Potchter e Matzarakis (2012) abordam que abaixo da cobertura de uma árvore, a redução da temperatura pode chegar até 4°C, quando comparada à área com exposição direta dos raios solares. A vegetação tem o papel fundamental no conforto térmico e qualidade do ar em ambientes urbanos, pois controla a incidência de radiação, além de aumentar a umidade relativa do ar, a partir do sombreamento e da evapotranspiração (LABAKI, *et al.*, 2011).

Andrade e Jeronimo (2015) elucidam que a retirada da vegetação de áreas urbanas, dando lugar à ocupação por áreas edificadas, ocasiona a percepção de vários efeitos no clima local, tornando as cidades com maiores temperaturas em destaque o fenômeno ilha de calor perceptível nas cidades, definido por Oke (1987) como o aumento da temperatura do ar e da superfície em uma área urbana.

A ilha de calor está relacionada aos tipos de materiais utilizados em pavimentos (asfalto e concreto), além do uso de metais e vidros, devido esses materiais possuírem capacidade térmica diferente da cobertura por vegetação, apresentando maior grau de reflexão e aumentando a temperatura local, produzindo maior liberação de calor para a atmosfera, o que reflete diretamente no conforto térmico das pessoas e na geração de ambientes termicamente desconfortáveis. (COMARAZAMY *et al.*, 2007; TORRESANI, *et al.*, 2016)

Em relação à cidade de Belém, o desenvolvimento de ilhas de calor se dá devido a vários fatores, além de que se destaca a localização da cidade, pois está situada em área de baixa latitude equatorial, portanto, recebe alto grau de insolação, sendo assim, a retirada da cobertura vegetal pode ter impacto na saúde da população, pois a ausência dessa cobertura prejudica o processo de evapotranspiração realizado pelas plantas, e dessa forma colabora em diminuição das taxas de umidade e aumento da temperatura perceptível no centro da cidade (RODRIGUES; LUZ, 2007).

Em estudo realizado por Costa (2001) em áreas urbanas da cidade de Belém, o autor aborda a presença de ilha de calor com variação diária de temperatura entre a área urbana e rural de até 4,5 °C, sendo que os maiores valores de temperatura encontrados foram em locais com menor grau de cobertura vegetal, com maior quantidade de áreas construídas, o que ratifica a geração de ambientes com estresse de calor concentrados no centro da cidade e com maior grau de desconforto térmico.

Barbosa *et al.*, (2011) realizou pesquisa sobre a influência da verticalização na temperatura do ar na cidade de Belém, realizando levantamento bibliográfico sobre evolução de pavimentos de 1978 a 2009, como resultados os autores apresentam que as temperaturas mínimas sofreram aumento durante esses 16 anos, sendo que 93% das causas é devido ao processo de verticalização da cidade e conseqüentemente retirada de áreas verdes.

3.3. O componente arbóreo nos centros urbanos

O crescimento desordenado perceptível em centros urbanos tem dado espaço às ocupações irregulares do solo e dificultado a execução de planejamentos adequados que viabilizem a arborização, pelo contrário é observada a substituição de áreas verdes por edificações, provocando a diminuição da qualidade de vida nas cidades (EMER *et al.*, 2011). A Organização Mundial de Saúde faz a recomendação de 12m² de área verde por habitante, o que não é observado nos principais centros urbanos.

Apesar de haver conhecimento da importância do clima no planejamento urbano, é constatado que pouco desse conhecimento é utilizado em projetos de planejamento das cidades. Em vista disso, a arborização urbana deve ser elencada como principal elemento a ser inserido, pois a presença de componente arbóreo no centro urbano atua diretamente em vários aspectos que podem ser mensurados como: a melhoria do microclima, diminuição de ruídos, atenuação de poluentes atmosféricos, melhoria estética e efeitos de sombra, ou seja, o componente arbóreo tem contribuição ambiental e benefícios na saúde da população. (MILANO E DALCIN, 2000)

A cidade de Belém apresenta plano Municipal de Arborização Urbana estabelecido pela lei nº 8909, de 29 de março de 2012 a qual determina a utilização

de espécies nativas da região amazônica, no entanto, em estudos realizados na cidade, é observada a presença de espécies não recomendadas para plantio em vias públicas, isso se deve a ausência de planejamento urbano durante a introdução da arborização urbana na cidade. (OLIVEIRA *et. al.*, 2018).

Diante disso, são importantes estudos que colaborem com a importância do componente arbóreo na cidade e ratifiquem a necessidade da melhoria de ações quanto à arborização da cidade.

3.4. Parâmetros meteorológicos

Os efeitos na qualidade do ar e no microclima tornam necessárias análises e medições dos parâmetros meteorológicos nos centros urbanos. Moreira, Tirabassi e Moraes (2008) expõem que as condições proporcionadas por temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, dentre outros são parâmetros que influenciam na poluição ambiental com dispersão ou acumulação de poluentes.

Monte, *et al.* (2016) em seu estudo apresenta a influência das variáveis meteorológicas sobre a qualidade do ar na Região de Vitória, Espírito Santo, no qual concluiu que a precipitação pluviométrica e a baixa velocidade do vento contribuíram para classificar uma qualidade do ar como “não boa”, ratificando que esses parâmetros podem atuar no nível de poluentes em uma área.

Os fatores que interferem no clima podem ser globais ou locais: sendo os globais que determinam o clima e variáveis como: a temperatura do ar, precipitação, umidade e radiação solar. Enquanto que os fatores locais podem ser a topografia, a vegetação e ocupação do solo, dentre outros que são capazes de influenciar na geração de microclimas em áreas urbanas (SHAMS, *et al.*, 2009).

Para o estudo, a temperatura do ar é a principal variável a ser mensurada, pois está relacionada a origem de diversos microclimas, assim como tem alta influência no conforto térmico, devido à elevação de temperatura em centros urbanos com a presença de ilhas de calor. Santana (2014) aborda que a formação do calor em áreas urbanizadas está associada à presença dos seguintes fatores: verticalização, ausência de áreas verdes, taxas de albedo (reflexão) e intensa circulação de veículos.

Outra variável importante é a umidade relativa do ar que corresponde à quantidade de vapor d'água contido na atmosfera, sendo expressa pela razão entre a pressão do vapor de água existente no ar e a pressão vapor de água saturado, podendo variar de 0 a 100%, em caso de alcance do valor máximo, pode-se afirmar que o ar está em estado saturado. A umidade influencia na temperatura, pois, conforme o aumento da temperatura do ar, menor será a umidade relativa, além de ter influência nos processos de evaporação e evapotranspiração, formação de nuvens e precipitação (PEREIRA, *et al.* 2017).

A velocidade do vento é outro parâmetro importante, principalmente nos centros urbanos, os quais apresentam maior crescimento vertical, com a presença de prédios, pois a densidade e geometria das edificações podem influenciar na circulação do ar e no transporte de calor e vapor d'água para a atmosfera (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

A medição da temperatura de globo negro é importante devido ser uma das variáveis para cálculo da temperatura média radiante, a qual corresponde à quantidade de radiação térmica refletida por superfícies do ambiente observado. (COUTINHO, 2011). Caso haja uma diferença alta entre a temperatura do ar e a temperatura do globo, isso pode demonstrar que houve um aumento na radiação térmica do ambiente, portanto, a temperatura média radiante tem alta influência na avaliação do conforto térmico (ALFANO, *et al.*, 2013).

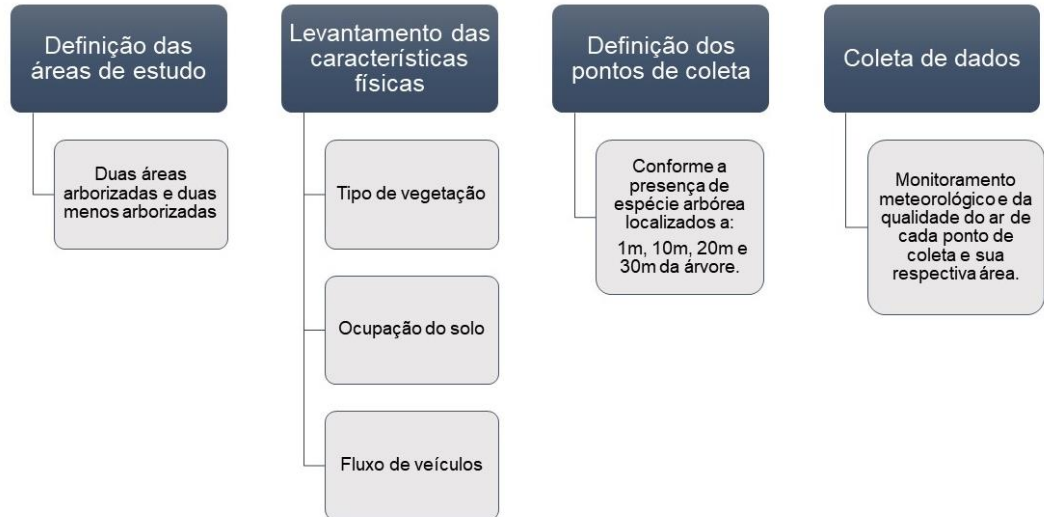
A temperatura do ponto de orvalho corresponde à temperatura na qual o ar úmido torna-se saturado, nesse caso, a pressão de vapor iguala-se a pressão de vapor saturado e a umidade relativa do ar torna-se 100%. A mensuração da temperatura do ponto de orvalho é devida indicadora de condições atmosféricas, por exemplo, uma temperatura do ponto de orvalho medida com valor próximo à temperatura do ar pode indicar baixo valor de umidade relativa, assim como podem ser previstas a ocorrência de geadas e neblinas a partir dessa medição, além de indicar a quantidade de água existente presente no ar por unidade de volume (TALAIA; VIGARIO, 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia desta pesquisa possui quatro metas, divididas em suas respectivas etapas, que serão executadas em escala temporal (dois períodos

sazonais) e a escala espacial, conforme os pontos escolhidos para a coleta, conforme o diagrama da Figura 1.

