



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS APLICADAS A EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE
CURSO DE ECOLOGIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO EM PONTOS
REPRESENTATIVOS DA MALHA URBANA DA CIDADE DE BAYEUX (PB)**



Rio Tinto/PB, Maio de 2018

JANDUY GONÇALVES DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO EM PONTOS
REPRESENTATIVOS DA MALHA URBANA DA CIDADE DE BAYEUX (PB)**

Monografia Apresentada como exigência para
obtenção do título de Bacharel em Ecologia do
Centro de Ciências Aplicadas a Educação da
Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Joel Silva dos Santos

Aluno: Janduy Gonçalves do Nascimento

Rio Tinto/PB, Maio de 2018

N244 Nascimento, Janduy Gonçalves do.

Avaliação do índice de Conforto Térmico em pontos representativos da malha urbana da cidade de Bayeux (PB) / Janduy Gonçalves do Nascimento. - João Pessoa, 2018.

85 f, il-

Orientação: Prof. Dr. Joel Silva Santos.

Monografia (Graduação) - UFPB/CCA/E/ECOLOGIA.

1. Campo térmico 2. Conforto ambiental, 3. Urbanização.

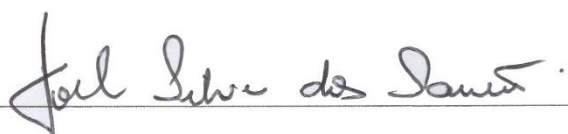
**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO EM PONTOS
REPRESENTATIVOS DA MALHA URBANA DA CIDADE DE BAYEUX (PB)**

JANDUY GONÇALVES DO NASCIMENTO

Trabalho de conclusão apresentado a Banca Examinadora, integrada pelos professores relacionados abaixo, como parte dos requisitos necessários a obtenção de título de Bacharel em Ecologia, outorgado pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB/*CAMPUS IV*, e encontra-se a disposição dos interessados na biblioteca da referida Universidade no referido *Campus*.

Aprovado em 16/05/2018

BANCA EXAMINADORA



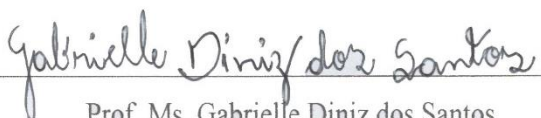
Prof. Dr. Joel Silva dos Santos

Orientador – CCAE/UFPB



Prof. Dr. Lincoln Eloi de Araújo

Examinador Interno



Prof. Ms. Gabrielle Diniz dos Santos

Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço ao pai celestial que me permitiu chegar ao final dessa trajetória de cinco anos sem deixar que nada me faltasse, me fortalecendo a cada dia, me guiando por caminhos corretos. Sei que não foi fácil, ter fé, pois fácil não será.

Em especial à minha eterna rainha querida Dona Benedita (Mãe), um exemplo de amor, pessoa a quem dedico a monografia. Obrigado por tudo! gratidão por tudo guerreira.

Ao meu Pai, Senhor Jurandy, por sempre acreditar em minha capacidade sempre me motivando durante todos os meus dias, me auxiliando quando necessário sendo a pessoa que comigo luta para alcançar os meus ideais.

Aos meus irmãos; Jocivânia Gonçalves, Judivan Gonçalves e Jocevânio Gonçalves, sendo os meus admiradores mensurando respectivamente; que irei conseguir, proporcionando sempre a sensação de ser amado e bem estar; amo ter vocês como irmãos.

Ao querido Orientador Dr. Joel Santos, que sempre me acompanhou nessa trajetória acadêmica durante toda a graduação, todos os seus ensinamentos e sábias orientações, compreensão, e dedicação ao meu trabalho. Obrigado por tudo Professor! Suas contribuições servirão de exemplo para toda a minha vida acadêmica.

Ao Cnpq e propesc, pela concessão da bolsa de estudo para execução do projeto, a Universidade Federal da Paraíba UFPB pelo apoio e incentivo na realização de pesquisas científicas, em especial ao CCAE e ao seu corpo docente; Linconh Eloi, Evelise Locatelli, Frederico Gustavo e Leonardo Figueiredo que muito contribuíram para a construção de um conhecimento holístico na Graduação.

Ao LAGeo- Laboratório de Análises Geoambientais do Departamento de Ecologia da mesma instituição, pela assessoria nos empréstimos dos equipamentos e auxílios prestados. Bem como ao grupo de estudos, orientações e pesquisas em Clima Urbano e Recursos Naturais.

Agradeço a Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia da Prefeitura Municipal de Bayeux por ter cedido a imagem do satélite QuickBird, a qual foi essencial para a confecção dos mapas que compõem este trabalho.

Aos meus amigos da graduação pela acolhida na graduação; Jéssica Mendes pessoa a qual possuo profunda admiração sempre acompanhou alguns dos obstáculos que tive que ultrapassar para chegar ao fim dessa jornada. Tiago Souza, Alysson Ribeiro, Walkimer Santana, Giovane Santos, Maxsuel Nascimento, Linaldo Freire, André Silva, Juscelino Braz,

Adriano Silva, Jonathas das Neves, Ana Carolina Aguiar, Amanda Paulino, Elidayse Andrade, Joelma Lucas, Gabrielle Diniz e Karle Andriele amigos que torceram por minha aprovação e consequentemente, para que tudo ocorresse bem durante a execução deste trabalho.

Por fim agradeço aos motoristas: Damião e Júnior Brasil que de forma positiva contribuíram para a realização desse trabalho.

A todos o meu muito obrigado!

À minha mãe, Benedita, sem a qual nada seria possível!
Principal fonte de inspiração, motivação e amor.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	10
Lista de Tabelas.....	12
Resumo.....	13
Abstract.....	14
Resumén.....	15
1. Introdução.....	16
2. Objetivos Geral e Específicos.....	17
3. Referencial Teórico.....	18
3.1. Clima urbano: aspectos históricos e metodológicos.....	18
3.1.1. O Subsistema Físico Químico.....	24
3.1.2. O Subsistema Hidrometeorológico.....	26
3.1.3. O Subsistema Termodinâmico.....	29
3.2. Conforto Térmico e a qualidade de vida.....	32
3.3. Clima urbano e planejamento urbano-ambiental.....	35
3.4. Papel da cobertura vegetal para amenização climática.....	37
4. Metodologia.....	41
4.1. Caracterização da área de estudo.....	41
4.2. Definições do campo de análise da pesquisa e procedimentos metodológicos.....	43
5. Resultados e Discussão.....	46
5.1. Comportamento pluviométrico da área de estudo.	47
5.2. Localização dos pontos monitorados e caracterização do espaço físico.....	48
5.3. Avaliação da temperatura do ar na área de estudo durante o período seco.....	53
5.4. Avaliação da Umidade relativa do ar durante o período seco.....	55
5.5. Avaliação do IDT da área de estudo no período seco.....	57
5.6. Projeções futuras de temperatura do ar durante o período seco.....	60
5.7. Avaliação da temperatura do ar na área de estudo durante o período chuvoso.....	61

5.8. Avaliação da Umidade relativa do ar durante o periodo chuvoso.....	63
5.9. Avaliação do IDT da área de estudo no período chuvoso.....	64
5.10. Projeções futuras de temperatura do ar durante o periodo chuvoso.....	66
5.11. Análise comparativa das amostras experimentais entre o período seco e chuvoso da área de estudo.....	68
6. Conclusões.....	72
7. Referências.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Esquematização do Sistema Clima Urbano.

Figura 02: Sistema Clima Urbano – segundo os canais de percepção.

Figura 03: Canal I – Subsistema Físico-químico (qualidade do ar).

Figura 04: Canal II – Subsistema Hidrometeorológico (impacto da precipitação).

Figura 05: Canal III – Subsistema Termodinâmico (conforto térmico).

Figura 06: Localização da cidade de Bayeux (PB).

Figura 07: Hipsometria da cidade de Bayeux (PB).

Figura 08: Localização dos pontos de monitoramento. Ponto 1 - Jardim Aeroporto; Ponto 2 – Mário Andreazza; Ponto 3- Centro.

Figura 09: (A) Termo-higrômetro. (B) Mini-abrigo apoiado no tripé.

Figura 10: Área de análise de cada ponto de coleta durante os dois períodos experimentais: Período seco e chuvoso da área de estudo.

Figura 11: Comportamento pluviométrico da área de estudo durante o ano referente a pesquisa 2016.

Figura 12: Ponto I: Jardim Aeroporto.

Figura 13: Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 1 – Jardim Aeroporto.

Figura 14: Ponto II: Mário Andreazza.

Figura 15: Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 2 – Mário Andreazza.

Figura 16: Ponto III: Centro.

Figura 17: Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 3 – Centro.

Figura 18: Média da temperatura do ar dos pontos de coleta no período seco.

Figura 19: Indicativo da Umidade Relativa do Ar Média (%) por ponto no período seco da área de estudo.

Figura 20: IDT (°C) da área de estudo durante o período seco.

Figura 21: Espacialização da temperatura média do ar do período seco em Bayeux - PB.

Figura 22: Cenários futuros de temperatura média do ar para o período seco.

Figura 23: Temperatura do ar da área de estudo durante o período chuvoso.

Figura 24: Indicativo da Umidade Relativa do Ar Média (%) por ponto no período chuvoso da área de estudo.

Figura 25: IDT (°C) da área de estudo durante o período chuvoso.

Figura 26: Espacialização da temperatura média do ar do período chuvoso em Bayeux - PB.

Figura 27: Cenários futuros de temperatura média do ar para o período chuvoso.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Faixa de classificação do índice de desconforto ajustado por Santos (2011) (IDT).....	46
Tabela 02: Percentuais de uso e cobertura do solo nas amostras experimentais.....	52
Tabela 03: Faixa de classificação do IDT ajustado no período seco na área de estudo.....	58
Tabela 04: Faixa de classificação do IDT ajustado no período chuvoso na área de estudo..	65

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CONFORTO TÉRMICO EM PONTOS REPRESENTATIVOS DA MALHA URBANA DA CIDADE DE BAYEUX (PB)

RESUMO

A urbanização desordenada e as diferentes transformações no uso e cobertura do solo, podem modificar diretamente o balanço de energia na superfície terrestre de áreas urbanas, alterando assim, o seu campo térmico e as condições de conforto térmico ambiental nessas áreas. Tais alterações no balanço energético da atmosfera das cidades pode afetar diretamente as condições climáticas locais e o desconforto térmico ambiental nesses ambientes. Diante deste contexto, o objetivo principal deste trabalho foi calcular o índice de desconforto térmico (IDT) em alguns pontos representativos da malha urbana da cidade de Bayeux (PB). Para a realização da pesquisa, foram selecionados três pontos representativos da malha urbana da cidade para as medições das variáveis temperatura e umidade relativa do ar em dois períodos distintos: período seco e chuvoso. As medições ocorreram durante seis meses ininterruptos nas amostras experimentais através do uso dos aparelhos termohigrômetros da marca HOBOS (Modelo U-10). Para a análise do desconforto térmico foi utilizado o Índice de Desconforto Térmico de Thom, tendo como referência a faixa de classificação de conforto térmico para regiões tropicais ajustadas por Santos (2011). A pesquisa demonstra que os pontos que apresentam material de recobrimento do solo impermeável e pouca cobertura vegetal são os que indicam maior IDT e aumento de temperatura. O trabalho também destaca o papel da cobertura vegetal na amenização climática das áreas urbanas. Os resultados do monitoramento microclimático também demonstram claramente que as áreas que apresentam maior índice de cobertura vegetal no seu entorno são aquelas que apresentam as melhores condições de conforto térmico ambiental. Dessa forma, destaca-se a necessidade da conservação de áreas verdes dentro do perímetro urbano da cidade de Bayeux (PB) e o planejamento ambiental visando um melhor ordenamento territorial da malha urbana desta cidade.

Palavras chave: Campo térmico, Conforto ambiental, Urbanização

EVALUATION OF THE THERMAL COMFORT INDEX IN REPRESENTATIVE POINTS OF THE URBAN MESH OF THE CITY OF BAYEUX (PB)

ABSTRACT

The Disorganized urbanization and how different transformations without use and land cover can modify the payment of energy in the terrestrial surface of urban areas, thus altering its thermal field and the conditions of environmental thermal comfort in these areas. Such changes in the energy balance of the cities' atmosphere can directly affect the local climatic conditions and the environmental thermal discomfort in these environments. In this context, the main objective of this work was to calculate the thermal discomfort index (IDT) at some points representative of the urban fabric of the city of Bayeux (PB). To carry out the research, three representative points of the city's urban network were selected for measurements of temperature and relative humidity in two different periods: dry and rainy. Measurements occurred for six months uninterrupted in the experimental samples through the use of thermo-hygrometer instruments of the HOBOS (Model U-10). Norder to analyze the thermal discomfort, the Thom Thermal Discomfort Index was used, with reference to the thermal comfort classification range for tropical regions adjusted by Santos (2011). The research shows that the points that present waterproofing soil cover material and low vegetation coverage are those that indicate higher IDT and temperature increase. The paper highlights the role of vegetation cover in climatic mitigation of urban areas. The results of microclimatic monitoring also clearly demonstrate that the areas with the highest vegetation coverage in their surroundings are those with the best conditions of environmental thermal comfort. In this way, the need to preserve green areas within the urban perimeter of the city of Bayeux (PB) and the environmental planning for a better territorial planning of the urban network of this city is highlighted.

Keywords: Microclimate, Thermal field, Thermal discomfort

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONFORT TÉRMICO EN PUNTOS REPRESENTATIVOS DE LA MALLA URBANA DE LA CIUDAD DE BAYEUX (PB)

RESUMÉN

La urbanización desordenada y las diferentes transformaciones en el uso y cobertura del suelo, pueden modificar directamente el balance de energía en la superficie terrestre de áreas urbanas, alterando así su campo térmico y las condiciones de confort térmico ambiental en esas áreas. Tales cambios en el balance energético de la atmósfera de las ciudades pueden afectar directamente las condiciones climáticas locales y la incomodidad térmica ambiental en estos ambientes. En este contexto, el objetivo principal de este trabajo fue calcular el índice de incomodidad térmica (IDT) en algunos puntos representativos de la red urbana de la ciudad de Bayeux (PB). Para la realización de la investigación, fueron seleccionados tres puntos representativos de la malla urbana de la ciudad para las mediciones de las variables temperatura y humedad relativa del aire en dos períodos distintos: período seco y lluvioso. Las mediciones se produjeron durante seis meses ininterrumpidos en las muestras experimentales a través del uso de los aparatos termohigrómetros de la marca HOBOS (modelo U-10). Para el análisis de la incomodidad térmica se utilizó el Índice de Desconforto Térmico de Thom, teniendo como referencia el rango de clasificación de confort térmico para regiones tropicales ajustadas por Santos (2011). La investigación demuestra que los puntos que presentan material de recubrimiento del suelo impermeable y poca cobertura vegetal son los que indican mayor IDT y aumento de la temperatura. El trabajo también destaca el papel de la cobertura vegetal en la mitigación climática de las áreas urbanas. Los resultados del monitoreo microclimático también demuestran claramente que las áreas que presentan mayor índice de cobertura vegetal en su entorno son aquellas que presentan las mejores condiciones de confort térmico ambiental. De esta forma, se destaca la necesidad de la conservación de áreas verdes dentro del perímetro urbano de la ciudad de Bayeux (PB) y la planificación ambiental visando un mejor ordenamiento territorial de la malla urbana de esta ciudad.

Palabras clave: Microclima, Campo térmico, Incomodidad térmica

1. INTRODUÇÃO

Nos primórdios da humanidade a relação entre ser humano e natureza se estabelecia de forma menos predatória, de modo que as alterações ocorridas no espaço geográfico eram pouco significativas. Contudo, ao longo do desenvolvimento da humanidade e dos diversos modos de produção, as diversas culturas alteraram de forma significativa o espaço geográfico, o que causou o desequilíbrio dos diversos sistemas ambientais com bem destaca Santos(2011).

Essas alterações no espaço físico se intensificaram principalmente após a Revolução Industrial, a qual provocou uma massificação no deslocamento da população do campo para as cidades, as quais passaram a crescer de forma desordenada (MENDONÇA, 2003; BRANDÃO, 2003; BARBIRATO et al., 2007; LIMA & ZANELLA, 2011; SANTOS et al., 2011; SANTOS et al., 2012) em um ritmo frenético, provocando intensas modificações no uso e cobertura do solo dos ambientes urbanos além de provocar a queda da qualidade de vida das populações residentes em áreas urbanas. Dentre os problemas gerados em função das alterações no sistema atmosférico, e mais especificamente no que diz respeito ao campo térmico urbano, é possível citar o aumento das temperaturas médias do ar, o desconforto térmico, a formação de ilhas de calor e a inversão térmica, em escalas regionais e locais, o que tem comprometido cada vez mais a qualidade de vida das populações que residem nesses ambientes (SANTOS et al., 2012).

A compreensão da dinâmica climática em áreas urbanas, especificamente do seu campo térmico, se constitui em objeto de pesquisa imprescindível para o planejamento e a gestão ambiental dessas áreas, pois o clima pode ser considerado um recurso natural indispensável à manutenção da vida e às atividades econômicas. Dessa forma, seu estudo se tornou de extremo valor à sociedade moderna, cuja população se concentra em sua maioria nos centros urbanos e sofrem diretamente os efeitos das alterações climáticas locais e também globais.

O adensamento das construções, as suas propriedades térmicas e sua geometria, causam interferências no balanço energético das cidades com repercussão local, gerando assim, o aumento da temperatura, diminuição da umidade relativa do ar e da velocidade dos ventos (ROBAA, 2017). Para Dalman et al. (2014), Jamei e Ossen (2015) e Yahia e Johansson

(2018), os estudos microclimáticos demonstram as dimensões da intervenção do ser humano no ambiente urbano, e por essa razão, se tornaram uma ferramenta importante, por permitir subsídios ao planejamento e ao ordenamento territorial ambiental.

Apesar de existir estudos sobre a influência do processo de urbanização sobre o microclima e sua repercussão no conforto térmico, ainda é deficiente a aplicação desses estudos ao planejamento e ordenamento das cidades, com vistas a desenvolver metodologias capazes de auxiliar na melhoria da qualidade ambiental urbana, devido à dificuldade de conscientizar a população, principalmente os gestores públicos, sobre a sua relevância (ELIASSON, 2017).

No ambiente urbano, as diferentes formas de uso e cobertura do solo podem acentuar ainda mais os problemas de ordem climática, em especial àqueles ligados ao campo térmico, o que pode causar sensações extremas de desconforto térmico para a população dessas áreas. No tocante ao ambiente urbano, pode-se dizer que as cidades são em demasiado afetadas por problemas ligados ao regime climático. Dessa forma, sob a ótica do microclima urbano, percebe-se a necessidade de se aprofundar no conhecimento climático de uma área, a fim de que se obtenha uma plataforma de informações que sirva de subsídio ao planejamento e a gestão ambiental do desenvolvimento urbano com vistas à melhoria da qualidade climática e, conseqüentemente, a gestão sustentável da cidade.

Diante do exposto, este trabalho visa avaliar o microclima urbano em pontos representativos da cidade de Bayeux – Paraíba, sob a perspectiva do Subsistema Termodinâmico, levando em consideração a influência da urbanização através da análise do uso e cobertura do solo nos pontos monitorados, o que permite identificar e quantificar o alterações nos elementos climáticos da área de estudo: temperatura, umidade atmosférica, e conseqüentemente, o desconforto térmico. Tais informações serão de grande valia para a gestão urbana, uma vez que servirão de subsídio no que se refere à tomada de decisão quanto a possíveis intervenções espaciais que venham a ser realizadas na cidade. Dessa forma, a hipótese da presente pesquisa é que as diversas formas de uso e cobertura do solo, com o processo desordenado de urbanização na cidade de Bayeux\PB, têm provocado alterações no campo térmico, gerando, assim, desconforto térmico com implicações na qualidade de vida da população.

Os objetivos do trabalho são apresentados a seguir.

2. Objetivos Geral e Específicos

2.1. Geral: Estudar o microclima urbano em pontos representativos da cidade de Bayeux – Paraíba, sob a perspectiva do Subsistema Termodinâmico, levando em consideração a influência da urbanização através da análise do uso e cobertura do solo em pontos representativos da cidade.

2.2. Específicos:

- Analisar a dinâmica do microclima urbano da área de estudo;
- Verificar os diferentes tipos de uso e cobertura do solo e estabelecer relação com o nível de conforto térmico entre os pontos representativos da cidade de Bayeux;
- Descrever a climatologia referente ao ano de 2016 da área de estudo através de dados oficiais;
- Compreender o comportamento das variáveis térmicas temperatura e umidade relativa do ar na área de estudo;
- Calcular o Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT) para área de estudo;
- Gerar cenários de níveis de desconforto térmico para a área de estudo baseados no Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC - 2014).
- Produzir informações científicas que possam subsidiar o planejamento urbano e gerenciamento urbano ambiental da área de estudo.

3. Referencial Teórico

3.1. Clima Urbano: aspectos históricos e metodológicos

O advento da Revolução Industrial provocou intenso processo de migração da população do campo para as cidades, as quais passaram a crescer de forma desordenada, gerando intensa degradação ambiental e da qualidade de vida de seus habitantes (MENDONÇA, 2003; BRANDÃO, 2003; BARBIRATO et al., 2007; LIMA & ZANELLA, 2011; SANTOS et al., 2011; SANTOS et al., 2012).

Esse processo desordenado de urbanização reflete diretamente no clima da cidade de forma adversa, uma vez que a ação humana sobre o ambiente natural origina o clima urbano, o qual se diferencia do clima de áreas naturais por modificações nas variáveis climáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, e precipitação, por exemplo), devido às fontes adicionais de calor inerentes às atividades antropogênicas associadas à materiais de baixo albedo utilizados na cobertura das superfícies (BARBIRATO et al., 2007). Além disso, a localização topográfica da cidade, seu tamanho, densidade populacional, clima regional onde a mesma se insere, e as próprias características do tempo meteorológico também são fatores que interferem diretamente no clima do ambiente urbano.

O estudo do clima urbano se baseia numa linha de pesquisa da climatologia responsável pela compreensão do clima da cidade, enfocando inicialmente uma análise espacial local (clima local) que se estende a níveis regionais (clima regional) e globais (clima zonal/global), destacando-se, em cada escala, a influência urbana associadas as diversas formas do uso e cobertura do solo (COLTRI, 2006).

A literatura sobre trabalhos que versem sobre o clima urbano é bastante vasta, principalmente a internacional, sendo pioneiros os trabalhos de John Evelyn, em 1661, que analisou o impacto da contaminação da atmosfera de Londres por conta da combustão do carvão das indústrias, e Luke Howard, em 1833, sobre a mesma cidade, cujos registros meteorológicos apontavam diferenças entre a cidade e o campo. Todavia, os trabalhos de Landsberg (1956) e Chandler (1965), realizados já no século XX, foram os primeiros a pautarem o fenômeno urbanização como indutor do clima urbano (COX, 2008).

É importante destacar que naquele momento ainda não havia tecnologia para avaliar o clima espacialmente e de forma simultânea, com medições em diferentes lugares ao mesmo tempo. Dessa forma, o trabalho pioneiro de Howard se deteve a análise do clima da cidade de Londres sob uma perspectiva temporal com o uso de séries climatológicas. Com sua pesquisa, Howard (1833) lançou a primeira noção de ilha de calor, através da análise de diferenças de temperaturas entre o centro da metrópole e as áreas circundantes. Seu trabalho foi o marco inicial para os estudos do clima urbano.

Nesse sentido, o clima urbano pode ser definido como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95), sendo um sistema complexo, dinâmico, adaptativo e aberto que, recebendo energia do ambiente maior no qual se insere, a transforma substancialmente (MONTEIRO, 1976; MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

Considerando-se que na organização geográfica do clima têm-se diferentes “ordens de grandeza” ou “graus de organização”, como climas zonais, regionais e locais (MONTEIRO, 1976), Landsberg (2006) considera como clima urbano a perspectiva de escala do clima local, haja vista que é nessa escala que a ação antrópica age como fator de organização (integrando as características geoecológicas) e onde se processam as maiores alterações na atmosfera.

Em meados do século XX, Wilhelm Schmidt e Emilien Renou realizaram semelhantes estudos em Paris e Viena, respectivamente (GARTLAND, 2010). Em 1956 Landsberg também deu uma importante contribuição para os estudos do clima urbano com seu trabalho intitulado *The climate of towns* (LANDSBERG, 1956). Este trabalho apresenta uma síntese da influência urbana sobre os estados atmosféricos em comparação às áreas adjacentes.

Na década de 1970 é relevante destacar a importante contribuição do professor Timothy Oke do Departamento de Geografia da *University of British Columbia* em Vancouver no Canadá. Ele compreende o clima urbano como produto de transformações de energia proveniente das interações entre o ar atmosférico e o ambiente urbano construído. Oke é uma figura demasiadamente importante para o cenário da temática do clima urbano devido às suas contribuições teóricas e metodológicas, dentre as quais é possível citar a fundamentação teórica da base energética para a compreensão do fenômeno da ilha de calor urbana em seu trabalho intitulado *Boundary layer climates* (OKE, 1978).

Nesse mesmo sentido de contribuição à climatologia urbana, Goldreich (1995) realizou em Israel uma revisão dos principais trabalhos acerca da dinâmica climática urbana focando as ilhas de calor e os impactos do processo de urbanização sobre as precipitações em várias cidades e áreas adjacentes do país.

Outra grande contribuição que compõe essa área de estudo foi dada por Katzschner (1997), quando o mesmo desenvolveu um sistema de análise qualitativa do ambiente urbano, de modo que torna-se possível classificar os diversos setores do sítio urbano através de uma análise do uso e cobertura do solo. Ao cruzar os resultados dessa análise com dados provenientes de monitoramentos das condições do ar intraurbano, obtém-se uma classificação termodinâmica do ambiente urbano.

As diferentes formas de uso e ocupação do solo e sua influência na formação de ilhas de calor na cidade de Graz, na Austrália, foi investigada por Lazar & Podesser (1999). Nesse mesmo ano, na cidade de Tóquio no Japão, um estudo sobre os impactos causados pelo calor produzido por fontes antrópicas e suas influências na dinâmica climática urbana foi realizado

por Ichinose et al. (1999), demonstrando como as reduções no consumo de energia nessa cidade podem contribuir para mitigar os impactos no clima urbano.

Já no século XXI, na região de Pearl River Delta, situada na província de Guangdong no sul da China, Chen et al. (2006), utilizando técnicas do sensoriamento remoto, analisaram as alterações ocorridas no clima urbano em consequência das diferentes formas de uso e cobertura do solo. Nesse mesmo sentido, He et al. (2015) deram uma importante contribuição para a cidade de Pequim (China) que nas últimas décadas tem passado por um intenso processo de urbanização. Tais autores buscaram identificar e quantificar os recursos climáticos urbanos (ar fresco, caminhos de ventilação, brisas montanha-vale e consequente circulação das ilhas de calor) a fim de produzir mapas climáticos, através do sistema UCMAP (mapa climático urbano), que consiste em uma plataforma de dados climáticos e ambientais que permite avaliar as inter-relações entre o ambiente, a meteorologia de forma geral, o clima urbano e a morfologia urbana. Os resultados mostraram que a cidade tem se aquecido cada vez mais e que passou a apresentar diversos centros de ilhas de calor, com redução da velocidade dos ventos devido ao crescente aumento da rugosidade do terreno.

No Brasil, são referências os nomes de Tavares (1975), que estudou o clima local de Campinas - SP; Monteiro (1976), que desenvolveu todo um referencial teórico para estudos de clima urbano; Sartore (1979), responsável pelo primeiro estudo de clima urbano de cidades de médio porte (Santa Maria - RS); e Lombardo (1985), que se utilizou do referencial teórico elaborado por Monteiro para investigar o fenômeno de ilhas de calor na metrópole de São Paulo, desenvolvendo todo um arcabouço metodológico – inclusive com uso de dados levantados por sensores orbitais.

Dentre os autores citados anteriormente, Monteiro (1976) deu uma grande contribuição à climatologia urbana, pois lança as bases teórico-metodológicas para os estudos do clima urbano nas cidades brasileiras ao publicar sua tese de doutorado intitulada *Teoria e clima urbano*. A tese de Monteiro (1976) apresenta uma nova proposta para o estudo do clima urbano. Baseada na Teoria Geral dos Sistemas (BERTANLANFFY, 1951), Monteiro (1976) propõe um estudo dinâmico, diferente dos trabalhos publicados até então, que foram baseados em um modelo mais tradicional – separatista-cartesiano – da compreensão da climatologia urbana.

O referido autor, defende que o clima deve ser estudado como um sistema e, assim, definiu o clima urbano como sendo: “(...) um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 2003, p. 19). E sobre o Sistema Clima Urbano

(SCU), afirmou que: “(...) visa compreender a organização climática peculiar da cidade e, como tal, é concentrado essencialmente na atmosfera (...)” (MONTEIRO, 2003, p. 21).

Para o desenvolvimento da Teoria do “Sistema Clima Urbano (S.C.U.)”, Monteiro (1976) embasou-se no referencial teórico da “Teoria Geral dos Sistemas” de Bertalanffy (1977), por considerá-la como capaz de revelar a essência de um fenômeno tão complexo como o clima urbano e por utilizar-se de uma perspectiva organística em oposição ao “esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes” (BERTALANFFY, 1977, p. 28). O autor também se espelhou na teoria dos Geossistemas, tratando-a como “uma concepção teórica de efetiva integração nas diferentes esferas que compõem o escopo geográfico” (MONTEIRO, 2001, p.11).

O Sistema Clima Urbano importa energia do seu ambiente, desempenhando um processo contínuo de transformação. Essa energia possui natureza térmica, advinda da transformação de energia primária de toda a Terra, o Sol, sendo alimentada pelo calor antropogênico e retroalimentada na dinâmica da superfície, no tocante à circulação atmosférica regional, conforme representado pela (Figura 01).