Figura 1- Diagrama da metodologia de estudo para coleta de dados

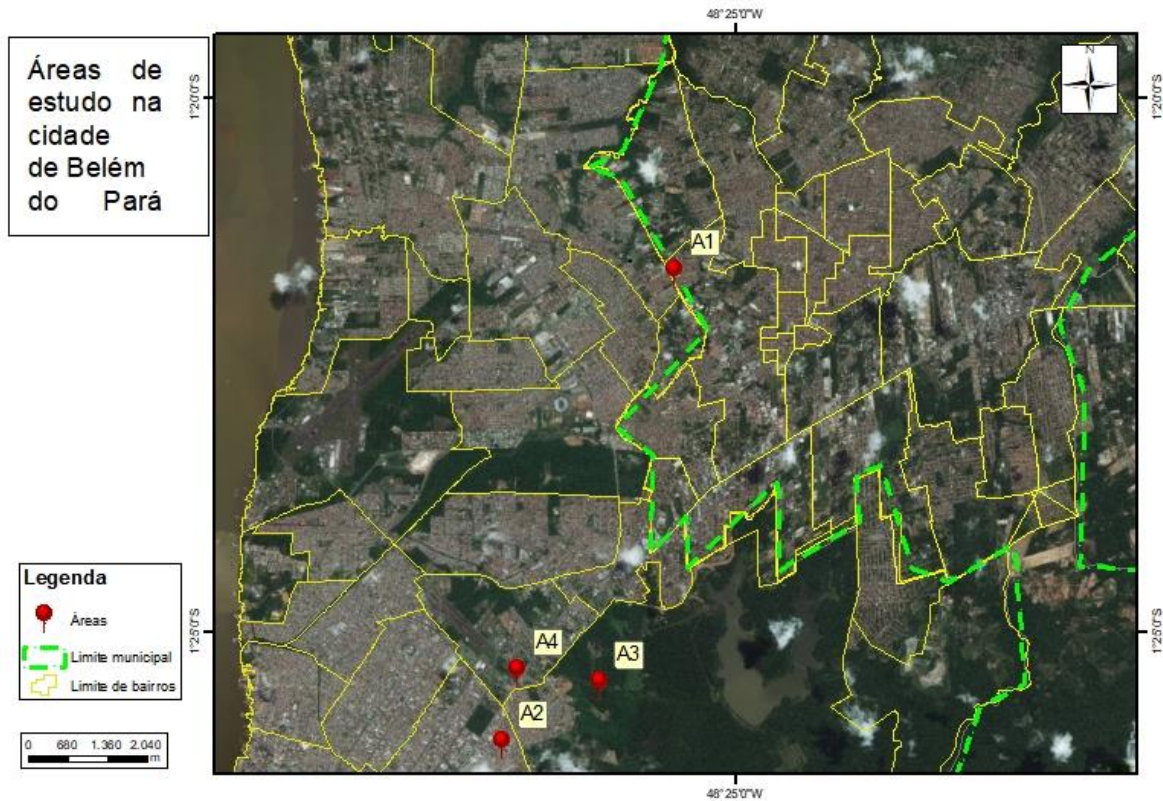


Fonte: Autora, 2019.

4.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em quatro áreas da cidade de Belém (Figura2, Quadro 1), município localizado no estado do Pará, com território municipal de 1.059,458 km² com aproximadamente 1.485.732 habitantes (IBGE, 2018). De acordo com a classificação de Koppen, o clima é do tipo tropical chuvoso de monção (Am), com valor de temperatura média anual entre 26,0 ± 0,4 °C, e valores máximos e mínimos variando de 31,5 ± 0,7 °C a 22,0 ± 0,3 °C e alta pluviosidade. (COSTA, 1998; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2012). Além de que, a cidade também apresenta dois períodos sazonais: período chuvoso, que compreende os meses de dezembro a abril e seco, entre os meses de maio a outubro.

Figura 2 - Mapa com localização das áreas de estudo, Belém-PA.



Fonte: Autora, 2019.

Quadro 1 - Localização das áreas de estudo

Áreas	Coordenadas		Endereço
	Latitude	Longitude	
1	01° 21. 630'	048° 25.573'	Condomínio Park Itália, Rodovia Mário Covas.
2	01° 21. 630'	048° 25.575'	Avenida João Paulo II, próximo a av. Doutor Enéas Pinheiro
3	01° 26.058'	048° 27.206'''	Parque estadual do Utinga.
4	01° 25. 522'	048° 26.145'	Avenida Júlio César, próximo à av. Almirante Barroso

Fonte: Autora, 2019.

4.2. Coleta de dados

Foi realizado previamente às coletas, o levantamento das características físicas das quatro áreas de estudo, com observação do tipo de ocupação do solo, quantidade de arborização presente e fluxo de veículos, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Características físicas das áreas de coleta

Áreas	Presença da vegetação	Fluxo de veículos
1 – Área de lazer de condomínio	Espécies arbóreas e gramíneas presentes em bosque;	Desprezível
2– Av. João Paulo II	Espécies arbóreas em menor número presentes somente em canteiro.	Alto
3– Parque Estadual do Utinga	Espécies arbóreas em maior quantidade, presença de remanescente florestal	Desprezível
4– Avenida Júlio César	Espécies arbóreas em menor número presentes somente em canteiro.	Alto

Fonte: Autora, 2019

As áreas de estudos foram determinadas de acordo com o estabelecido na metodologia, sendo duas áreas com menor influência de agentes poluentes e mais arborizadas: área 1 e área 3 e duas áreas localizadas em avenidas com menor arborização: área 2 e área 4 (Figura 3).

Figura 3 - Registro fotográfico das áreas de coleta: a) Área 1; b) Área 2; c) Área 3; d) Área 4



Fonte: Autora, 2019.

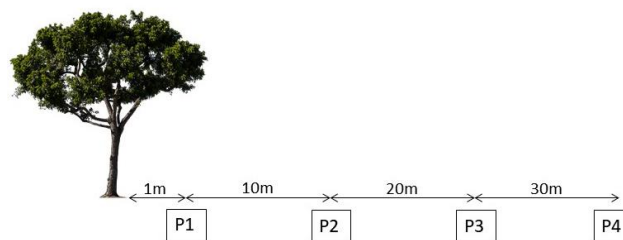
4.3. Medição de parâmetros meteorológicos

Os dados utilizados nesta pesquisa são de:

- Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) (TAR);
- Umidade relativa do ar (%) (UR);
- Velocidade do vento (ms^{-1});
- Observação do tempo presente;
- Temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$) (TGN);
- Dióxido de carbono (ppm) (CO_2);
- Monóxido de carbono (ppm) (CO);
- Dados das normais climatológicas de 1981-2010 de Belém e dados pluviométricos nos dias de coleta do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018).

Os dados foram obtidos em quatro pontos de cada área de estudo, sendo o primeiro escolhido conforme a presença de espécie arbórea, seguidos de outros três pontos localizados à 1m, 10 metros, à 20 metros e à 30 metros da sombra da árvore escolhida, conforme a figura 4.

Figura 4 - Representação ilustrativa da metodologia dos pontos de raio de influência.



Fonte: Autora, (2019).

O período de coleta foi realizado durante dois meses da estação chuvosa (novembro de 2018 a abril de 2019) e dois meses da estação seca (maio a outubro de 2019).

As observações meteorológicas e ambientais foram feitas durante três dias consecutivos em dois horários, às 08:00 horas (horário de menor irradiância solar) e 12:00 horas (horário de maior irradiância solar) em 4 pontos de influência das espécies arbóreas, à sombra (1 metro) (P1), à 10 metros da sombra (P2), à 20 metros da sombra (P3) e ao sol, 30 metros da sombra (P4).