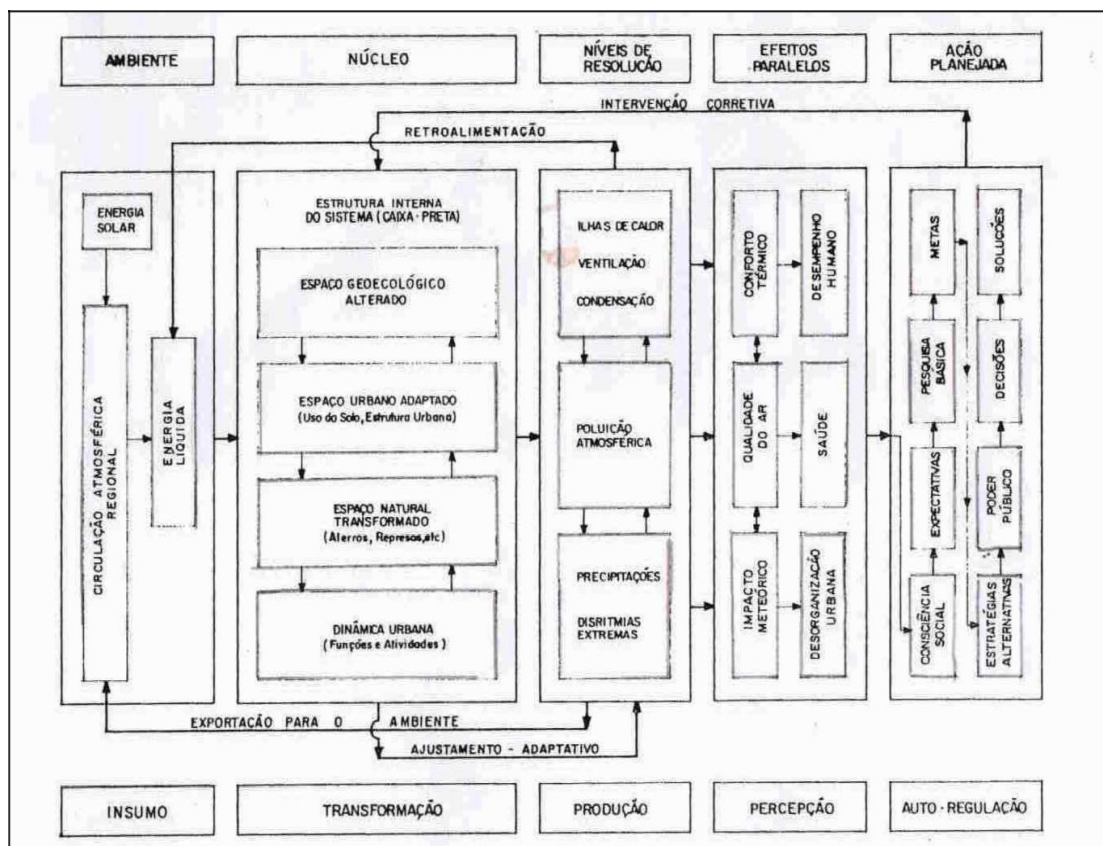


Figura 01: Esquematização do Sistema Clima Urbano.

Fonte: Monteiro (1976).

O espaço urbanizado, produto do crescimento urbano, é considerado como o núcleo do sistema do clima urbano, por manter relações com o ambiente regional (meteorológico e geoecológico) em que se insere. Nesse contexto, a atmosfera é considerada como agente operado – ou alterado, no que concerne à sua composição (poluição) – e toda a ação ecológica natural (topografia e sistemas atmosféricos atuantes) e as associações do fenômeno do crescimento urbano são vistas como o operante (MONTEIRO, 1976). É importante destacar que apesar da denominação “Sistema Clima Urbano”, este envolve, além do ambiente construído pelo homem, a parte natural do ambiente, ou seja, a natureza e o homem coparticipam na formação do clima urbano (MONTEIRO, 2003).

Inserido na teoria do Sistema Clima Urbano, encontram-se três subsistemas (Figura 02) que se articulam e se integram, a saber: O termodinâmico, no tocante ao conforto térmico; o hidrodinâmico, no que tange ao impacto meteórico (chuvas intensas); e o físico-químico, que diz respeito à qualidade do ar.

Subsistemas Canais Caracterização	I Termodinâmico	II Físico-Químico	III Hidrometeorológico
	Conforto térmico	Qualidade do ar	Impacto meteórico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos auto- motores Indústrias Obras-Limpeza	Atmosfera Estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódico (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e Meteorológica especial	Meteorológica Hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e Infra estrutura urbana
Produtos	“Ilha de Calor” Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à Integridade Urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra estrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Figura 02: Sistema Clima Urbano – segundo os canais de percepção.

Com isso, tal autor levou em consideração os canais de percepção humana e definiu o seu Sistema Clima Urbano em três Subsistemas de análise descritos a seguir.

3.1.1. O Subsistema Físico-Químico

O Subsistema Físico-Químico está ligado às atividades antropogênicas como tráfego de veículos automotores e atividades industriais, por exemplo, que desencadeiam as alterações na química da atmosfera (MONTEIRO, 2003).

Basicamente, os estudos referentes a este Subsistema consistem em mensurar a qualidade do ar de uma área (níveis de ozônio troposférico, material particulado e dióxido de nitrogênio, por exemplo) e identificar as fontes poluidoras, uma vez que estas devem ser o alvo dos esforços para a correção do problema, conforme Monteiro (2003) destaca. Contudo, tal autor alerta que é imprescindível que, além da fonte poluidora, se conheça também o padrão de circulação das massas de ar a fim de entender o mecanismo de difusão da poluição, sendo que esta observação não pode ser feita baseada nos padrões gerais de circulação, mas sim a partir da observação da circulação tipicamente urbana.

Os estudos relacionados à qualidade do ar nos ambientes urbanos são menos comuns do que aqueles realizados sob a ótica do Subsistema Termodinâmico.

Danni-Oliveira (2003) afirma que a implementação de uma rede de monitoramento da qualidade do ar de uma cidade requer um alto investimento financeiro, de modo que, um estudo prévio, com equipamentos mais simples e com custo relativamente baixo, a fim de indicar os pontos prioritários para instalação de cada ponto de monitoramento da rede, evitando pontos desnecessários, é primordial. Contudo, os custos de um estudo prévio ainda são distantes da realidade financeira de muitos pesquisadores, o que representa mais um motivo para que os trabalhos realizados à luz do Subsistema Físico-químico sejam escassos.

Outro fator que explica a baixa quantidade de estudos sobre este Subsistema é relatado por Mendonça (2003), quando afirma ser recente o processo de industrialização no Brasil, além de ser mal distribuído, apresentando, em um país de dimensões continentais, apenas três polos que representam a maior concentração industrial do país, pelo menos até a década de 90: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, o que faz com que tais estudos fiquem concentrados nessas áreas.

Contudo, é possível destacar alguns trabalhos de grande importância para as cidades brasileiras no que se refere à geração de dados sobre a qualidade do ar do espaço intraurbano.

Danni-Oliveira (2003) avaliou, espaço-temporalmente, os parâmetros naturais e sociais da cidade de Curitiba a fim de analisar a qualidade do ar da cidade, a qual possui uma grande frota de veículos automotores, que lançam poluentes na atmosfera, alterando a qualidade do ar respirado pelos cidadãos. A autora concluiu que as áreas com maior tráfego de veículos apresentaram a qualidade do ar mais comprometida em relação às áreas com baixo tráfego.

Russo (2010) também analisou espaço-temporalmente a qualidade do ar na cidade do Rio de Janeiro e percebeu que as áreas que foram alvo de políticas públicas que visam a melhoria do ambiente urbano apresentaram diminuição da concentração de poluentes. Em contrapartida, as áreas onde tais políticas não foram implementadas têm apresentado aumento da degradação da qualidade do ar.

A Figura 03 a seguir mostra as relações sistêmicas lineares que compõem o Subsistema Físico-químico.

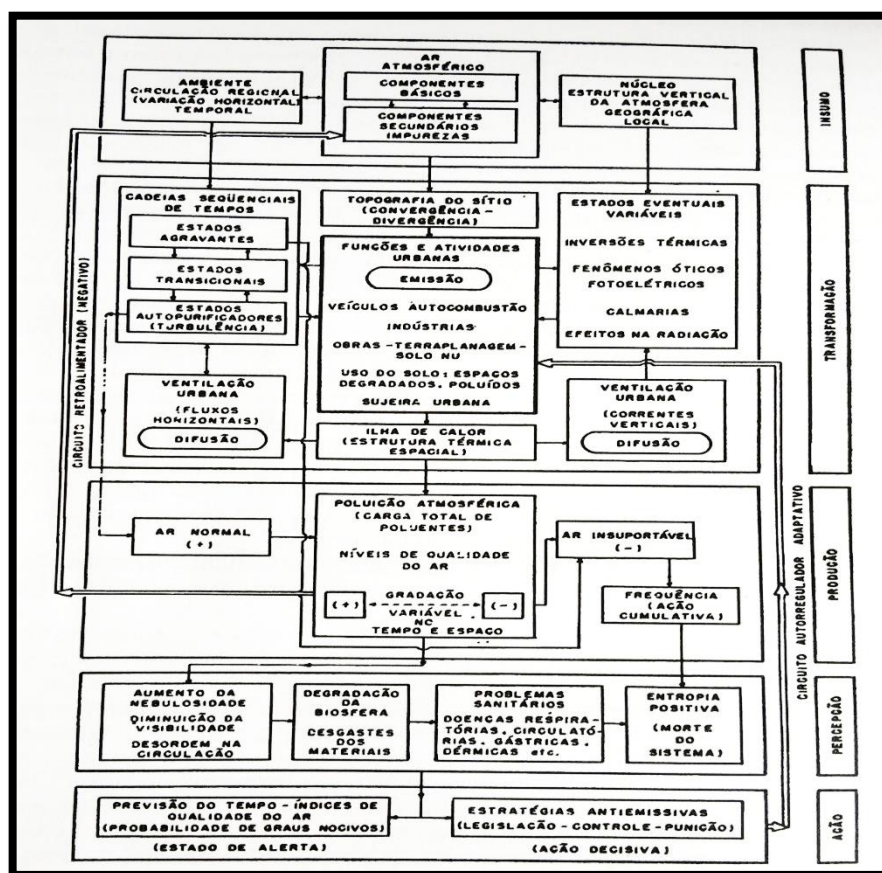


Figura 03: Canal I – Subsistema Físico-químico (qualidade do ar).

Fonte: Monteiro (2003).

Através desta Figura é possível observar que a transformação desse Subsistema se dá a partir das atividades antropogênicas. Tais efeitos são gerados a partir de fontes pontuais, que são dispersadas pela própria ventilação urbana, tanto vertical quanto horizontal. Quanto maior for a produção de poluentes, mais insuportável se tornará o ar. Contudo, é válido observar que tais níveis de poluição variam no espaço e no tempo e, a depender desta variação de intensidade, é que se tornará mais ou menos perceptível para os cidadãos os efeitos adversos gerados. Outro ponto a ser ressaltado na Figura 03 é que o ar possui a capacidade de autodepuração. Contudo, uma carga frequente gerando um efeito cumulativo acarreta a extinção dessa capacidade.

Ressalta-se que o monitoramento da qualidade do ar associado à legislação específica e eficaz para controle e caráter punitivo são ferramentas eficazes de ação para evitar ou mitigar tais problemas em áreas urbanas.

3.1.2. O Subsistema Hidrometeorológico

Os estudos do clima urbano sob a perspectiva do Subsistema Hidrometeorológico dedicam-se a analisar a influência das atividades desenvolvidas nos ambientes urbanos sobre o aumento da precipitação nas cidades (GONÇALVES, 2003).

Este Subsistema se refere ao impacto meteorológico das áreas urbanas e, como o próprio nome diz “impacto meteorológico” confere uma ideia de desastres que venham a causar consequências adversas, tanto de ordem física (estrutura urbana), quanto de ordem organizacional das funções, atividades e circulação inerentes ao ambiente urbano, provocadas, por exemplo, por tempestades, aguaceiros, tornados, entre outros (MONTEIRO, 2003).

Vale ressaltar que para que tais fenômenos venham a causar impactos, é preciso que sejam considerados fenômenos extremos, ou que sua intensidade (eventual) não seja comum à área em questão. A intensidade dos prejuízos causados por tais episódios irá revelar o grau de vulnerabilidade do ambiente urbano, pois quanto mais vulnerável, maiores serão os impactos socioambientais (GONÇALVES, 2003).

Outro ponto a ser destacado é o fato de que não apenas o excesso pluviométrico é considerado um impacto, mas também a sua escassez, provocando crises de abastecimento de água e energia, conforme Monteiro (2003) afirma. Contudo, tal autor explica que o fenômeno

da escassez pluviométrica não é contemplado por estudos referentes ao Subsistema Hidrometeorológico, pois falta a este problema o caráter de impacto perturbador da ordem funcional e estrutural de uma cidade.

Monteiro (2003) destaca que o uso desordenado do solo, causando problemas diretamente ligados ao escoamento areolar das áreas urbanas, atrelado à infraestrutura precária das edificações são as principais causas dos desastres urbanos provocados por eventos meteorológicos extremos. Além disso, o rápido crescimento das cidades tem levado os menos favorecidos a ocuparem áreas sujeitas a deslizamentos diante de chuvas extremas.

Assim, o monitoramento climático, levando em consideração a morfologia urbana é capaz de gerar dados que sirvam de subsídio aos planejadores urbanos para que estes venham a encontrar estratégias de defesa para áreas já consolidadas e possam planejar adequadamente as áreas ainda em estágio de desenvolvimento.

Para tal monitoramento climático, Monteiro (2003) diz que os hidrômetros são de extrema utilidade. Porém, pesquisas sob este enfoque não se limitam à simples análise climática, elas avaliam também as variáveis envolvidas e causadoras dos problemas relacionados ao uso do solo urbano e infraestrutura urbana. De posse dos dados climáticos e das variáveis urbanas, o pesquisador busca em fontes oficiais os registros históricos dos eventos meteorológicos extremos que atingiram a cidade causando-lhe perturbação. O cruzamento desses dados fornece uma plataforma de informações sobre as áreas mais vulneráveis e prioritárias à implantação de estratégias de defesa.

Diversos trabalhos vêm sendo elaborados sobre a perspectiva do Subsistema Hidrometeorológico.

Zanella et al. (2009) afirmam que no Brasil, tais estudos ganharam ênfase na década de 80, mas se multiplicaram principalmente entre os anos de 1990 e 2000, com destaque para a cidade de São Paulo no que se refere a quantidade de trabalhos realizados sob esta perspectiva.

Gonçalves (2003) em seu estudo sobre o Subsistema Hidrometeorológico em Salvador cruzou os dados históricos sobre os acidentes naturais e o clima urbano e enfatizou a importância do desenvolvimento de tal estudo, uma vez que através deste, foi possível compreender a relação existente entre o núcleo urbanizado e o seu entorno. Ela constatou que os eventos meteorológicos extremos e concentrados têm aumentado proporcionalmente ao avanço da urbanização. Através do elevado registro de desabamentos constatou também a precariedade das habitações, o que, conseqüentemente, revela “o nível de vida da população

afetada”. É válido mencionar que a autora constatou que os eventos de maior repercussão espacial na cidade estão relacionados a intensidades de precipitação máxima em 24 horas, iguais ou superiores à 60 mm.

Zanella et al. (2009) realizaram um estudo em Fortaleza a fim de gerar dados que subsidiassem o planejamento da cidade, já que a mesma apresentava áreas povoadas próximas a lagos e rios, as quais sofriam com episódios de chuvas concentradas. Estes autores utilizaram os mesmos valores de parâmetro que a supracitada autora para analisar a intensidade dos episódios meteorológicos. Além disso, buscaram identificar os sistemas atmosféricos atuantes na formação de tais eventos e relacionar o total anual de precipitação e a ocorrência desses eventos. Concluíram que tal relação, de maneira geral, foi positiva para anos com totais anuais mais intensos. Os autores também identificaram a atuação da Zona de Convergência Intertropical como a maior responsável pelas chuvas intensas de março e abril.

Silveira & Sartori (2010) estudaram os impactos causados pelos constantes episódios de inundações na cidade de São Sepé (Rio Grande do Sul). Eles observaram que tais ocorrências tinham se tornado cada vez mais frequentes (entre 1980 e 2006) devido a ocupação das margens do Lajeado do Moinho, afluente do rio São Sepé. Os autores concluíram que as áreas afetadas por inundações são resultantes de ocupação indevida. Além disso, observaram que apesar da diminuição gradativa do volume de chuva no período observado, os registros na mídia sobre áreas alagadas aumentaram; os autores destacam que tal fato pode estar associado ao aumento dos meios de comunicação.

É possível observar que a formação natural do clima de uma área independe da ação antrópica. Contudo, a interferência nos fatores urbanos, como por exemplo o uso do solo, podem representar um aumento na pluviosidade local que, associada a uma infraestrutura vulnerável, acaba por tornar os ambientes urbanos extremamente vulneráveis à desordem frente a eventos meteorológicos concentrados, causando diversos prejuízos à população, especialmente a mais carente. Assim, um planejamento adequado e uma regulamentação eficaz sobre o uso e ocupação do solo, aliados a um sistema de monitoramento climático e estratégias emergenciais são imprescindíveis à obtenção de um ambiente urbano livre de catástrofes e calamidades associadas a precipitações extremas.

Destaca-se que apesar dessa divisão em Subsistemas conferir uma aparente compartimentalização, afastando a ideia de um sistema holístico, Monteiro (1976) faz uma ressalva, ao afirmar que este agrupamento serve para facilitar a análise sensorial e

comportamental dos cidadãos, mas que mantém intrínseca relação entre as variáveis atmosféricas, as quais são indissociáveis no ambiente natural (MONTEIRO, 2003).

A Figura 04 a seguir mostra as relações sistêmicas lineares que compõem o Subsistema Hidrometeorológico:

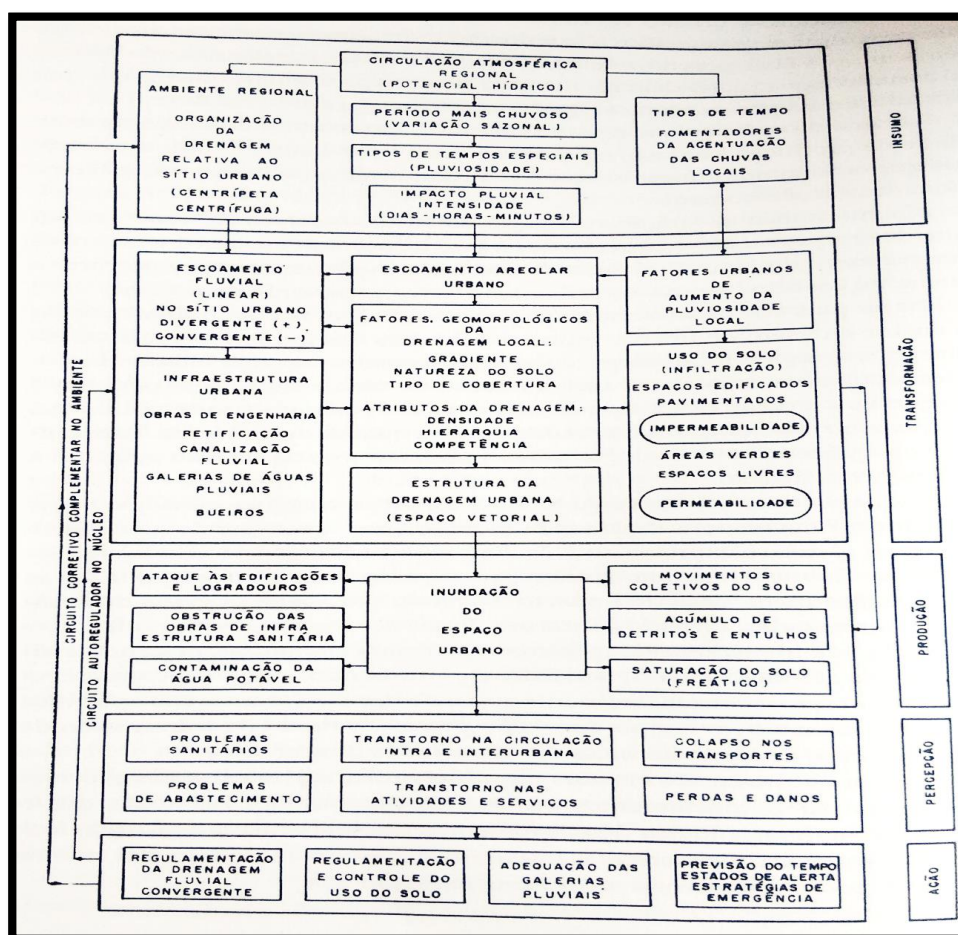


Figura 04: Canal II – Subsistema Hidrometeorológico (impacto da precipitação).

Fonte: Monteiro (2003).

3.1.3. O Subsistema Termodinâmico

O Subsistema Termodinâmico é o mais estudado dentre os demais subsistemas climáticos propostos por Monteiro (1976), tanto nos países de clima tropical, como nos países de climas temperados.

Tal Subsistema também pode ser considerado a base para a promoção de ações que visem o conforto térmico de áreas urbanas, bem como se caracteriza como o nível fundamental da questão climática, ou seja, o ponto de convergência das demais componentes climáticas (MONTEIRO, 2003). Além disso, as alterações adversas provocadas nesse Subsistema podem causar ainda a redução do desempenho das atividades humanas (BRANDÃO, 2003).

Monteiro (2003) reforça que os estudos referentes a tal Subsistema são essenciais para que os profissionais do planejamento urbano ou de edificações desenvolvam projetos adequados a cada local. Contudo, a escassez de informações leva estes profissionais, muitas vezes, a buscarem modelos provenientes de países com realidades climáticas diferentes das do Brasil.

Basicamente, os trabalhos realizados à luz do Subsistema Termodinâmico realizam medições de variáveis climáticas como temperatura, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos. Além disso, avaliam a influência da morfologia urbana e atividades inerentes ao ambiente urbano sobre o clima local. Tais medições são feitas com aparelhos específicos, como os termo-higrômetros, por exemplo, distribuídos ao longo do sítio urbano, de modo que os resultados obtidos são comparados com os de estações meteorológicas oficiais fixas (geralmente presentes nos aeroportos das cidades) que servem como uma estação de referência. O importante é que tal estação esteja localizada em áreas com características semelhantes às de um ambiente natural, a fim de que se possa comparar a diferença climática entre as temperaturas de uma área com características mais urbanizadas com as de um ambiente natural. A amplitude térmica encontrada entre os dois pontos (um com características urbanas e a estação de referência) é o que caracteriza a presença da ilha de calor (ou de frescor).

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no Brasil sob este enfoque, a título de exemplos pode-se citar:

Santos (2011) proporcionou uma grande contribuição para os estudos do clima urbano em cidades de clima tropical, já que o mesmo adaptou para cidades de clima tropical úmido as faixas de sensações térmicas propostas por Thom (1959) para classificar o Índice de Desconforto de Thom (1959) que foi desenvolvida basicamente cidades de clima temperado. Santos (2011), ao analisar o nível de conforto térmico na cidade de João Pessoa – PB, concluiu que promover este conforto para os cidadãos, face às diferentes vulnerabilidades socioambientais que a população está exposta, constitui-se em um requisito elementar para

direcionar um planejamento urbano pautado prioritariamente na melhoria da qualidade de vidas dessas populações.

Maciel et al. (2017) desenvolveram um estudo sobre a sensação de conforto térmico experimentada em áreas urbanizadas e adensadas da cidade de Fortaleza– Ceará. Estes autores ressaltaram a importância do uso da climatologia geral e dos estudos de clima urbano como subsídio a projetos de planejamento urbano, os quais, na maioria das vezes, não levam em consideração os aspectos climáticos.

Visto a pertinência dos estudos realizados sob a ótica do Subsistema Termodinâmico, é importante que se observe a (Figura 05), a qual mostra as relações sistêmicas lineares que compõem tal Subsistema:

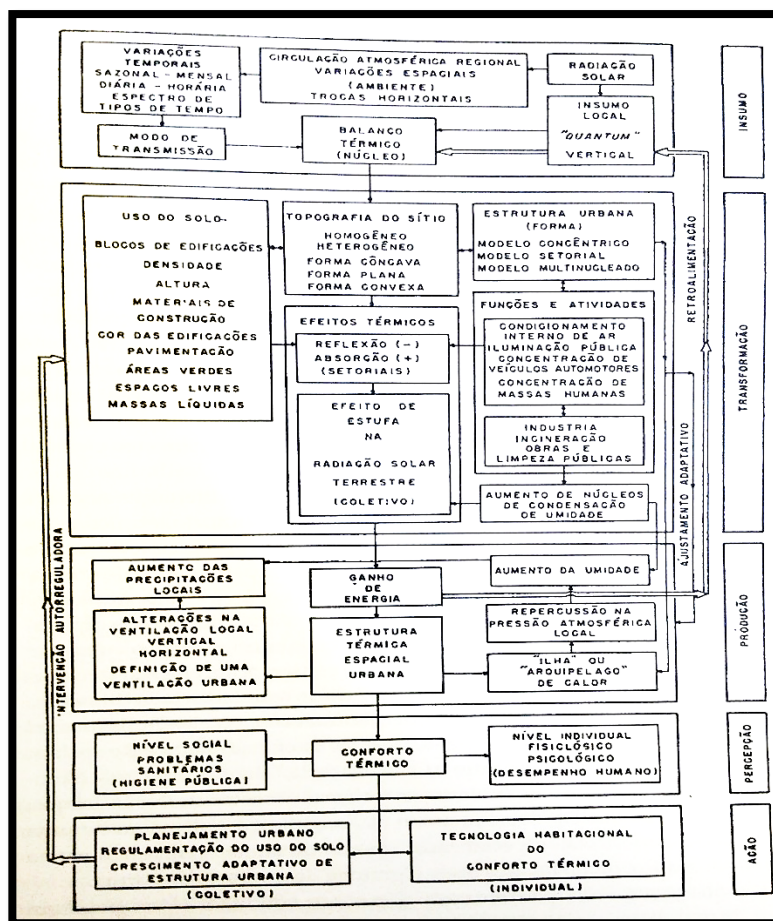


Figura 05: Canal III – Subsistema Termodinâmico (conforto térmico).

Fonte: Monteiro (1976).

Esta Figura demonstra a complexidade do campo termodinâmico de um ambiente urbano, como um sistema aberto, com entrada e saída de energia, no qual as transformações

do ambiente pelas atividades antropogênicas produzem alterações nas variáveis climáticas de maneira adversa, de modo a retroalimentar a entrada de energia no sistema (insumo). Os efeitos desse processo são refletidos diretamente na população, a qual sofre com problemas de desconforto térmico e, conseqüentemente, redução do pleno desempenho de suas atividades. Todavia, através de intervenções que visem autorregular o sistema, embasadas em estudos prévios que subsidiem um ambiente termicamente mais confortáveis, conferindo à população melhorias na qualidade de vida.

Fica notório que o subsistema está diretamente interligado com o meio físico, qualquer alteração de origem antrópica pode desencadear uma reação em todo o sistema climático urbano determinando respostas ao desconforto térmico ambiental nesses ambientes que se faz notar, sobretudo, na população mais pobre, uma vez que elas são desprovidas de condições econômicas, técnicas e científicas para responder às influências do clima sobre suas vidas (Mendonça, 2010).

3.2. Conforto Térmico e a qualidade de vida da população

É indubitável a preocupação relacionada ao conforto térmico e a qualidade de vida das populações de centros urbanos em virtude do acelerado desenvolvimento urbano em várias cidades no mundo, o que pode ser visualizado através de um esforço internacional em diversas pesquisas nos últimos anos, como as de Lopes e Correia (2013), Taleghani et al (2015), Lin, Chen e Matzarakis (2017), Martinelli e Matzarakis (2017), Salata et al (2017), entre outros.

Silva et al. (2011) corroboram com a temática ressaltando que a sensação de conforto térmico sentido pelo ser humano no que se refere a temperatura do ambiente, depende da combinação de diversos fatores, tanto do ambiente como do indivíduo, além de outros mais subjetivos, como idade, sexo, estado de saúde, adaptação fisiológica ao clima local ou preferências pessoais. Diante disso, Santos et al. (2011) afirmam que nos ambientes urbanos a qualidade de vida da população está cada vez mais comprometida devido às condições atmosféricas insalubres, pois o clima afeta diretamente as atividades econômicas, a saúde e o bem-estar dos cidadãos.

Quanto ao estudo do desconforto térmico, Gomes & Amorim (2003) explicam que consiste na definição de índices em que o ser humano sinta-se confortável em decorrência de

condições térmicas agradáveis ao corpo. Lembrando que tais índices devem levar em consideração o clima da região e as diferentes feições físicas e atividades antrópicas desenvolvidas.

Tal fenômeno, para Nóbrega & Lemos (2011), pode acarretar principalmente em doenças respiratórias provocadas pelo aumento do índice de insolação que, com a diminuição do albedo, devido a utilização de materiais de baixa refletância nas áreas urbanas, aumenta a sensação de desconforto térmico experimentada pela população, gerando, com isso, aumento nos gastos do governo local na área da saúde.

O bem-estar e a saúde do ser humano podem ser determinados pela ocorrência de variáveis extremas (temperaturas, umidade relativa do ar), promovendo ocasiões de desconforto em ambientes externos. A relação de variáveis térmicas e físicas caracterizam o conforto térmico e a sua compreensão em áreas urbanas.

Os estudos que envolvem variáveis ambientais, fisiológicas e psicológicas, são mais específicos e são geralmente desenvolvidos em ambientes fechados, onde é possível controlar as variáveis do ambiente (temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura do ambiente e velocidade relativa do ar); além do mais, nesses estudos é preciso avaliar também as atividades desenvolvidas por cada indivíduo analisado, bem como suas vestimentas. Todavia, em ambientes abertos e de grandes dimensões torna-se inviável este tipo de análise, sendo para estes casos possível desenvolver trabalhos que avaliem o conforto térmico através de índices que utilizem apenas variáveis ambientais, tal como o Índice de Desconforto Térmico de Thom (THOM, 1959) bastante utilizado em trabalhos internacionais, mas que vem ganhando cada vez mais notoriedade no Brasil. Tal Índice, de acordo com Souza & Nery (2014) além de necessitar apenas de variáveis ambientais para estimar a sensação de conforto/desconforto térmico sentida pela população, é bastante simples de ser utilizado.

Recentemente este Índice que foi desenvolvido para países de clima temperado, foi ajustado por Santos (2011) para regiões de clima tropical que em sua tese de doutorado, onde o autor avaliou o clima da cidade de João Pessoa – Paraíba. Durante o desenvolvimento do trabalho foi feita a adaptação através da aplicação de questionários com a população local.

Aplicando o IDT para análise do desconforto térmico em regiões tropicais, foi realizado uma pesquisa em dois *Campus* universitário da UFPB (Campus I e IV), onde Santos et al. (2011;2012) demonstraram que o Índice de Desconforto de Thom adaptado é apropriado para avaliar o nível de conforto térmico humano em regiões com clima tropical.

Diante disso, o estudo do impacto das variáveis atmosféricas sobre o espaço urbano é imprescindível para garantir o conforto térmico dos ambientes construídos, já que as informações podem orientar na tomada de decisões concernentes à preservação da qualidade de vida nos ambientes urbanos cada vez mais degradados (SANTOS et al., 2011; SANTOS et al., 2012; SILVA JÚNIOR et al., 2013).

Neste sentido, destaca-se que a presença da vegetação nos centros urbanos é um dos fatores que são capazes de definir o clima de uma localidade, já que é capaz de interferir e originar diversos microclimas (SHAMS et al., 2011). Em contrapartida é possível afirmar que a falta de vegetação vem alterando adversamente as características climáticas dos centros urbanos.

Gomes & Amorim (2003) relatam que a vegetação é um importante componente regulador da temperatura urbana, uma vez que absorve eficientemente a radiação solar que é utilizada nos seus processos biológicos: fotossíntese e transpiração. Na ausência da mesma, esta radiação incide diretamente na superfície do ambiente urbano elevando demasiadamente a temperatura dos materiais de revestimento e, conseqüentemente, a sensação de desconforto sentida pelos cidadãos.

Santos et al. (2011) concordam que a cobertura vegetal exerce papel fundamental no controle do nível de conforto térmico devido ao sombreamento produzido pela mesma. Com isso, é capaz de amortecer os efeitos termicamente desagradáveis produzidos por coberturas de solo impermeáveis e com baixo albedo como é o caso do asfalto ou do paralelepípedo, por exemplo, tão inerentes ao ambiente urbano.