4.4. Materiais utilizados

Os dados meteorológicos e de poluição ambiental, foram obtidos a partir de Termômetros de Globo Negro (marca HIGHMED, modelo HMTGD-1800), instrumento de medição da temperatura de globo negro °C (TGN), temperatura do ar (TA), umidade relativa (UR), temperatura do ponto de orvalho (DEW) e temperatura de bulbo úmido (WET). Os dados de velocidade do vento (m/s) foram obtidos a partir da utilização de anemômetro (modelo AD-250).

Para os valores de dióxido de carbono (CO₂) e monóxido de carbono (CO), foram utilizados medidor de CO₂, temperatura e umidade (modelo AZ-77535) e medidor de CO (marca ICEL, modelo DG-5080).

Os termômetros de globo negro (marca HIGHMED, modelo HMTGD-1800), foram programados com intervalo de obtenção de dados a cada cinco minutos e foram instalados em cada subponto. Assim como foi realizada a coleta dos outros parâmetros (Velocidade do vento, CO e CO₂) em cada subponto.

4.5. Análise dos dados

Foram feitas as observações e análises dos dados meteorológicos e ambientais em escala temporal, comparando o período chuvoso com o menos chuvoso, e em escala espacial, comparando as áreas e pontos de coleta.

Os dados pluviométricos, das normais climatológicas de 1981-2010, disponibilizados pelo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), foram tabulados para os dias das coletas, para a estação meteorológica de Belém, posteriormente foi feita a comparação com os dados coletados nas áreas de estudo.

Para cálculo do índice de conforto térmico foi utilizado o Índice de desconforto térmico humano (IDT) proposto por Tom (1959), conforme a equação (1):

$$IDT = T - 0,55 \times (1 - 0,01 \times UR) \times (T - 14,5) \quad (1)$$

Onde,

T é a temperatura do ar (°C)

UR é a umidade relativa do ar (%)

A interpretação dos valores obtidos pela equação (1) é apresentada no quadro 1:

Quadro 3 - Interpretação de valores do índice de desconforto térmico (IDT)

IDT (°C)	Interpretação
$\geq 14,9$	Pouco desconfortável
$15,0 \leq \text{IDT} \leq 19,9$	Confortável
$20,0 \leq \text{IDT} \leq 26,4$	Parcialmente confortável
$\text{IDT} \geq 26,5$	Muito desconfortável

Foram determinadas algumas variáveis meteorológicas com o intuito de identificar a atenuação ou incremento dessas com as espécies arbóreas existentes nas áreas e pontos de coleta, e com isso, foi possível verificar a função dessas espécies em minimizar os efeitos da radiação solar.

- **Coefficiente de transferência de calor por convecção ao nível do globo (hcg)** ($\text{Wm}^{-2}\text{C}^{-1}$), conforme as equações (2) e (3) (ESMAY, 1979):

$$Hcg1 = 2,25|Tng - Tar|^{0,25} \quad (2)$$

$$Hcg2 = 13,6v^{0,6} \quad (3)$$

Onde,

Hcg é o coeficiente de transferência de calor ($\text{Wm}^{-2}\text{C}^{-1}$);

Tgn é a temperatura do globo negro (°C);

Tar é a temperatura do ar (°C);

v é a velocidade do vento (ms^{-1})

- **Temperatura Radiante Média (TRM):**

Correspondem à temperatura ambiente de uma circunvizinhança (ESMAY, 1979), conforme a equação (3):

- a) Em condições de convecção natural utilizar a equação (3) e obedecer a seguinte condição: $hcg1 > hcg2$

$$TRM = [(Tng + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 \times |Tng - Tar|^{0,25} \times (Tng - Tar)]^{0,25} - 273 \quad (4)$$

Onde:

Tgn é a temperatura do globo negro (°C);

Tar é a temperatura do ar (°C);

- b) Em condições de convecção forçada utilizar a equação (4) e obedecer a seguinte condição: $hcg1 < hcg2$

$$TRM = [(Tng + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times v^{0,6} \times (Tng - Tar)]^{0,25} - 273 \quad (4)$$

- **Carga Térmica Radiante (CTR):**

A CTR é a quantificação da radiação total recebida pelo objeto de todo o espaço circundante (ESMAY, 1979): Serviu para avaliar os efeitos da radiação solar nas áreas de estudo e a quantidade de radiação total recebida:

Conforme a equação (5):

$$CTR = \rho(TRM + 273)^4 \quad (5)$$

Onde,

CTR = Carga Térmica Radiante (Wm^{-2});

ρ = constante de Stefan - Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$);

TRM = Temperatura Radiante Média ($^{\circ}C$), conforme a equação 2.

- **Variação Relativa (VR)**

Para verificar a atenuação ou incremento de cada variável, foi calculado o percentual da variação relativa para as variáveis meteorológicas, ou seja, VR_{Tar} (Variação relativa da temperatura do ar), VR_{CTR} (Variação relativa da carga térmica) e VR_{UR} (Variação relativa da umidade relativa do ar) em relação às distâncias de influência das espécies arbóreas determinadas anteriormente, conforme a equação (6):

$$VR = \frac{VA_{sol} - VA_{sombra\ 1m/10m/20m/30m}}{VA_{sol}} \times 100 \quad (6)$$

Onde,

VR é a variação relativa (%);

VA_{sol} é a variação obtida do ponto ao sol;

$VA_{sombra/10m/20m/30m}$ é a variação obtida do ponto à sombra, à 1m, 10m, 20m e à 30m da sombra.

- **Carta Bioclimática de Olgay (1968):**

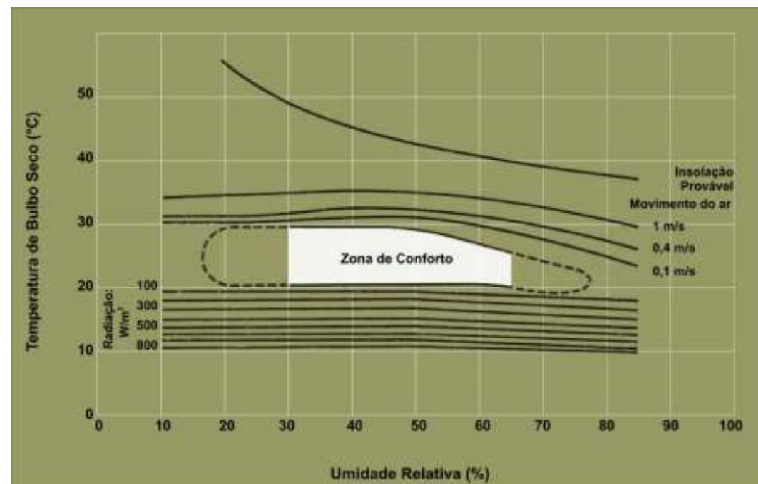
Foi confeccionada a carta bioclimática de Olgay (Figura 5) para os pontos de coleta, foram plotados para habitantes de clima quente os seguintes itens:

a) A média dos três dias da temperatura do ar, nos dois horários, dos 4 pontos: à 10 metros, à 20 metros e a 30 metros e ao sol;

b) A média dos três dias da umidade relativa do ar, nos dois horários, dos 4 pontos: à 10 metros, à 20 metros e a 30 metros e ao sol;

- c) A média dos três dias da velocidade do vento nos dois horários, dos 4 pontos: à 10 metros, à 20 metros e a 30 metros e ao sol;
- d) A Normal Climatológica da temperatura do ar nos meses correspondentes aos da coleta;
- e) A Normal Climatológica da umidade relativa do ar nos meses correspondentes aos da coleta;
- f) A Média dos três dias da temperatura do ar do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);
- g) A Média dos três dias da umidade relativa do ar do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);

Figura 5 - Carta Bioclimática de Olgay para habitantes de clima quente.



Fonte: Olgay, 1968.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Variação dos parâmetros climatológicos nas áreas de estudo:

A Tabela 1 mostra os valores médios dos dados meteorológicos durante o período chuvoso, no qual foram encontrados valores médios de temperatura do ar entre 26,5°C a 29,2°C. Em geral, houve atenuação da umidade relativa do ar (UR%) ao se afastar do ponto 1 (à sombra), seguido do aumento da temperatura para o restante dos pontos, quando comparado à sombra, assim como os pontos com maior temperatura e menor umidade foram os localizados em áreas menos arborizadas. Tais resultados colaboram com os resultados dos autores Ferreira e Herman (2016), que realizaram estudo no qual verificam a influência das espécies no microclima e conforto térmico em Goiânia e observaram o mesmo

comportamento de aumento da temperatura e diminuição de umidade ao aumentar o raio de distância em relação à árvore.