Para Setaih et al. (2013) a melhoria das condições térmicas de espaços externos é alcançada através da utilização de estruturas que produzam sombreamento, tendo o plantio de árvores ou outros tipos de vegetação um importante papel neste processo.

Assim, a implantação de vegetação nas cidades é um dos fatores mais importantes para que se alcance o conforto térmico humano, de modo que é possível obter um ambiente naturalmente sombreado, refrigerado, ventilado e confortável, contribuindo para a eficiência energética. No entanto, torna-se imprescindível que se conheçam as propriedades específicas de cada espécie vegetal (características de sombreamento e evapotranspiração), conforme destacam Silva et al. (2011).

Em cidades já consolidadas e com espaço intraurbano desorganizado, a tarefa de arborizar vias e ruas torna-se inviável, o que deve levar os gestores a buscarem por novas formas de implantar espaços verdes na área urbana.

Uma solução que vem ganhando cada vez mais ênfase no cenário urbano na busca de contornar esta situação é a implantação dos telhados verdes, os quais, de acordo com Rangel et al. (2016) constituem-se em “tecnologias ambientais que contribuem para a sustentabilidade”.

Destaca-se ainda que este tipo de cobertura vegetal, ao ser implantada nos telhados, é capaz de proporcionar o conforto térmico e acústico dos ambientes internos, além de contribuir para o aumento das áreas verdes dentro do espaço urbano, o que, conseqüentemente, gera diminuição das ilhas de calor urbanas (SILVA, 2011).

Contudo, a implantação dos telhados verdes no Brasil ainda se configura em uma ação em demasiado ínfima em relação aos países da Europa (SILVA, 2011; RANGEL et al., 2015) ou os Estados Unidos (RANGEL et al., 2015). Ainda existe um custo relativamente alto a ser pago para a instalação de um telhado verde. É preciso que uma empresa especializada realize este trabalho já que é indispensável que se avalie toda a estrutura da edificação a fim de verificar se a mesma suportaria o peso do novo telhado.

Assim, é preciso, acima de tudo, que os gestores, como representantes do povo e maiores interessados no bem estar da população, conscientizem a mesma da necessidade de uma alteração na configuração da cidade, seja através da abertura de espaços verdes na malha urbana ou arborização de vias e ruas, seja pela implantação de tecnologias ambientais como os telhados verdes.

A análise do conforto térmico, face às diferentes vulnerabilidades socioambientais, as quais a população dos centros urbanos estão expostas, constitui-se em requisitos elementares para direcionar um planejamento urbano pautado prioritariamente na melhoria da qualidade de vida dessas populações. A importância dos estudos relativos ao conforto térmico nessas áreas se relaciona não só à sensação de desconforto por parte da população, mas também nos reflexos do desconforto no desempenho do trabalho e na saúde (BERBIRATO et al, 2007).

3.3. Clima urbano e planejamento urbano-ambiental

Segundo Oke (1978), o clima urbano pode ser definido como o resultado das modificações causadas pelo processo de urbanização da superfície terrestre e da interferência dessa urbanização nas características da atmosfera em determinado local. Dessa forma, o clima da cidade é definido por uma série de alterações climáticas produzidas pela

transformação da cobertura natural do solo e algumas características complementares, tais como uso do solo, padrões de edificações, áreas verdes e espaços abertos, morfologia e estrutura urbana, configuração vertical, fluxo de pedestres e de veículos automotores, dentre outros (OLIVEIRA, 1981; LOMBARDO, 1997).

O clima e as condições de tempo exercem influência sobre a vida humana, de modo que conhecer e preservar esse recurso natural é de suma importância para a humanidade. Mas para que isso seja possível é necessário que se estabeleça um processo de planejamento urbano, principalmente de áreas ainda pouco ocupadas ou ainda não consolidadas, pois permite que estas venham a se estabelecer e se consolidar de forma mais adequada do que aquelas que não passaram por um processo de planejamento prévio (FIALHO & SOUZA, 2007).

Contudo, tais autores afirmam que as alterações no ambiente físico urbano têm criado microclimas artificiais, sofrendo intensas modificações climáticas face as diversas fontes adicionais de calor de carácter antropogênico de modo que realizar uma avaliação microclimática da cidade se torna essencial para o processo de planejamento urbano.

De fato, o planejamento urbano associado ao conhecimento climatológico urbano da área investigada possibilita o desenvolvimento de um ordenamento territorial adequado e bem estabelecido, que proporcione conforto térmico e sadia qualidade de vida para a população (LIMA & ZANELLA, 2011).

Nesse contexto, Barbirato et al. (2014) citam algumas variáveis que devem ser observadas no processo de planejamento urbano, a fim de alcançar o conforto térmico, principalmente de áreas públicas: traçado adequado, densidade das edificações e o espaçamento mínimo entre estas, bem como sua altura e profundidade, além das características termofísicas dos materiais de recobrimento, tanto das edificações quanto dos solos.

Todavia, em áreas já consolidadas, a modificação das edificações é inviável, tanto para o gestor quanto para a população. No entanto, nesses casos, é possível que áreas de amenização climática de uso público sejam incorporadas à malha urbana, como parques e praças bem arborizados, bem como a implementação de telhados verdes.

Silva (2011) cita ainda outros benefícios relacionados a utilização dos telhados verdes em larga escala nos centros urbanos, tais como a redução da quantidade de carbono atenuando a poluição do ar; e a filtragem do gás carbônico, poluentes e metais pesados da água da chuva. Assim, não apenas os problemas relacionados ao Subsistema Termodinâmico seriam sanados, mas aqueles relacionados ao Subsistema Físico-Químico também seriam minimizados.

Todavia, os inúmeros benefícios fornecidos por esse tipo de estrutura já justificam o esforço da iniciativa.

É válido destacar que o planejamento ambiental e da expansão urbana, bem como o controle da verticalização e uso do solo são fundamentais para a manutenção de um ambiente urbano equilibrado que seja capaz de proporcionar qualidade de vida para seus habitantes (GOMES, 2016).

A importância da implantação de um planejamento urbano-ambiental, principalmente em cidades que se desenvolvem em ritmo frenético e de forma desordenada é de suma importância, pois geralmente tornam-se ambientes insalubres e desconfortáveis no que se refere ao seu campo térmico (BARBIRATO et al., 2014).

É de extrema relevância que se incorporem ao Plano Diretor de uma cidade informações não apenas da climatologia geral da região onde se está inserida a cidade, mas também, e principalmente, avaliações que considerem a análise específica do ar intraurbano, destacando não só a avaliação quantitativa das variáveis climáticas, mas também uma avaliação qualitativa da morfologia urbana e da dinâmica inerente às atividades antrópicas através dos estudos do clima urbano.

3.4. Papel da cobertura vegetal na amenização climática

A vegetação atua como atenuador das temperaturas nos meios urbanos, devido os seus processos biológicos (fotossíntese e evapotranspiração), que auxiliam por exemplo, no sombreamento das superfícies e na redução da velocidade dos ventos e ainda contribui com a redução da poluição do ar e acústica, aumento do conforto ambiental, efeitos sobre a saúde mental e física da população, melhoria nas áreas de convívio social, valorização econômica e da estética da cidade e ainda formação de uma memória e do patrimônio cultural da cidade (OLIVEIRA, 2015; LABAKI ET AL, 2015). Esses fatores tornam a arborização uma ferramenta cada dia mais utilizada nas cidades como uma forma de diminuição do desconforto térmico nas áreas mais urbanizadas no mundo todo.

Em estudo realizado por Labaki, (2011) são analisadas espécies e tipos de grupos vegetais eficientes para a atenuação da temperatura. Esse estudo comprova que a vegetação arbórea em agrupamentos é mais eficiente que um único indivíduo, destacando assim a importância da distribuição da vegetação no meio urbano de forma homogênea para uma

melhor circulação do ar e diminuição da radiação solar nos ambientes comuns de transição de pedestres e em áreas de convivência, como por exemplo, parques infantis, praças e áreas de lazer no geral.

Até o século XIX, a vegetação nas cidades brasileiras não era considerada tão relevante, visto que a cidade aparecia como uma expressão oposta a rural. Havia, portanto, uma valorização do espaço urbano construído, afastado completamente da imagem rural que compreendia os elementos da natureza. Nesse contexto, é importante ressaltar que os espaços urbanos não eram tão ocupados nem apresentavam a maioria dos problemas que se fazem presente no seu interior. Trata-se de uma peculiar forma de urbanização e consolidação dos espaços urbanos, contemporânea ao estabelecimento da ciência moderna e ao surgimento de uma nova sensibilidade, um olhar distinto apreciado a paisagem à luz da redefinição das relações entre o homem e a natureza (SEGAWA, 2015).

Segundo Hough (2016), a sobrevivência da espécie humana está diretamente relacionada às condições de conforto térmico ambiental e a adaptação que os edifícios e os diversos ambientes têm com as condições climáticas locais. Nesse sentido o uso da cobertura vegetal nos espaços urbanos torna-se indispensável para a manutenção das condições de conforto térmico e amenização climática.

Ao longo da história o papel desempenhado pelos espaços verdes presentes nos centros urbanos tem sido uma consequência das necessidades experimentadas de cada momento, ao mesmo tempo em que é um reflexo dos gostos e costumes da sociedade. De forma mais intensa, sobretudo nas últimas décadas, a discussão dos problemas ambientais vem se tornando uma temática obrigatória no cotidiano citadino (SEGAWA, 2015).

Os processos de urbanização e industrialização, ao mesmo tempo em que constituem bom indicador do nível de desenvolvimento e progresso alcançado, também tem se comportado como um grande problema, podendo-se exemplificar na visível degradação do meio ambiente urbano e de sua qualidade de vida. As alterações climáticas decorrentes da ocupação desordenada do solo implicam em desconforto ao habitantes e também repercutem no desempenho energético da cidade (BARBOSA et. al, 2017).

O crescimento desordenado das cidades brasileiras e as consequências geradas em função da falta de planejamento urbano despertam a atenção de planejadores e da população no sentido de se perceber a vegetação como componente necessário ao espaço urbano. Nesses grandes centros urbanos há problemas ambientais que produzem diversas consequências sobre

todos os aspectos do meio ambiente natural (como a fauna, a flora, o relevo, o clima e a hidrologia).

Dessa forma, a arborização passou a ser vista nas cidades como importante elemento natural atuando como reestruturador do espaço urbano, pois as áreas bastante arborizadas apresentam uma aproximação maior das condições ambientais normais em relação ao meio urbano que apresenta, entre outros, temperaturas mais elevadas, particularmente, nas áreas de elevados índices de construção e desprovido de cobertura vegetal (CARVALHO, 2018).

A qualidade de vida urbana está diretamente atrelada a vários fatores que estão reunidos na infraestrutura, no desenvolvimento socioeconômico e àqueles ligados à questão ambiental. No caso do ambiente, as áreas verdes públicas constituem-se elementos imprescindíveis para o bem estar da população, pois influencia diretamente a saúde física e mental da população. Espaços integrantes do sistema de áreas verdes de uma cidade exercem, em função do seu volume, distribuição, densidade e tamanho, inúmeros benefícios ao seu entorno. A temperatura do ar e a umidade relativa do ar, assim como a ação do vento, são sem dúvida, condicionantes importantes que agem na sensação ou não de conforto térmico pelo corpo humano.

As condições climáticas de um lugar onde se habita também irão favorecer na determinação do conforto térmico, uma vez que as variáveis temperatura e umidade relativa terão comportamentos diferenciados de acordo com o clima específico de cada lugar afirmam Loboda e De Angelis (2016). Devido ao aumento da especulação imobiliária, o crescimento nos centros urbanos está atrelado ao crescimento financeiro que em grandes metrópoles propõem, com isso os recursos naturais e as áreas verdes acabam ficando em segundo plano interferindo substancialmente na qualidade de vida das populações residentes desses centros urbanos.

Dentre as inúmeras vantagens das áreas verdes, Guzzo (2016) considera três funções principais: ecológica, estética e social. As contribuições ecológicas ocorrem na medida em que os elementos naturais que compõem esses espaços minimizam tais impactos decorrentes da industrialização. A função estética está pautada, principalmente, no papel de integração entre os espaços construídos e os destinados à circulação. A função social está diretamente relacionada à oferta de espaços para lazer da população. Com ênfase ao meio urbano, estas áreas proporcionam a melhoria da qualidade de vida pelo fato de garantirem áreas destinadas ao lazer, paisagismo e preservação ambiental.

Para desempenhar plenamente seu papel, a arborização urbana precisa ser aprimorada a partir de um melhor planejamento. São inúmeros os benefícios proporcionados pela arborização no meio urbano. Segundo, Andrade (2017), podemos destacar os seguintes:

Composição atmosférica

- Ação purificadora por fixação de poeiras e materiais residuais;
- Ação purificadora por depuração bacteriana e de outros microorganismos;
- Ação purificadora por reciclagem de gases através de mecanismos fotossintéticos;
- Ação purificadora por fixação de gases tóxicos.

Equilíbrio solo-clima-vegetação

- Luminosidade e temperatura: a vegetação ao filtrar a radiação solar, suaviza as temperaturas extremas;
- Umidade e temperatura: a vegetação contribui para conservar a umidade do solo, atenuando sua temperatura;
- Redução na velocidade dos ventos;
- Mantém as propriedades do solo: permeabilidade e fertilidade;
- Abrigo à fauna existente;
- Influencia no balanço hídrico.

Níveis de ruído

- Amortecimento dos ruídos de fundo sonoro contínuo e desconforto de caráter estridente, ocorrentes nas grandes cidades.

Estético

- Quebra da monotonia da paisagem das cidades, causada pelos grandes complexos de edificações;
- Valorização visual e ornamental do espaço urbano;
- Caracterização e sinalização de espaços, constituindo-se em um elemento de interação entre as atividades humanas e o meio ambiente.

De acordo com Guzzo (2017), esta questão tem suscitado problemas no que tange a disseminação desse conhecimento em nível de pesquisa, ensino, planejamento e gestão dessas áreas. A sociedade, em constante mutação, tem conferido feições diversas áreas verdes

urbanas de uso público ao longo do tempo, além disso, a presença da vegetação tem implicações termodinâmicas que repercutem decisivamente no desempenho energético da cidade. Desse modo, o conhecimento de parâmetros que qualifiquem e quantifiquem os benefícios trazidos pela vegetação na amenização do comportamento climáticos nos recintos urbanos é de grande importância para profissionais que atuem no planejamento urbano.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A cidade de Bayeux - Paraíba localiza-se entre as Coordenadas Geográficas de Latitude $07^{\circ}07'30''\text{S}$ e Longitude $34^{\circ}55'56''\text{W}$. Com uma área de $27,536 \text{ km}^2$, a cidade possui uma população de 99.894 habitantes e apresenta uma densidade demográfica de $3.518,76 \text{ hab/km}^2$ (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2015). Bayeux (PB) faz parte de região metropolitana da grande João Pessoa (PB). A Leste limita-se com a capital João Pessoa, Oeste com o município de Santa Rita (PB).

A figura 06 apresenta a localização da cidade de Bayeux (PB).

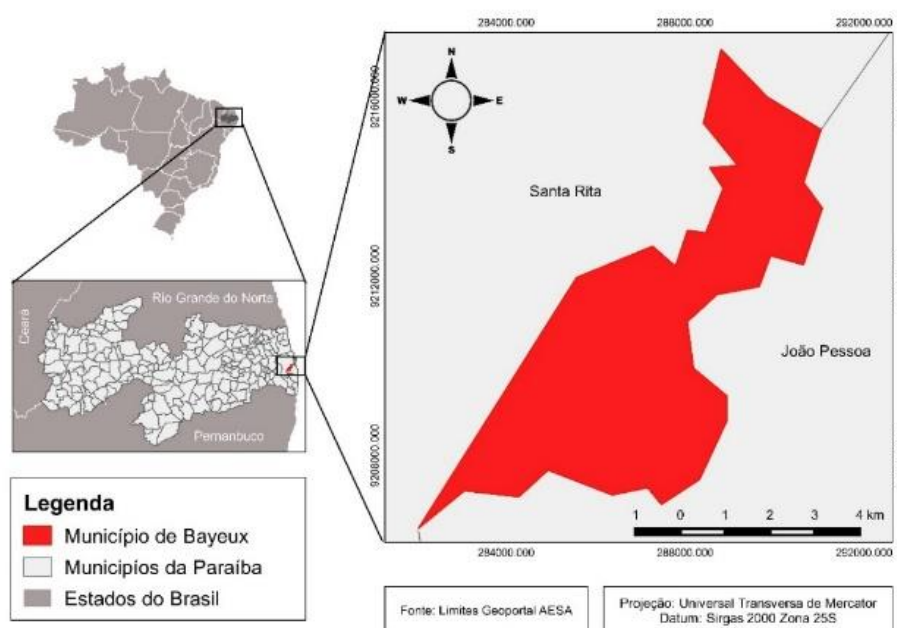


Figura 06: Localização da cidade de Bayeux (PB).

Bayeux é a terceira menor cidade do Estado com a segunda maior densidade demográfica, perdendo apenas para a capital, João Pessoa, de acordo com o IBGE (2015). Tal realidade pode explicar o intenso processo de urbanização que vem ocorrendo em Bayeux, o qual tem provocado impactos adversos sobre o meio natural e promovido problemas socioambientais à população, principalmente àquelas comunidades instaladas em áreas próximas a rios (LACERDA, 2016).

A cidade historicamente vem se desenvolvendo em um frenético processo de demolição e construção/reconstrução de habitações com a abertura de novas vias que Silva (2014), tem provocado severas alterações do uso e cobertura do solo, com consequências diretas sobre os sistemas ambientais da região (SILVA, 2014).

A figura 07 apresenta a hipsometria da cidade de Bayeux.

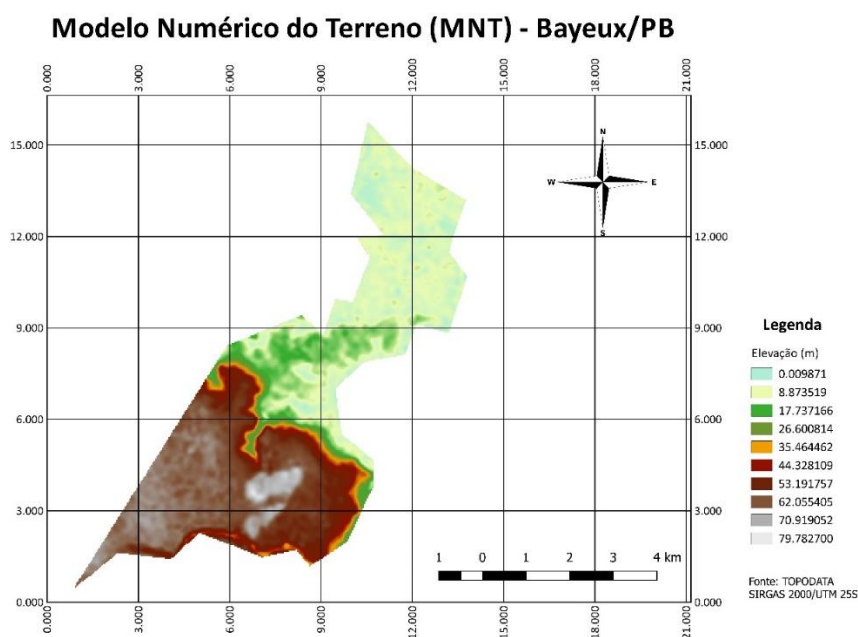


Figura 07: Hipsometria da cidade de Bayeux – PB.

4.2. Definições do campo de análise da pesquisa e procedimentos metodológicos

Para a realização da pesquisa, inicialmente foi feito o levantamento bibliográfico e documental à respeito da temática em questão. A análise do clima urbano ocorreu através de

descrições físicas do espaço ocupado foi realizada com base na metodologia apresentada por Monteiro (1976); Katzschner (2002) e Costa (2007). O método consiste em medições in loco e a análise das variáveis climáticas: temperatura e umidade relativa do ar. Foram definidos três pontos experimentais representativos da malha urbana para a coleta de dados meteorológicos (temperaturas e umidade relativa do ar), na área urbana da cidade. O primeiro ponto está localizado em uma área próxima a um resquício de Mata Atlântica definido como Ponto de referência. Já o segundo ponto está localizado ao lado do posto policial federal, nas margens da BR 230 no município de Bayeux (PB). O terceiro ponto está localizado no centro da malha urbana da cidade. Em seguida foi feito o reconhecimento da área dos experimentos em função das diferenciações do uso e cobertura do solo. Para a escolha dos pontos de monitoramento foi levado em consideração a segurança do local de instalação das amostras experimentais.

As amostras experimentais foram espacializadas e podem ser observadas na (Figura 08), que apresenta o espaço interurbano da cidade de Bayeux e as amostras experimentais distribuídas geograficamente dentro da malha urbana.

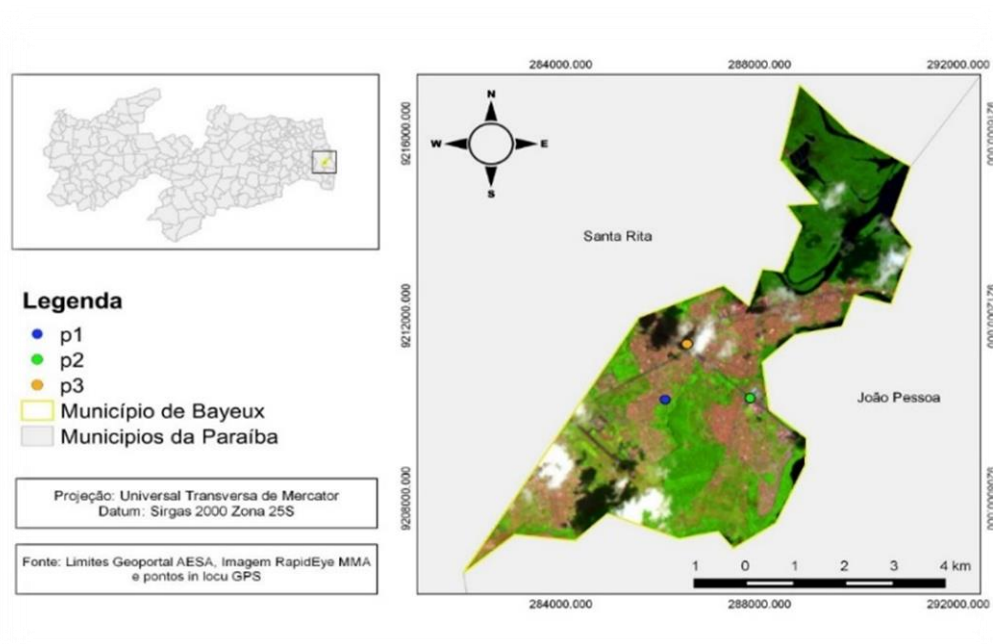


Figura 08: Localização dos pontos de monitoramento. Ponto 1 - Jardim Aeroporto; Ponto 2 – Mário Andreazza; Ponto 3- Centro.

Já para a análise do microclima urbano, destaca-se que para melhor avaliar o clima intraurbano sob uma óptica espaço-temporal foram analisadas a temperatura e a umidade

relativa do ar em três meses de cada período (seco e chuvoso) da área de estudo. Assim, foram considerados os meses de dezembro, janeiro e fevereiro para a análise do período seco e os meses de maio, junho e julho para a análise do período chuvoso. As medições de temperatura e umidade relativa do ar foram realizadas durante intervalos horários de (1 hora). As coletas dos dados ocorreram através de equipamentos termo higrômetro Hobo data loggerU-10 (Figura 09). Os equipamentos ficaram alocados em tripés de aço em uma das amostras foi utilizado um cano de PVC (1,50 m de altura) com proteções específicas para aparelhos de medições.

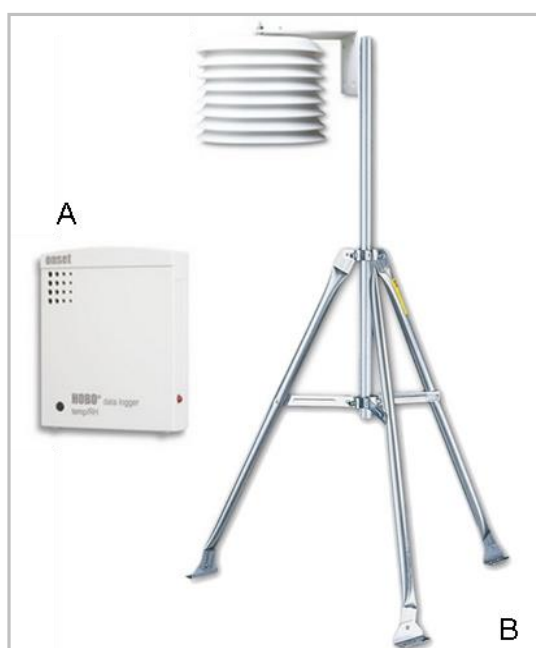


Figura 09: (A) Termo-higrômetro. (B) Mini-abrigo apoiado no tripé.

Na segunda etapa da pesquisa, ocorreu a fase de alocação dos equipamentos nos pontos experimentais. Para a medição das variáveis temperatura e umidade relativa do ar foi determinado para cada unidade climática local (Figura 10), de maneira que se obtenha o valor total de 500 m que corresponde à medida de 0,5 km defendida por Oke (2004).

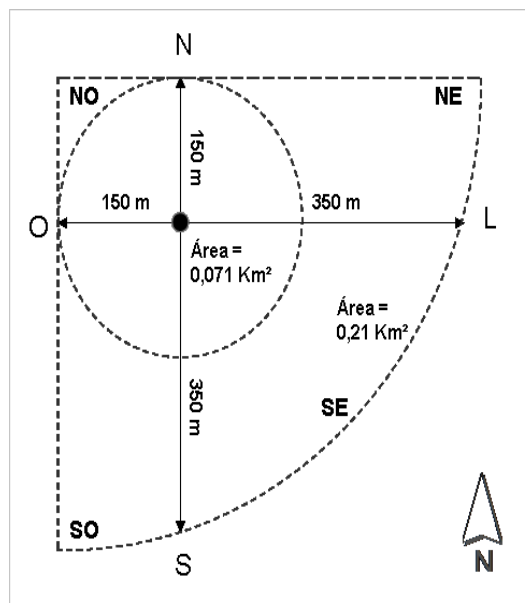


Figura 10: Área de análise de cada ponto de coleta durante os dois períodos experimentais: Período seco e chuvoso da área de estudo (Fonte: Costa, 2007).

Para medir a intensidade de conforto térmico nos pontos monitorados durante os períodos seco e chuvoso na área de estudo, foi utilizado o índice bioclimático conhecido como índice de desconforto de Thom (1959) – IDT que foi ajustado para regiões tropicais por Santos (2011), ver (Tabela 01) abaixo. Esse índice descreve a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às variações das condições climáticas de um ambiente. O IDT oferece uma medida razoável do grau de desconforto térmico para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar, expresso em graus Celsius. Para o cálculo do Índice de conforto térmico foi utilizada a seguinte equação:

Equação (1) $IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR) \cdot (T - 14,5)$.

Sendo:

T é a temperatura do ar (°C);

UR é a umidade relativa do ar (%).

O IDT foi classificado nas faixas exibidas na (Tabela 01).

Tabela 01: Faixa de classificação do índice de desconforto de Santos (2011) (IDT).

Faixas	IDT (° C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	$24 \leq \text{IDT} \leq 26,0$	Parcialmente confortável
3	$26 < \text{IDT} < 28,0$	Desconfortável
4	IDT $\geq 28,0$	Muito desconfortável

O índice de uso e cobertura do solo foi obtido pela contribuição percentual dos materiais de recobrimento do solo dos pontos monitorados, sendo possível verificar a influência de tais materiais no desconforto térmico. Tais feições foram classificadas em porcentagens (%), para as amostras experimentais como: vegetação arbórea; vegetação herbácea; telhados; asfalto; amianto; calçamento; areia; concreto, usos diversos; e corpo hídrico. O percentual de uso e cobertura do solo nas amostras experimentais serve de base para a compreensão de alterações no campo térmico urbano de cada ponto experimental da área de estudo, tendo em vista que os materiais de recobrimento do solo interferem nas condições microclimáticas locais.

Para a análise da climatologia geral da área de estudo os dados totais médios da precipitação da área de estudo foram obtidos através da AGÊNCIA EXECUTIVA DA GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs), referentes a ano de 2016 na área de estudo. Posteriormente os dados foram tratados em planilha Excel e elaborados os gráficos da temperatura, umidade relativa do ar, índice de desconforto térmico local (IDT) e comportamento pluviométrico referente ao ano da pesquisa. A análise dos resultados ocorreu de forma quali-quantitativa levando em consideração a fundamentação teórica da pesquisa.

Por fim, foram verificados os cenários elaborados por SANTOS (2017) para a cidade de Bayeux (PB) e suas implicações para as próximas décadas, caso seja mantido, as condições precárias de infra-estrutura e falta de planejamento urbano para a cidade de Bayeux (PB). Foram gerados cenários de níveis de desconforto térmico para as próximas três décadas (2020, 2030 e 2040). Os cenários foram definidos em função do relatório do IPCC (2014) que prevê um aumento médio das temperaturas globais de até 4,9 °C até o ano de 2100.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Comportamento pluviométrico da área de estudo

A precipitação pluviométrica é a variável climática mais importante para a região tropical (MOLION & BERNARDO, 2002). No caso do Nordeste Brasileiro, estudar o comportamento dessa variável é indispensável, visto seu comportamento espaço-temporal ser irregular, o que interfere diretamente nas atividades humanas. Tais informações são essenciais para a compreensão do clima das cidades, visto que o clima local depende da dinâmica em escala regional e global. Essa realidade remete à necessidade de se avaliar a climatologia geral da referida cidade, com o intuito de compreender o comportamento climático da área de estudo e subsidiar políticas públicas locais.

Ao se tratar da porção leste da região Nordeste do Brasil, na qual está inserido o município de Bayeux – PB, o clima é fortemente influenciado pela atuação dos ventos alísios de sudeste (NIMER et al., 1989), bem como pela atuação dos Sistemas Frontais e da Zona de Convergência Intertropical, a qual é o principal sistema atmosférico de produção de chuvas sobre o leste do Nordeste, e que atua principalmente entre os meses de abril e julho (MOLION & BERNARDO, 2002).

Observando o comportamento da variável precipitação a cidade de Bayeux apresentou uma precipitação anual de 1629,7mm. De acordo com as análises dos dados obtidos, o período chuvoso fica estabelecido de março a julho. O que faz com que esses meses sejam considerados os meses mais propícios ao aporte hídrico dos mananciais, com ênfase para o mês de junho o mais representativo nos valores de precipitação com 284,6mm. O período seco fica estabelecido entre os meses de agosto a fevereiro com destaque para o mês de outubro que não atingiu os 25mm. Como pode ser observado na figura 11.

A figura 11 apresenta o comportamento do regime pluviométrico da área de estudo durante o ano de 2016.