Em geral, notou-se comportamento semelhante da CTR nas áreas, pois esta foi aumentando conforme o afastamento dos pontos em relação à árvore. Os maiores valores de CTR foram observados na área 2 e área 4, localizadas em avenidas com maiores temperaturas e pouca arborização. A área 1 apresentou os menores valores de CTR, exceto no ponto 3 devido este ser o que ficava diretamente exposto à radiação solar, sem influência da vegetação. A área 3 também apresentou baixos valores de CTR, portanto, devido maior presença de cobertura vegetal nessas áreas, as funções básicas de atenuação da temperatura e conservação da umidade relativa do ar pela vegetação.

Durante os dois horários de coleta as maiores taxas de CTR foram observadas no horário das 12h, isso deve-se a posição de sombra das árvores e devido ser o período de maior irradiância solar.

Tabela 1 - Valores Médios de Temperatura do Ar (TA, °C), Umidade Relativa do Ar (UR, %) e Carga Térmica Radiante (CTR, W m⁻²) para as áreas avaliadas durante o período chuvoso:

Áreas	Posições	08h			12h		
		TA	UR	CTR	TA	UR	CTR
A1	Sombra	26,9	86,0	483,2	28,2	92,4	492,8
	10m	26,5	83,7	496,7	28,1	84,8	484,3
	20m	26,5	84,3	508,0	28,0	84,5	566,7
	30m	26,6	83,2	484,6	26,9	83,2	493,8
A2	Sombra	27,9	80,0	592,1	28,0	82,3	511,2
	10m	28,1	75,3	581,6	28,2	77,0	562,4
	20m	28,9	74,5	673,7	28,5	79,3	615,7
	30m	28,4	77,4	607,4	28,8	78,5	620,0
A3	Sombra	27,1	87,7	478,0	28,9	78,1	500,0
	10m	27,4	83,1	504,5	29,0	74,9	525,5
	20m	27,3	85,5	496,3	29,0	76,3	514,7
	30m	27,8	82,6	522,4	29,0	75,2	486,7
A4	Sombra	28,4	78,9	501,0	30,3	71,5	511,5
	10m	29,2	72,1	622,3	30,6	68,1	555,1
	20m	28,5	76,5	599,3	30,5	70,7	548,8
	30m	29,2	74,5	628,2	31,1	69,6	615,3

Enquanto que no período seco, observaram-se valores de temperatura do ar entre 28,2°C a 33,1°C, 2°C maior que no período chuvoso. (Tabela 2). Quanto às

variações dos parâmetros climáticos em relação ao raio de distância da árvore, os resultados apresentaram o mesmo comportamento observado no período chuvoso. No entanto, a área 1 apresentou maiores valores de CTR, quando comparado ao período chuvoso, isso se deve às maiores temperaturas encontradas na área, devido ao período de menor umidade.

Tabela 2 - Valores Médios de Temperatura do Ar (TA, °C), Umidade Relativa do Ar (UR, %) e Carga Térmica Radiante (CTR, W m⁻²) para as áreas avaliadas durante o período seco:

Áreas	Posições	08h			12h		
		TA	UR	CTR	TA	UR	CTR
A1	Sombra	28,8	74,0	496,4	32,1	57,8	529,3
	10m	30,6	62,8	688,4	32,5	51,6	710,2
	20m	28,6	73,6	599,9	32,1	56,3	763,8
	30m	28,2	75,0	546,1	31,8	57,8	605,4
A2	Sombra	29,2	74,4	559,3	32,1	64,1	624,9
	10m	29,4	67,9	707,0	32,9	55,2	820,2
	20m	29,4	74,0	700,4	32,6	60,0	726,7
	30m	29,0	74,8	615,2	33,1	58,4	873,3
A4	Sombra	29,5	69,7	516,0	32,8	56,6	532,2
	10m	30,4	60,4	792,7	33,1	52,5	618,8
	20m	30,1	66,7	668,2	33,0	56,2	559,0
	30m	30,2	65,3	742,5	33,0	55,4	674,8

Os dados demonstram que a vegetação tem influência significativa na redução de temperatura do ar, pois as áreas que apresentaram maiores valores médios de temperatura e de CTR foram as localizadas em avenidas (A2 e A4), visto que estas apresentam poucos indivíduos arbóreos. Os resultados colaboram com trabalhos realizados pelos autores Gonçalves, *et. al.*, (2012) e Labaki, *et. al.*, (2011).

Isso se deve ao fato de que nessas áreas houve a redução de áreas verdes que foram substituídas por pavimentos e construções, dessa forma, há o aumento da radiação solar direta, conseqüentemente, aumento da temperatura do ar, diminuição da umidade relativa do ar, alteração da direção de ventos, além de alteração da precipitação, gerando ambientes desconfortáveis termicamente, conforme versa Abreu e Labaki (2008). Quando há a presença de vegetação, esta é capaz de atenuar a temperatura do ar no ambiente devido a absorção da radiação incidente, em virtude do sombreamento proporcionado pelos indivíduos arbóreos, é

possível reduzir a temperatura da superfície de materiais sombreados (PANDIT; LABAND, 2010).

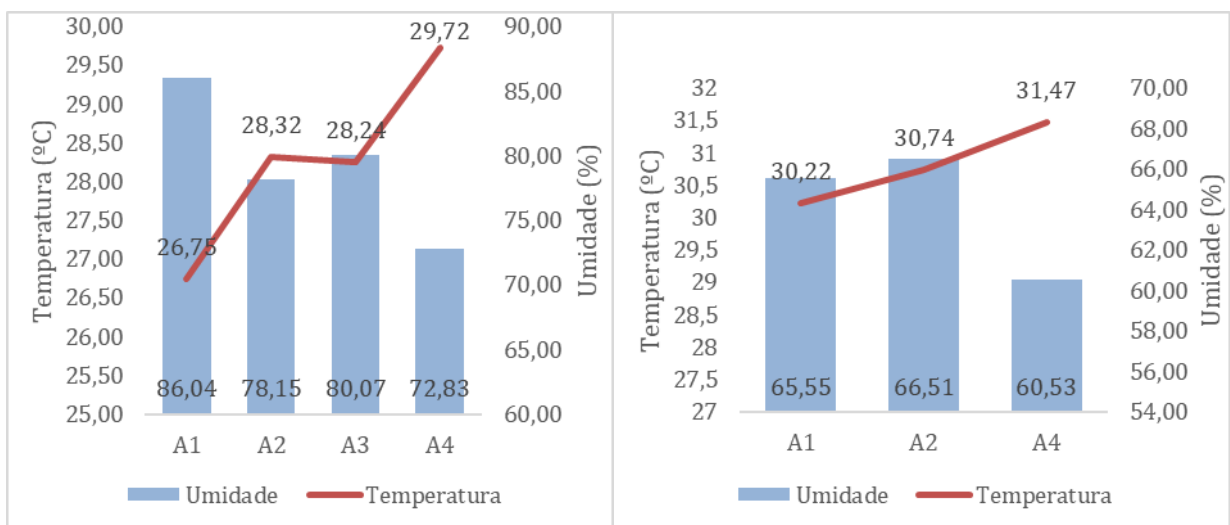
5.1.1. Umidade relativa do ar

Os valores de umidade foram modificados, significativamente, entre os períodos sazonais, pois no período chuvoso foram observados valores médios de umidade relativa do ar entre 75,11% a 89,29%, enquanto que no período seco foram de 62,72% a 67,78%, uma diferença de mais de 10%. Além de que, os maiores valores encontrados de umidade relativa do ar estão localizados nas áreas mais arborizadas (A1 e A3).

No geral, os resultados demonstraram que a relação entre temperatura e umidade é inversamente proporcional, pois quanto maior a temperatura, menor o valor da umidade relativa do ar. Nos dois períodos sazonais, a área 4 foi a que apresentou menores valores de umidade e maiores temperaturas, enquanto que a área 1 apresentou maior umidade e menor temperatura.

Observou-se comportamento semelhante nas áreas 2 e 3 durante o período chuvoso. No entanto, nota-se que apesar de A4 ser próxima da A2 e A3, esta apresenta características climáticas diferentes, o que configura a formação de ilha de calor. (Figura 6).

Figura 6 - Variação da temperatura e umidade nas áreas durante os dois períodos sazonais.



5.1.2. Variação da velocidade do vento

Durante os dois períodos sazonais, a velocidade do vento nas áreas de estudo seguiu o mesmo comportamento, o qual demonstra que nas áreas com menor ocupação por áreas verdes (A2 e A4), apresentaram os maiores valores para velocidades do vento, devido a presença de edificações que podem modificar a direção do vento, pois agem como força de atrito ao deslocamento dos ventos. Entre as áreas, A2 foi a que apresentou os maiores valores de velocidade do vento.