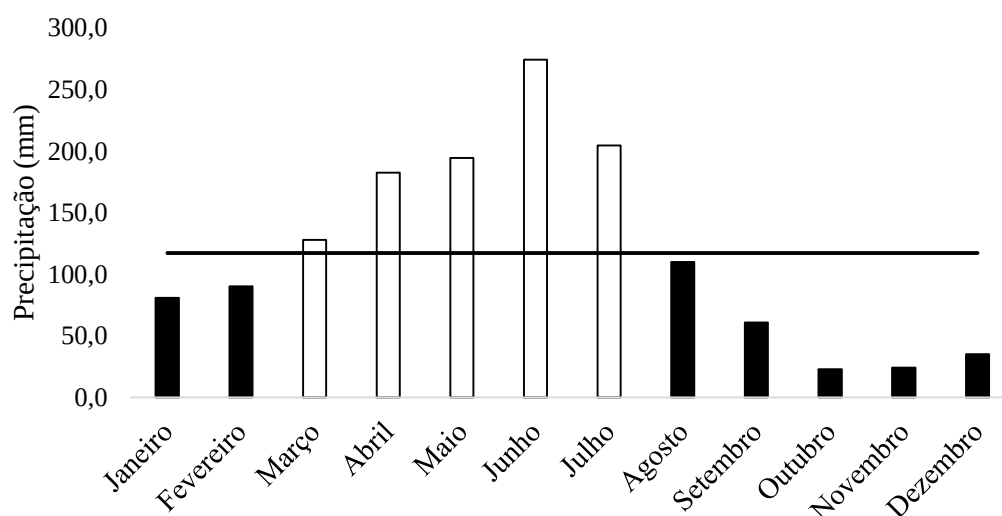


Figura 11: Comportamento pluviométrico da área de estudo durante o ano referente a pesquisa 2016.

Estes resultados diferem, em parte, daqueles estabelecidos por Molion & Bernardo (2002) que definem o período mais chuvoso de abril a julho, deixando de fora o mês de março. Já para Araújo et al. (2009) o mês de março é extremamente eficiente em termos de precipitação para o Nordeste brasileiro por causa da atuação da Zona de Convergência Intertropical que atinge seu máximo neste mês, fazendo com que o mesmo seja de suma importância para o aporte hídrico dos mananciais.

5.2. Caracterização do espaço físico das amostras experimentais

Vale destacar que o ponto de referência da pesquisa é um resquício de mata atlântica localizado nas bordas da malha urbana da cidade de Bayeux (PB) como bem destaca a (Figura 12).

Essa área foi assumida como ponto de referência em função de suas características naturais se assemelharem a um ambiente rural, considerando-se as características da vegetação de grande porte e de pouca interferência humana.



Figura 12: Ponto I: Jardim aeroporto.

Observa-se no entorno da área que a vegetação arbórea (71,9%) predominou. Contudo, percebe-se também a presença da cobertura de telhados (19,7%), vegetação herbácea (10,8%), e fragmentos de asfalto (2,1%), areia (2%) e calçamento (1,3%).

As contribuições percentuais do material de recobrimento do uso e ocupação do solo referente a amostra 01 podem ser observados na (Figura 13).

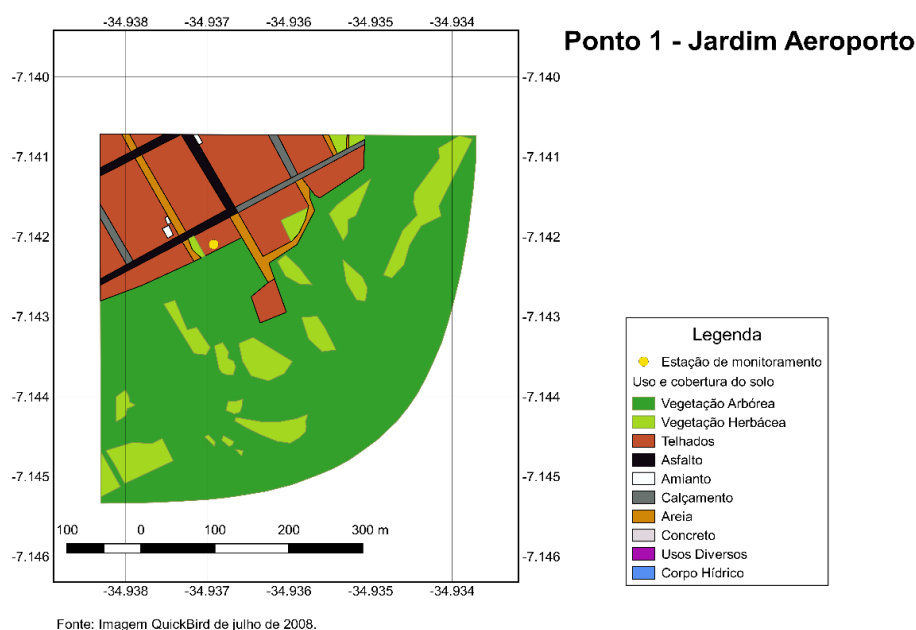


Figura 13: Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 1 – Jardim Aeroporto.

A amostra experimental 02 está localizada às margens da BR 230 próximo ao posto da Polícia Rodoviária entre os municípios de Bayeux (PB) e João Pessoa (PB) (Figura 14).



Figura 14: Mário Andreazza.

O segundo ponto experimental (Figura 14) está localizado no bairro Mário Andreazza no município de Bayeux (PB). A área possui forte concentração de veículos, o que gera emissão de gases poluentes na atmosfera pelo fato da mesma se encontrar as margens da BR-230 sentido João Pessoa (PB). Além disso, trata-se de um ponto experimental com reduzida cobertura vegetal o que dificulta o processo de evapotranspiração, circulação dos ventos, absorção de poluentes e diminuição das temperaturas.

No entorno dessa amostra experimental, verifica-se a presença de grandes galpões de empresas privadas, com áreas de pátio pavimentadas. Observa-se a predominância de calçamento nessa amostra experimental totalizando (57,5%). É possível também notar a presença de telhados (41,3%), vegetação herbácea (30,1%), asfalto (25,4%), amianto (22,6%, e areia 5,2%).

Na figura 15 encontram-se os percentuais de uso e cobertura do solo da amostra experimental 2.

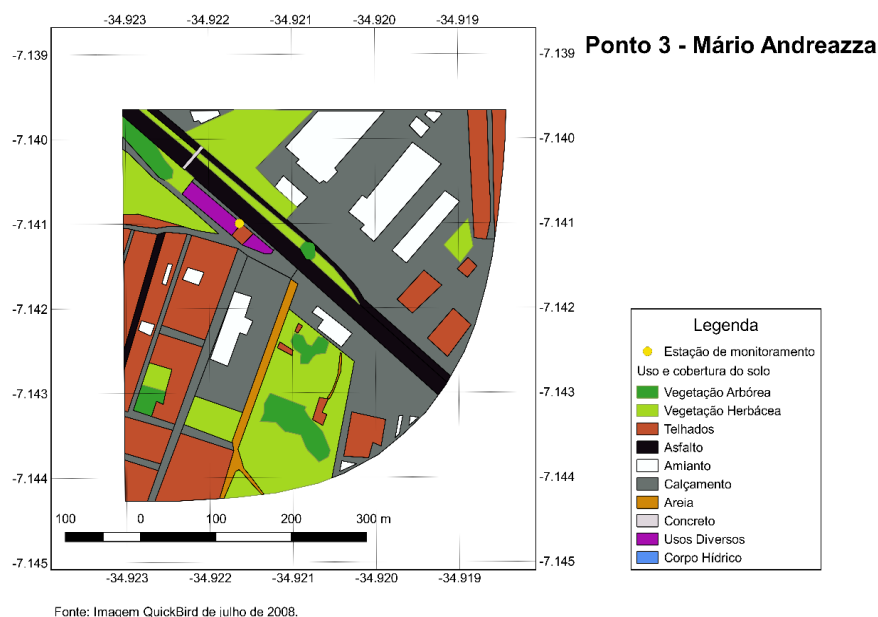


Figura 15: Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 2 – Mário Andreazza.

A figura 16 apresenta o terceiro ponto de monitoramento das variáveis temperatura e umidade relativa do ar está localizado centro urbano da cidade de Bayeux (PB).



Figura 16: Centro.

O Ponto 03 apresentou o maior percentual de cobertura de telhados (68,9%), associado ao maior percentual de calçamento (37,4%), sendo pouco favorecido por áreas verdes (2,8% de cobertura arbórea e 5,5%) de cobertura herbácea, totalizando (8,3%) de áreas verdes, o menor percentual encontrado dentre as demais amostras. A área de entorno apresenta forte circulação de veículos, presença de pequenos edifícios, pavimentação e redução de áreas

verdes, fatores esses, que contribuem para o aumento da temperatura do ar e formação das ilhas de calor urbana.

Na figura 17 encontram-se os percentuais de uso e cobertura do solo da amostra experimental 3.

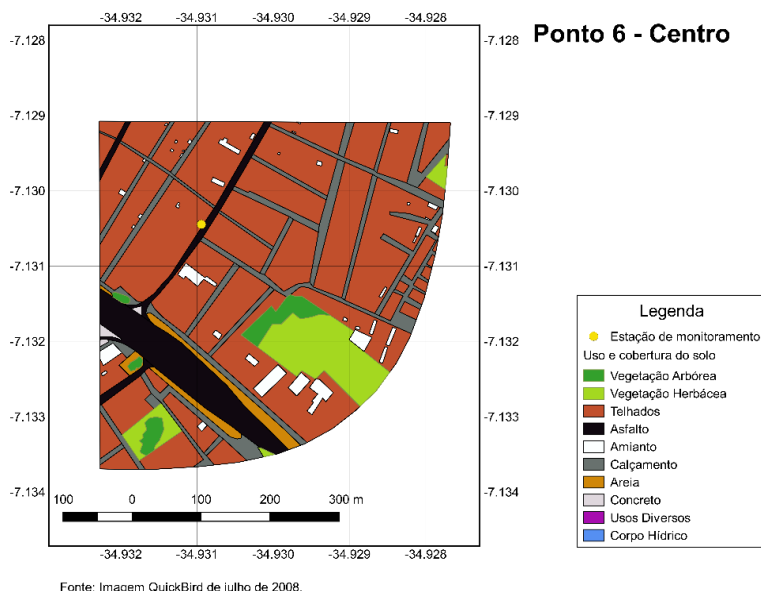


Figura 17: Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 3 – Centro.

A fim de conferir maior confiabilidade a investigação, a (Tabela 02) mostra os percentuais de cada feição encontrados em cada ponto de monitoramento. Respectivamente, P01, P02 e P03.

Tabela 02: Percentuais de uso e cobertura do solo nas amostras experimentais.

Uso e Cobertura do solo (%)	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03
Vegetação Arbórea	71,9 %	9,7 %	2,8 %
Vegetação Herbácea	10,9 %	30,1 %	5,5 %
Telhados	19,7 %	41,3 %	69,8 %
Asfalto	2,1 %	25,4 %	17,7 %
Amianto	0,1 %	22,6 %	9,7 %
Calçamento	1,3 %	57,5 %	37,4 %
Areia	2 %	5,2 %	1,6 %
Concreto	0,0 %	0,2 %	9,5 %
Usos Diversos	0,0 %	5,1 %	2,5 %
Corpo Hídrico	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale destacar, que os diversos materiais de recobrimento do solo interferem diretamente no balanço energético das cidades, e consequentemente na dinâmica do clima urbano.

5.3. Avaliação da temperatura do ar na área de estudo durante o período seco

Como já mencionado anteriormente, a avaliação do período seco se estendeu entre os meses de dezembro de 2015 a fevereiro de 2016, os quais são integrantes do período seco da região. Durante o período seco da área de estudo constata-se as maiores médias da temperatura do ar para os pontos experimentais.

A média de temperatura do ar para o período seco investigado foi de 29,0°C para as dozes semanas correspondentes aos três meses analisados. A variável temperatura está intimamente ligada a quantidade de radiação solar recebida e refletida pela superfície terrestre. A intensidade dessa radiação sobre a Terra depende da altura do Sol sobre determinado lugar (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007), de modo que, quanto mais alto esteja o Sol, mais pontual será a sua incidência sobre uma área e, portanto, mais intensa.

A figura 18 abaixo apresenta a média da temperatura do ar nas 12 semanas de medições ininterruptas nos três pontos de coleta de dados inseridos na malha urbana da área de estudo durante o período seco.

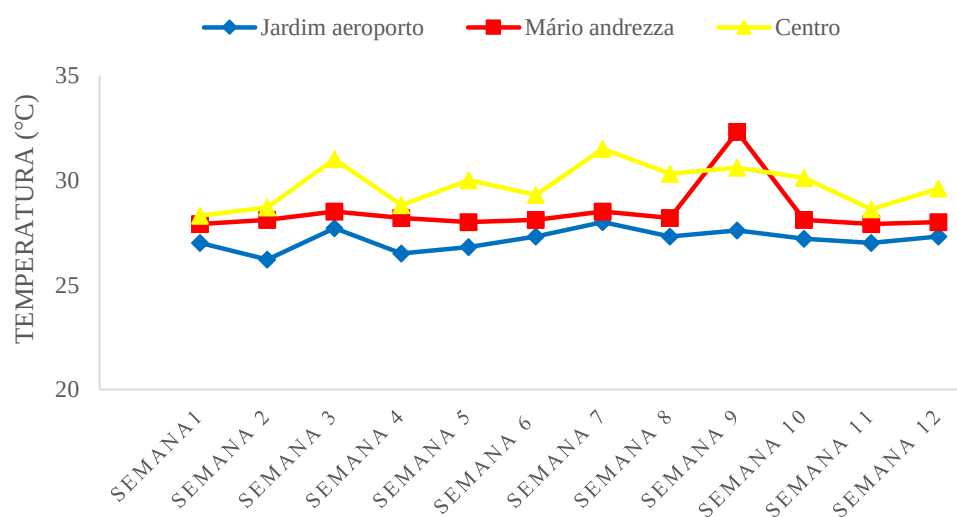


Figura 18: Média da temperatura do ar dos pontos de coleta no período seco.

Analizando a (Figura 18), pode-se constatar que a maior média da temperatura do ar dentre os três pontos monitorados, ocorreu no Ponto localizado no centro da cidade P03. No período seco a amplitude térmica nesta amostra experimental variou entre 28,5 °C e 31,6°C ou seja 2,1°C. Isso deve-se ao fato desta área apresentar solo impermeável com cobertura asfáltica e intenso fluxo de veículos. Além disso, as construções do entorno bloqueiam os ventos predominantes de Sudeste na área de estudo, o que contribui ainda mais para o aumento de temperatura e o desconforto térmico. (HERNANDES,2015 JÚNIOR,2015; BARDINI,2017).

Na amostra experimental P02, localizada as margens da BR 230, a amplitude térmica do ponto variou entre 28,1°C e 30,9°C, ou seja 2,8°C. Isso deve-se ao fato do entorno da área de experimento apresentar solo impermeável com cobertura cerâmica e asfalto associado ao fluxo de veículos que trafegam na BR-230.

Santos (2011) em seu trabalho realizado na cidade de João Pessoa - PB encontrou resultados semelhantes. O autor atribuiu este resultado às características físicas do ambiente de cada amostra experimental. No estudo verificou-se que os bairros mais urbanizados localizados nas áreas urbanas da cidade de João Pessoa apresentam as mais elevadas temperaturas.

Em contrapartida a menor média de temperatura para o período seco foi encontrada no ponto de referência P01 localizado em uma área que apresenta resquícios de Mata Atlântica. Este ponto apresentou a menor média de temperatura que variou entre 26,6°C e 28,8°C, ou seja, 2,2°C. Isso deve-se ao fato da área apresentar solo desnudo e cobertura vegetal de médio porte típica da formação vegetacional de Mata Atlântica, sendo a maior parte da área permeável.

Além disso, Alvarenga & Sales (2014) destacam que a vegetação de grande porte causa a redução na velocidade dos ventos próximos a superfície, o que pode diminuir a taxa de dissipação do calor. Tais resultados são atribuídos à presença da vegetação e menor presença de áreas impermeáveis. Como diagnosticado por Müller et al. (2013), a vegetação com porte arbóreo contribui substancialmente para o conforto térmico humano, em todas as estações do ano.