Figura 7 - Velocidade média do vento nas áreas de estudo.



5.1.3. Índice de desconforto térmico

Em relação ao índice de desconforto térmico obtido durante os dois períodos sazonais, verifica-se que os resultados demonstram que nenhuma área apresentou IDT com valor equivalente à “confortável” ($15,0 \leq \text{IDT} \leq 19,9$), no entanto, a área 1 no período chuvoso, se apresentou como “parcialmente confortável”. A variação média do IDT no período chuvoso apresentou menores valores variando entre 25,82 a 27,38 (Quadro 4).

Em contrapartida, no período seco os valores variaram de 27,14 a 28,66, além de que todas as áreas se caracterizaram como “muito desconfortável”, portanto, apesar de terem sido encontrados valores baixos dos parâmetros climáticos nas áreas arborizadas (A1 e A3), estas não proporcionam conforto térmico ao ambiente, devido ainda estarem inseridas em área urbana e com presença de elementos que interferem no microclima local.

Azevedo *et. al.*, (2015) em seu trabalho sobre conforto térmico em áreas urbanas do semiárido brasileiro, utilizando o mesmo índice, também observou que

as áreas urbanas apresentavam condições de clima inferiores às localizadas em áreas rurais, e isso é influenciado por características da cidade com estruturas e edifícios urbanos. Essa associação contribui para a formação de ilhas de calor urbanas e desconforto térmico.

Quadro 4 - Valores e interpretação do IDT nas áreas de estudo

Período chuvoso			Período seco		
Área	IDT Médio	Interpretação	Área	IDT Médio	Interpretação
A1	25,82	Parcialmente confortável	A1	27,14	Muito desconfortável
A2	26,57	Muito desconfortável	A2	28,66	Muito desconfortável
A3	26,70	Muito desconfortável	A3	-	-
A4	27,38	Muito desconfortável	A4	27,73	Muito desconfortável

5.1.4. Variação relativa das variáveis climáticas

A Tabela 3 mostra a relevância do sombreamento das árvores na atenuação na temperatura do ar (TA%), pois as maiores atenuações foram observadas nos pontos localizados à sombra, porém os valores não ultrapassaram 2,8%. Conforme o afastamento do ponto à sombra, a atenuação percentual da temperatura foi diminuindo.

Quanto à carga térmica radiante (CTR%), em geral os valores também apresentaram maior atenuação na posição à sombra nos dois horários, sendo que A4 teve a maior atenuação com 20,3% à sombra. Tais resultados colaboram com Ferreira e Herrman (2016) que avaliaram também a influência do sombreamento nos parâmetros climáticos e notaram o mesmo comportamento das variáveis, portanto confirmam a importância da arborização na amenização do microclima, e da importância do indivíduo arbóreo na atenuação da TA no seu entorno imediato, considerando o raio de influência.

Na variação da umidade relativa do ar (UR%), a relação é de incremento dessa variável, pois nos pontos localizados à sombra foram encontrados maiores valores de UR, portanto a variação relativa é menor e conforme o afastamento dos pontos, estes apresentam os menores valores devido apresentarem menor UR.

Tabela 3 – Variação relativa das variáveis ambientais de cada área: Variações relativas da Carga Térmica Radiante (VR CTR%); Variações relativas da Temperatura do Ar (VR TA %) e Variações Relativas da Umidade Relativa do ar (VR UR %)

ÁREA 1						
Posições	CTR (%)		TEMPERATURA (%)		UMIDADE (%)	
	08:00	12:00	08:00	12:00	08:00	12:00
1m	0,3	0,2	-1,2	2,6	3,7	-11,0
10m	-2,5	1,9	0,3	-4,2	6,3	-1,2
20m	-4,6	-14,8	0,2	-4,0	5,6	-1,5
ÁREA 2						
1m	2,5	17,6	1,8	2,7	-3,3	-4,7
10m	4,2	9,3	1,0	1,9	2,8	1,9
20m	-10,9	0,7	-1,7	0,8	3,7	-0,9
ÁREA 3						
1m	8,5	-2,7	2,7	0,6	-6,2	-3,9
10m	3,4	-8,0	1,4	0,0	-0,6	0,5
30m	5,0	-5,8	1,8	0,1	-3,5	-1,5
ÁREA 4						
1m	20,3	16,9	2,8	2,3	-5,9	-2,8
10m	0,9	9,8	0,1	1,4	3,3	2,1
20m	4,6	10,8	2,3	1,7	-2,7	-1,7

6. Variação do índice de monóxido de carbono (CO) nas áreas

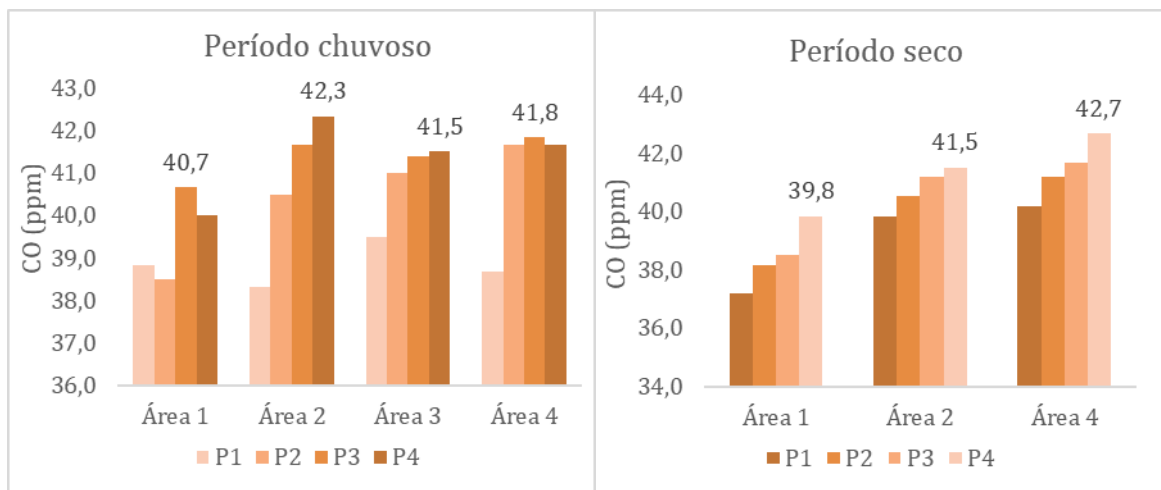
A Figura 8 apresenta os índices observados nas áreas durante os dois períodos sazonais. Os maiores índices de monóxido de carbono foram apresentados nas áreas com maior influência de agentes poluentes (A2 e A4), pois as maiores concentrações de CO se encontram em centros urbanos onde há intensa movimentação de veículos, enquanto que na área 1 (área mais isolada) apresentou as menores taxas de CO durante os dois períodos observados.

No entanto, todos os valores de CO observados estão acima do padrão de qualidade final de 9ppm no intervalo de 8 horas (valor definido pela Organização Mundial da Saúde) na resolução nº 491 de 2018, portanto representam um risco à saúde humana. Gouveia *et. al.*, (2005) relata que na cidade de São Paulo e Rio de Janeiro abordam que há uma relação estatística entre altos níveis de poluentes atmosféricos relacionado com maior taxa de mortalidade hospitalar, devido danos respiratórios e cardiovasculares em ambos os municípios.

Ressalta-se também que conforme o afastamento do raio de influência do componente arbóreo, houve um aumento progressivo da taxa de CO, isso se deve

pela aproximação do equipamento aos agentes poluentes (veículos), além disso, a vegetação ameniza os efeitos do poluente, pois nos pontos próximo a ela, mesmo estando em área próximo a fonte poluidora, a concentração de CO é menor, comprovando que a vegetação é um absorvedor de poluentes atmosféricos.

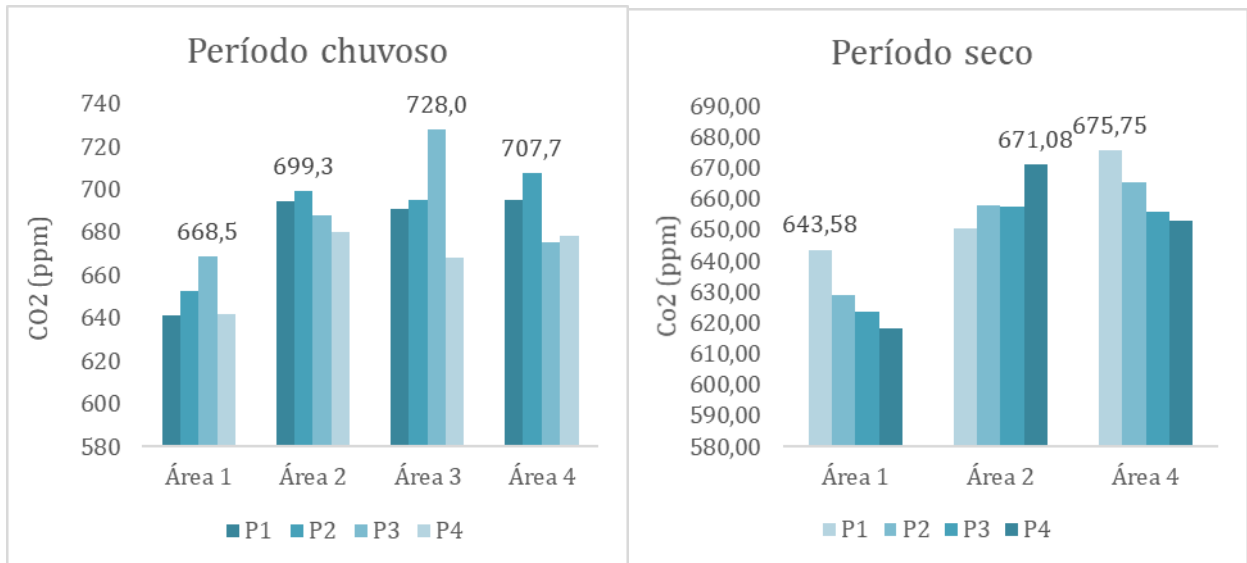
Figura 8 - Índices de monóxido de carbono nas áreas de estudo.



7. Variação do índice de dióxido de carbono (CO₂) nas áreas

A Figura 9 demonstra a variação do índice de dióxido de carbono (CO₂) nas áreas de estudo durante os dois períodos sazonais, na qual A3 apresentou maiores índices, seguido por A4 e A2, nos dois períodos A1 apresentou os menores índices de CO₂. Tal fato se deve a presença de maior maciço vegetal na área, o que é responsável pelos processos de respiração durante o período diurno, dessa forma esta zona configura-se como uma fonte de CO₂(OLIVEIRA, *et al.*,2011). Esses resultados corroboram com Brabo e Miyagawa (2014), que realizaram trabalho na cidade de Belém e observaram valores altos de CO₂ nas redondezas do bosque Rodrigues Alves, local arborizado no centro de Belém.

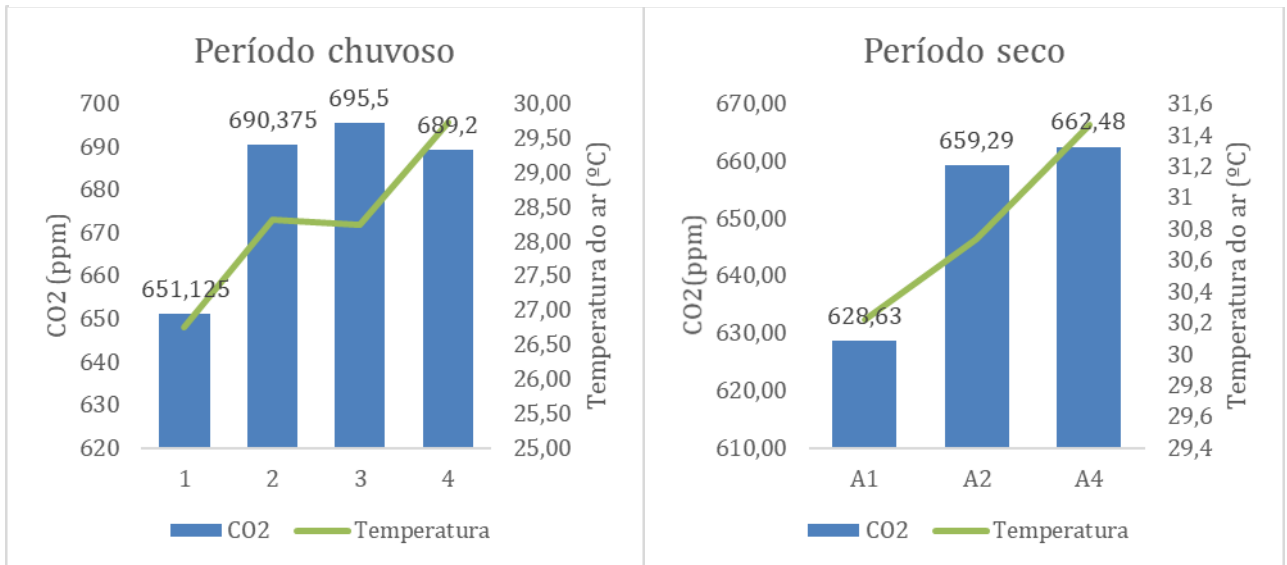
Figura 9 - Índices de dióxido de carbono nas áreas de estudo



A Figura 10 relaciona o CO₂ com a temperatura do ar, para cada período sazonal, os dados demonstram que conforme a temperatura do ar aumenta na área, há maior índice de CO₂, portanto, altas taxas desse poluente influenciam diretamente no aquecimento local da área.

A média global de dióxido de carbono atmosférico em 2018 foi de 407,4 partes por milhão (ppm) aproximadamente. No contexto atual, os níveis de dióxido de carbono são mais altos do que em qualquer ponto dos últimos 800.000 anos. (LINDSEY, 2019). Comparando essa média, com os valores observados na pesquisa, percebe-se que existe um incremento para maior na ordem de 50 à 70%, ou seja, as concentrações de CO₂ estão muito acima da média mundial, fazendo com que a temperatura do ar também seja elevada.

Figura 10 - Relação do índice de CO2 com a temperatura do ar nos dois períodos sazonais

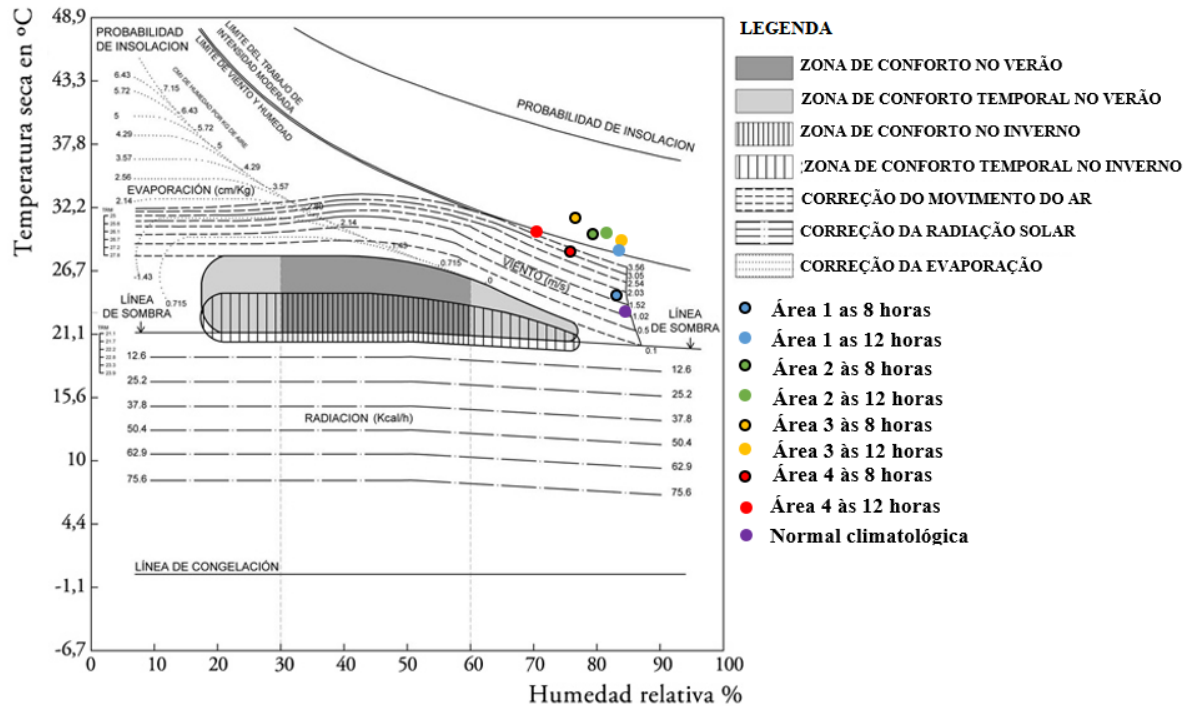


8. Carta bioclimática das áreas de estudo

A partir da obtenção dos dados foi confeccionada a carta bioclimática para as áreas durante os dois períodos sazonais. Durante o período chuvoso, observou-se que todos os pontos ficaram fora da zona de conforto. A maioria dos pontos distribuiu-se acima do limite de vento e umidade e trabalho de intensidade moderada, devido à formação de microclimas urbanos, além disso, estão configurados diferentes dos padrões das normais para a cidade de Belém (Figura 11). Os resultados corroboram com Ferreira e Herrman (2016), os quais também observaram a formação de microclimas urbanos fora dos padrões de dados das normais climáticas do município analisado.

Destacam-se os pontos localizados em A4 nos dois horários de medição e A1 no horário de 8h a possibilidade de atingir a zona de conforto térmico ao haver diminuição da velocidade do ar e da temperatura, assim como o ponto A1 no horário de 8h foi o que mais se aproximou da zona de conforto.

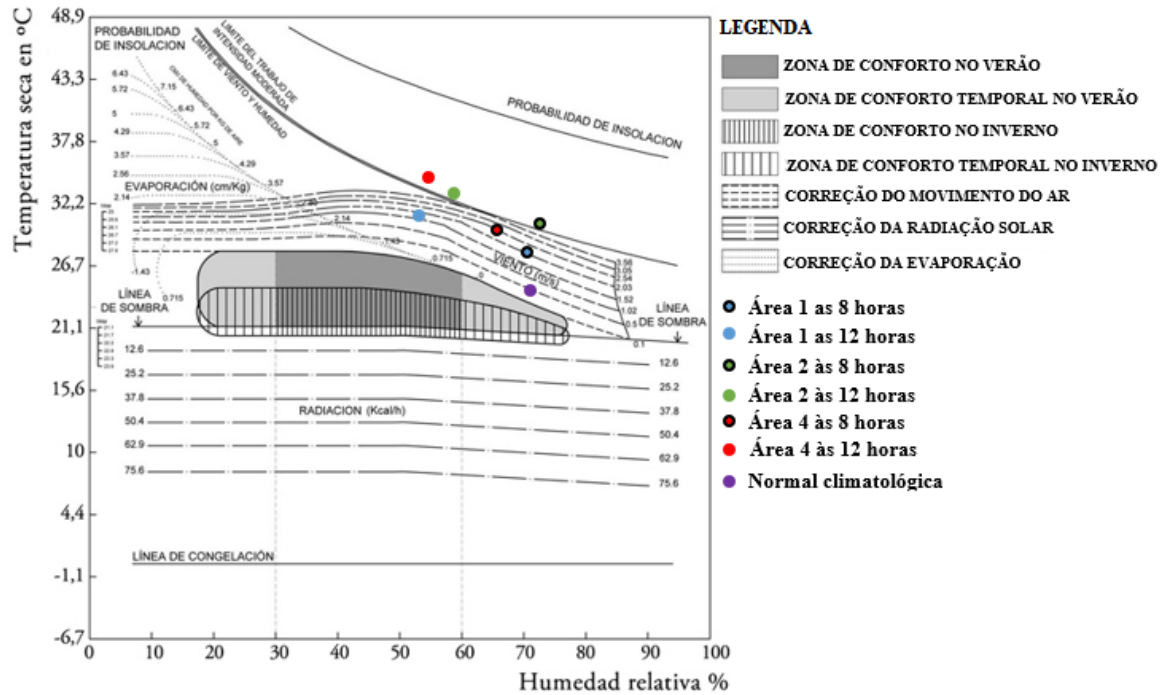
Figura 11 - Carta bioclimática para as áreas de estudo durante o período chuvoso



Fonte: Adaptado de Pérez, *et. al.*, (2015)

Assim como no período chuvoso, no período seco nenhum dos pontos atingiu a faixa da zona de conforto. Observou-se comportamento similar ao que foi obtido no período chuvoso, no entanto houve a variação na posição de cada ponto no gráfico devido às modificações nas variáveis: temperatura do ar e umidade relativa. Ressalta-se que o ponto A1 às 8h novamente foi o ponto mais próximo a alcançar a zona de conforto térmico.

Figura 12 - Carta bioclimática para as áreas de estudo durante o período seco



Fonte: Adaptado de Pérez, *et. al.*, (2015)

9. CONCLUSÃO

A partir do estudo do efeito da arborização no microclima local, conclui-se que a presença de cobertura vegetal influenciou de forma expressiva em atenuações na temperatura do ar e carga térmica radiante. Visto que, as áreas localizadas em avenidas apresentaram maior temperatura do ar e menor umidade, assim como há relação quanto ao raio de distância da árvore, pois nos pontos com menor influência da arborização houve maior temperatura, maior carga radiante e menor umidade.

Dentre as áreas de estudo, não houve área caracterizada como “confortável” de acordo com o IDT, então pode-se dizer que a vegetação é amenizadora do microclima, porém não é suficiente para proporcionar conforto térmico nas áreas, o que foi ratificado na confecção da carta bioclimática confeccionada.

Quanto à poluição ambiental, os maiores índices de monóxido de carbono foram apresentados nas áreas com maior influência de agentes poluentes (A2 e A4), devido estarem localizadas em centros urbanos, além de que todos os índices se

apresentaram com valor acima do padrão de qualidade final, apresentando riscos à saúde humana.

Para CO₂, foram encontrados altos índices em A3 devido a composição vegetal ser maior, sendo fonte de CO₂ devido processo de respiração. Conclui-se há uma relação diretamente proporcional entre CO₂ e temperatura, o que influencia no aquecimento local das áreas.

Notou-se também interferência da vegetação na amenização de poluentes, pois mesmo em áreas com presença de poluentes, nos pontos mais próximos a árvore, houve amenização dos índices. Dessa forma, os efeitos benéficos da presença de áreas verdes nos centros urbanos devem ser levados em consideração em projetos de arborização na cidade de Belém devido à redução de temperaturas e conservação da umidade e tendo em vista seus efeitos na saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Avaliação da Termo-Regulação em Diferentes Espécies Arbóreas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Fortaleza, 2008. **Anais...** Fortaleza: Antac, 2008. 1 CD-ROM.

ALFANO, F.R.A.; ISOLA, M.; PALELLA, B. I. On the measurement of the mean radiant temperature and its influence on the indoor thermal environment assessment. **Building and Environment**. 63:79-88, 2013.

ANDRADE, M.N.M.M.; JERONIMO, C.E.M. Diagnóstico da arborização do espaço urbano da cidade de João Pessoa, PB. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez. 2015, p. 194-208

AZEVEDO, P.V.; BEZERRA, P. T. C.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; SANTOS, C. A. C. Characterization of human thermal comfort in urban areas of Brazilian semiarid. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p. 371-380, 2015.

BARBOSA, A. de M.; MARTORANO, L. G.; FRANCO, I. M. MONTEIRO, D. C. A. Influência da verticalização na temperatura do ar e tetos verdes para mitigar o efeito térmico na grande Belém. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 15., 2011, Belém, PA. A ciência de fazer ciência: anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2011.

BERNARDES, F. F.; MENDES, P. C. A urbanização e sua influência no aumento da temperatura média no município de Uberlândia/MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.2, n.5, p.77 – 88, 2012.

BRABO, L.DLM.; MIYAGAWA, L.T. Avaliação da poluição e qualidade do ar, e seus possíveis efeitos sobre a saúde humana na cidade de Belém. In: V congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte – MG. Anais. Belo Horizonte, p. 1-6, 2014.

BRASIL. **LEI Nº 6.938** de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981

BRASIL, Resolução CONAMA nº 003 de 28 de junho de 1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.**

BRASIL, **RESOLUÇÃO Nº 491, DE 19 DE NOVEMBRO DE 2018.** Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. 2018

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS, A. Daily and Seasonal Climatic Conditions of Green Urban Open Spaces in the Mediterranean Climate and Their Impact on Human Comfort. **Build Environ**, v. 51, p. 285-295, 2012.

COMARAZAMY, D. E., GONZÁLES, J. E., LUVALL, J. C. 2007: The Urban Heat Island Phenomenon in a Coastal Tropical City: Case Study of the Metropolitan Area of San Juan, Puerto Rico. **Urbanization, Global Environmental Change, and Sustainable Development in Latin America**. pp 59-75

CORRÊA, L. V. Avaliação do efeito amenizador climático de algumas áreas verdes do espaço urbano de Belém-PA. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2008.

COSTA, A. C. L. **Estudo de Variações Termo-Higrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização. O caso de Belém – PA**, 1998, 232f., Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 1998.

COSTA, A. C. L. Variações sazonais a ilha de calor urbana na cidade de Belém-PA. In: IX Congresso Latina Americano e Ibérico de Meteorologia. Anais do IX Congresso Latina Americano e Ibérico de Meteorologia. 2001

COUTINHO, A.S. **Proteção contra o calor**. In: U. A. de O. Mattos; F.S. MÁSCULO (Eds). Higiene e segurança do trabalho. Rio de Janeiro: Elsevier, p.209-231, 2011.

D'AMELIO, Monica Tais Siqueira; SILVA, Juliana Guedes. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS NA CONCENTRAÇÃO DE CO ATMOSFÉRICO. **Ensaio USF**, v. 2, n. 1, p. 41-52, 2018.

DA TRINDADE JÚNIOR, Saint-Clair Cordeiro. Grandes projetos, urbanização do território e metropolização na Amazônia. **Terra Livre**, v. 1, n. 26, p. 177-194, 2015.

DE CARVALHO, C. H. R. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros, Texto para Discussão, Nº 1606, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2011.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4 ed atual. São Paulo. Oficina de Texto, 2012.

DE SOUZA, Diego Oliveira; DO NASCIMENTO, Marília Guedes; DOS SANTOS ALVALÁ, Regina Célia. Influência do Crescimento Urbano sobre o Microclima de Manaus e Belém: Um Estudo Observacional (The influence of urban growth on the microclimate of Manaus and Belém: A observational study). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1109-1124, 2016.

EMER, A. A.; BORTOLINI, C. E.; ARRUDA, J. H., ROCHA, K. F.; MELLO, N. A. de. Valorização da flora local e sua utilização na arborização das cidades. Synergismuss científica, UTFPR, Pato Branco, 01 (6). 2011. Disponível em . Acesso em 26 jun. 2017.

FERREIRA, C. C. M.; OLIVEIRA, D. E. Estimativa da poluição veicular e qualidade do ar nas principais vias do sistema viário da região central da cidade de Juiz de Fora–MG. **Revista do Departamento de Geografia**, n. spe, p. 98-114, 2016.

FERREIRA, R.C; HERRMANN, C. R. A. Influência de espécies arbóreas no microclima e conforto térmico de seu entorno imediato sob condições climáticas do cerrado goiano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 1, p. 14-33, 2016.

GERAVANDI, S; GOUDARZI, G; BABAEI, A.A; TAKDASTAN, A.; MOHAMMAD, J.M; NIRI, M.V.; SALMANZADEH, S.; SHIRBEIGI, E. Health end point attributed to sulfur dioxide air pollutants. **Jundishapur J. Health Sci**, v. 7(3): e29377, 2015

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C.C.T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 10, p. 94-106, 2003.

GONÇALVES, A.;CAMARGO, L. S.; SOARES, P. F. Influência da vegetação no conforto térmico urbano: Estudo de caso na cidade de Maringá-Paraná. Anais...III Seminário de Pós-Graduação em Engenharia Urbana,2012.

GOUVEIA, N., *et al.* Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília , v. 12, n. 1, p. 29-40, mar. 2003 . Disponível em <http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742003000100004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 04 jun. 2019. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742003000100004>.

IBGE. Cidades | Pará | Belém | Frota. 2018. Disponível em:<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama;>. Acesso em: 13 mai. 2019.

LABAKI, L.C; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTOLOMEI, C.L.;ABREU, L.V.A. Vegetação e conforto térmico em espaços abertos. **Fórum Patrimônio: mudanças climáticas e o impacto nas cidades**. v. 4, n. 1, 2011.

LINDSAY, R. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. 2019. Disponível em: <<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>>. Acesso em 22 nov. 2019.

MACHADO, P.A.L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 21 ed. São Paulo: Malheiros editores Ltda,2013.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental. O exemplo de Cuiabá – MT**. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo, 1994.

MARTINS, R. D.; SILVA, F. P. Poluição versus Sustentabilidade. Artigo de Revisão. REBAMES (Patos - PB, Brasil), v. 1, n. 2, p. 56-62, jul.-set., 2016.

MARTINS, S. M. de A.; KÄFFER, M. I.; LEMOS, A. Liqueus como bioindicadores da qualidade do ar numa área de termoelétrica, Rio Grande do Sul, Brasil, Rio Grande do Sul, Brazil. **Hoehnea**, v. 35, n. 3, p. 425-433, 2008.

MENDONÇA, F.A.; CASTELHANO, F. J. O Clima e a poluição do ar por PTS em Curitiba-PR. **Revista do Departamento de Geografia**. p. 133-144, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Departamento de mudanças climáticas. **Relatório**. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, 2011.

MIRANDA, B. M.; AMORIM, A. F. ; LOPES, A. C. L. ; OLIVEIRA,F. L.da S. ; COUTINHO, E. de C. . INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS NA CIDADE DE BELÉM - PA. In: V Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia, 2016, Belém. ANAIS, 2016. v. 1. p. 698-706.

MILANO, M.S.; DALCIN, E.C. Arborização de vias públicas. Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000.

- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. Contexto: São Paulo, 2003.
- MONTE, E.Z.; ALBUQUERQUE, T. T. A.; REISEN, V.A. Impactos das Variáveis Meteorológicas na Qualidade do Ar da Região da Grande Vitória, Espírito Santo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 546-554, 2016.
- MOREIRA, D.M.; TIRABASSI, T.; MORAES, M.R. Meteorologia e poluição atmosférica. **Ambiente e Sociedade**. v. 11, n. 1, p. 1-13, 2008
- NARDOCCI, A. C.; FREITAS, C.U.; LEON, A.C.M.P.; JUNGER, W.L.; GOUVEIA, N.C. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**: Rio de Janeiro, v. 29(9). p. 1867-1876, 2013.
- OLESON, K.W.; MONAGHAN, A.; WILHELMI, O.; BARLAGE, M.; BRUNSELL, N. ; FEDDEMA, J.; HU, L.; STEINHOFF, D. F. Interactions between urbanization, heat stress, and climate change. **Climatic Change**: V. 129, p. 525–541, 2015.
- OLIVEIRA, L. D. S., FERNANDES, F. P. S., BRITO, L.C., DA SILVA, K. P.; MEIRELES, R. O. Análise Da Composição Vegetal De Espaços Verdes Urbanos Das Cidades De Belém E Castanhal. In: III Congresso Internacional das Ciências Agrárias 2018. Disponível em: <<https://cointer.institutoidv.org/pdvagro/pdvagro2018.php>>. Acesso em: 12 dez. 2019
- OLGYAY, V. Clima e Arquitectura em Colombia. Universidad dell Vale. Facultad de Arquitectura. Cali, Colombia, 1968.
- OLIVEIRA, P.E.S.; ACEVEDO, O.; MORAES, O.L.L.; ZIMERMANN, H.R.; TEICHRIEB, C.A.; SANTOS, D.M. Variação sazonal do ciclo médio diário dos fluxos de CO₂ em uma floresta de araucária. In: VII Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, 2011. Santa Maria. Anais Ciência e Natura, p. 191-194, 2011.
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2ed, Routledge, 1987. 417p.
- PANDIT, R.; LABAND, D. N. Energy savings from tree shade. **Ecological Economics**, v.69 p.1324–1329, 2010.
- PEREIRA, O.A.; NOVAIS, J.W.Z.; SOUZA, R.D.; BIUDES, M.S.; MACHADO, N.G. Temperatura e Umidade Relativa do Ar por Psicrômetros de Ventilação Forçada. **Ensaio Ciência: Biol. Agrar. Saúde**, v.21, n.3, p. 183-186, 2017
- Pérez, J., Ladron de Guevara, I., & Boned, J. (2015). Incidencia del microclima en los procesos de planificación territorial. Análisis bioclimático de la Costa del Sol Occidental de Málaga (España). *Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales*, 41(123).
- RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M. Mapeamento da cobertura vegetal da Área Central do município de Belém PA, através de sensores remotos de base orbital (sensor TM, LANDSAT 5 e sensor CCD, CBERS 2). **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE**, p. 1063-1070, 2007.
- SANTANA, N.C. Investigação de ilhas de calor em Brasília: análise multitemporal com enfoque na cobertura do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n. 6, p. 1044-1054, 2014.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F.; GALBRAITH, D. Análise da Distribuição Espacial do Conforto Térmico na Cidade de Belém, PA no Período Menos Chuvoso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.2, p.218-232, 2012.

SHAMS, J.C.A.; GIACOMELI, D.C.; SUCOMINE, N.V. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. **REVSBAU**: Piracicaba – SP, v.4, n.4, p.1-16, 2009.

TALAIA, M.; VIGÁRIO, C. Temperatura do ponto de orvalho: um risco ou uma necessidade. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2016.

TORRESANI, B.D.C.G.; ANDRADE, M.R.M.; AZEVEDO, F.D.; FERREIRA, A.T.S. Análise da cobertura arbórea no município de Guarulhos (SP), como um dos indicadores da variação de temperatura superficial de da qualidade ambiental. **Revista UNG – Geociências**. v.15, n.2, 2016.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**. 12,57–61, 1959.



Universidade do Estado do
Pará

Centro de Ciências Naturais e Tecnologia –
CCNT Curso de Bacharelado em Engenharia
Florestal

Centro de Ciências Naturais e Tecnologia – Campus
V Av. Eneias Pinheiro nº 2626 – Marco
68500-000. Belém-PA
www.uepa.br