Acerca dessa questão, vale destacar o trabalho de Moraes et al. (2014) que, a fim de avaliar a influência do tipo de vegetação sobre o conforto térmico humano, verificou que a vegetação de grande porte estabelecida de forma concentrada em áreas da cidade, aumenta o calor latente e, com isso, aumenta também a umidade relativa do ar, o que pode representar

um aumento na temperatura média do ar em condições de calmaria. Eles ressaltam que a maior contribuição de redução de temperatura do ar proporcionada pela vegetação de grande porte é pontual e está no fato desta produzir sombreamento sobre a área urbana quando distribuída de forma espaçada.

Corroborando com esses resultados, Muniz & Caracristi (2014) destacaram em seu trabalho que o ponto de monitoramento mais arborizado apresentou resultado adverso do que se esperava, pois a alta umidade relativa do ar devido ao processo natural de evapotranspiração provocou aprisionamento de calor no ar próximo a superfície, além de provocar uma situação local de calmaria de ventos devido ao barramento natural do vento proporcionado pela vegetação de grande porte. A cobertura vegetal contribui para a amenização da temperatura do ar através do sombreamento e do processo de evapotranspiração. (CARVALHO, 2017).

5.4. Avaliação da Umidade relativa do ar durante o período seco

Para Ayoade (1996), o conforto térmico humano é determinado mais pela umidade relativa do ar do que pela temperatura. A umidade do ar é definida como a quantidade de vapor de água contido na atmosfera em um dado momento é expressa em forma de porcentagem (%), destaca-se que a quantidade de vapor d'água presente no ar influencia diretamente a taxa de evaporação e evapotranspiração dos ambientes, o que determina o conforto humano em decorrência da temperatura sentida pela pele.

Para a cidade de Bayeux a umidade relativa do ar média estabelecida para o período seco foi de 76,6%, nota-se que a maior média de Umidade relativa do ar ocorre em Dezembro, destacando um valor de 78,5% e menor média ocorreu no mês correspondente a meados de janeiro, apresentando um valor de 74,3% momento do ano em que a pluviosidade é baixa e reduz consideravelmente a umidade relativa do ar. Portanto, os efeitos conjugados de ausência de vegetação e adensamento urbano são determinantes no aumento do estresse térmico, independentemente da localização da área (SANTOS 2011).

A figura 19 apresenta as médias da umidade relativa do ar (%) durante o período seco.

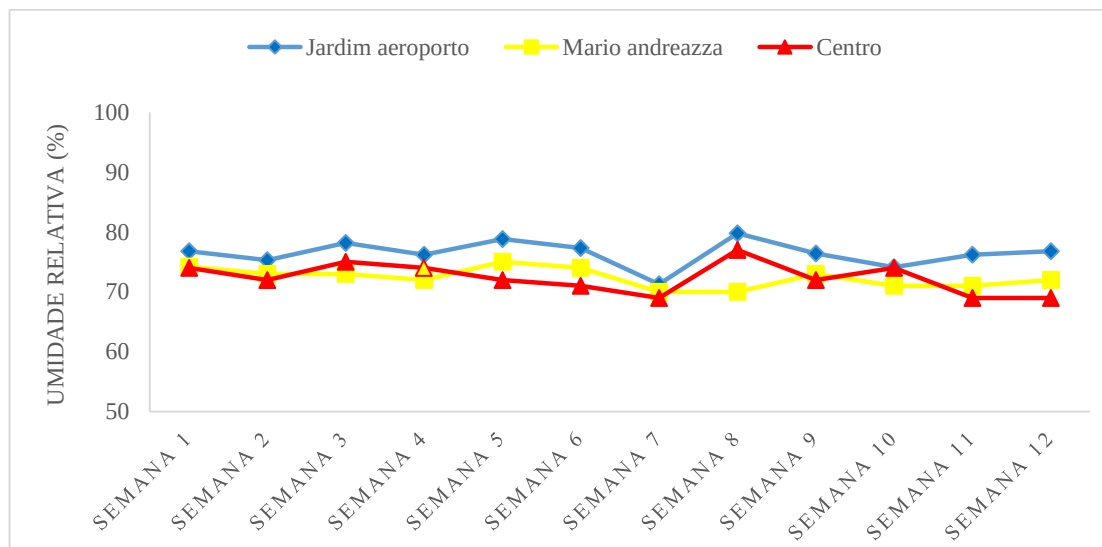


Figura 19: Indicativo da Umidade Relativa do Ar Média (%) por ponto no período seco da área de estudo.

Observando a (Figura 19), pode-se constatar que a umidade relativa do ar no período seco, o ponto P01 apresentou as melhores condições de umidade relativa, que variaram entre 71 % e 78%. Dessa forma, observou-se que a umidade relativa do ar é fortemente influenciada pelas zonas mais arborizadas, ressaltando a importância da cobertura vegetal para a amenização climática de áreas urbanas Puliafito et al. (2014). O P02 apresentou a umidade relativa do ar variando entre 70% e 75%, já o ponto P03 apresentou a umidade relativa variando entre 69% e 74%. Verifica-se que ambos os pontos obtiveram as médias mais baixas no que diz respeito a umidade relativa do ar em pontos representativos da malha urbana da cidade de Bayeux (PB). Isso deve-se ao fato dos pontos estarem localizados em uma grande área de adensamento urbano com ausência de cobertura vegetal e solo impermeabilizado (SANTOS, 2011).

Verifica-se também a influência dos percentuais dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo nesses resultados, visto que a amostra experimental com maiores percentuais de áreas verdes apresentou os maiores valores de umidade e, em contrapartida, as amostras experimentais com baixo percentual de áreas verdes associados a altos percentuais de coberturas impermeáveis apresentaram os menores percentuais de umidade relativa do ar. Assim, mesmo que o mês de janeiro tenha apresentado as maiores temperaturas, os meses de dezembro e fevereiro podem apresentar sensações térmicas tanto quanto ou até bem mais desagradáveis do que o mês de janeiro no período seco para a cidade de Bayeux devido ao baixo percentual de umidade presente no ar.

5.5. Avaliação do IDT da área de estudo no período seco

Em relação as médias mensais IDT durante o período seco, o mês de janeiro apresentou os valores mais altos (média de 28,7 °C) e fevereiro, o mês mais ameno (27,2 °C). A média do IDT para o período seco nos três meses analisados é de 27,8°C.

O ponto de referência da área de estudo P01 - Jardim aeroporto apresentou o IDT médio de 26,9°C no período analisado. O nível de conforto térmico se enquadra na faixa 2 considerado parcialmente confortável. Nota-se que no ponto P01, o IDT variou entre 26,9 °C e 28,2°C. Isso revela que a cobertura do solo por vegetação densa, em praticamente toda a área de abrangência do ponto de referência, exerceu influência direta sobre a temperatura e a umidade relativa do ar e, conseqüentemente, no IDT (Figura 20).

A figura 20 apresenta as médias semanais do IDT da área de estudo durante o período seco.

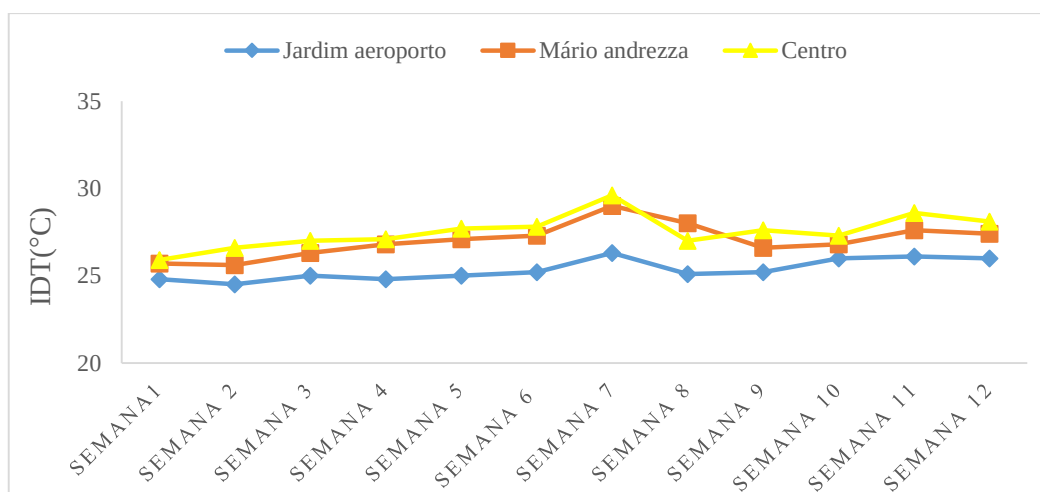


Figura 20: Avaliação do IDT durante o período seco da área de estudo.

Constata-se que o ponto P03 apresentou o maior IDT, que variou entre 25,8 °C e 29,5°C e se enquadra na faixa 3 Desconfortável. O nível de conforto térmico médio durante o período seco no P03 indica uma condição desconfortável de acordo com IDT ajustado para regiões tropicais. O desconforto térmico nesse ponto está relacionado às altas taxas de temperatura e menores umidades, condicionado por um conjunto de fatores: geometria intra-urbana caracterizada por edificações que atuam na diminuição da velocidade dos ventos alísios de Sudeste; uso e ocupação do solo, recoberto por materiais impermeáveis e pouca arborização para amenizar o microclima do entorno. Como citado por Yahia e Johansson (2018), o

microclima urbano é complexo e está relacionado com o ambiente externo. A densidade da área construída, a cobertura do solo, a altura dos edifícios, a orientação e a largura das ruas influenciam nas variáveis microclimáticas devido a quantidade de radiação solar recebida, e consequentemente na sensação de conforto térmico da população (SHISHEGAR, 2013).

No ponto 02, o IDT variou entre 26,6 °C e 29,0°C. Durante o período seco, o P02 indicou uma condição desconfortável com o IDT ajustado. A cobertura do solo tipo asfáltico é predominante no ponto P02 o que contribuiu para as altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar que conjugados intensificam o nível de desconforto térmico da área (Shashua-Bar et al. 2013).

Em regiões tropicais, quanto mais adensado e verticalizado o espaço urbano, há incremento na temperatura e redução da umidade, pois os materiais impermeáveis absorvem e mantêm o calor, provocando desconforto térmico (MARTINS et al., 2012). Com a diminuição dos espaços de Mata Atlântica na área de estudo, o conforto climático ambiental foi comprometido em ambas as amostras experimentais. Daí a importância da cobertura vegetal e a necessidade de se preservar esses espaços em áreas urbanas.

A tabela abaixo apresenta as médias semanais do IDT no período seco da área de estudo (Tabela 03).

Tabela 03: Faixa de classificação do IDT ajustado no período seco na área de estudo.

SEMANAS	P01	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	P02	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	P03	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO
1	24,8°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	25,7°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	25,8°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL
2	24,5°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	25,6°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,6°C	DESCONFORTÁVEL
3	25,0°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,3°C	DESCONFORTÁVEL	27,1°C	DESCONFORTÁVEL
4	24,8°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,8°C	DESCONFORTÁVEL	27,1°C	DESCONFORTÁVEL
5	25°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	27,1°C	DESCONFORTÁVEL	27,7°C	DESCONFORTÁVEL
6	25°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	27,1°C	DESCONFORTÁVEL	27,8°C	DESCONFORTÁVEL
7	27,0°C	DESCONFORTÁVEL	29,0°C	MUITO DESCONFORTÁVEL	29,5°C	MUITO DESCONFORTÁVEL
8	25,0°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,8°C	DESCONFORTÁVEL	27,0°C	DESCONFORTÁVEL
9	25,0°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,6°C	DESCONFORTÁVEL	27,6°C	DESCONFORTÁVEL
10	26,0°C	DESCONFORTÁVEL	26,8°C	DESCONFORTÁVEL	27,3°C	DESCONFORTÁVEL
11	26,1°C	DESCONFORTÁVEL	27,6°C	DESCONFORTÁVEL	28,6°C	MUITO DESCONFORTÁVEL
12	26,0°C	DESCONFORTÁVEL	27,4°C	DESCONFORTÁVEL	28,1°C	MUITO DESCONFORTÁVEL

A situação climática da cidade no período seco é claramente observada na (Figura 21) que apresenta a espacialização da temperatura média do ar encontrada em cada Amostra experimental na a cidade de Bayeux.

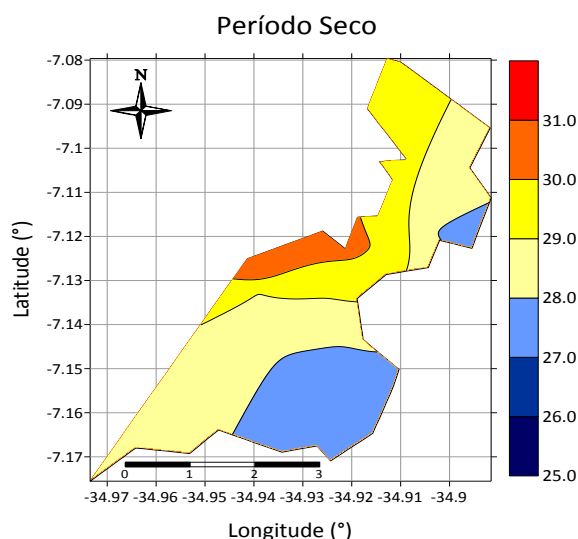


Figura 21: Espacialização da temperatura média do ar do período seco em Bayeux - PB.

Fonte: Santos (2017).

A partir desta análise é possível observar que os setores que apresentaram as temperaturas mais amenas da cidade são os setores Sudeste e Nordeste, evidenciando um favorecimento microclimático promovido pelo efeito dos ventos Alísios de Sudeste além dos fatores ambientais do entorno de cada ponto, como destacado anteriormente. A medida em que se adentra a cidade no sentido de leste para oeste as temperaturas tendem a se tornar mais elevadas até atingir o nível mais crítico no extremo Oeste. Esta realidade reflete o efeito da rugosidade do ambiente urbano que promove a redução da intensidade dos Alísios de Leste para Oeste na cidade de Bayeux. (SANTOS, 2017).

5.6. Projeções futuras de temperatura do ar durante o período seco

Diante do exposto, percebe-se que se tratando do período seco, a situação climática da cidade de Bayeux inspira cuidados no que se refere ao seu campo térmico. Neste sentido, Santos (2017) em estudo realizado sobre o clima urbano da cidade de Bayeux\PB elaborou projeções para cenários futuros de temperatura média do ar com valores de projeções de aumento na temperatura média do ar sugeridos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas para o final do século XXI, baseadas nos cenários mais pessimistas elaborados pelo IPCC. No seu estudo foi observado que para o cenário mais assolador, projeta-se um aumento de 0,5°C a 0,8°C nas temperaturas médias do ar, o que gera uma taxa de até 0,038°C de aumento durante um ano, levando em consideração o período compreendido entre 2020 a 2040. Neste sentido, afirma a autora em seu trabalho, foram confeccionados cenários de aumento na temperatura do ar para as próximas três décadas: 2020, 2030 e 2040, as referentes décadas apresentaram um aumento na temperatura de 0,5°C em 2020, na década de 2030 houve um aumento de 0,6°C. As projeções para a década de 2040 apresentou valores superiores a 0,8°C para a cidade de Bayeux no período seco, conforme observa-se na (Figura 22). Percebe-se a significativa influência dos ventos Alísios de Sudeste na cidade de Bayeux, de modo que o aumento gradativo da temperatura ocorre no sentido de Leste para Oeste (SANTOS, 2017).

A figura 22 apresenta os cenários futuros para as décadas de 2020, 2030 e 2040 para a área de estudo.

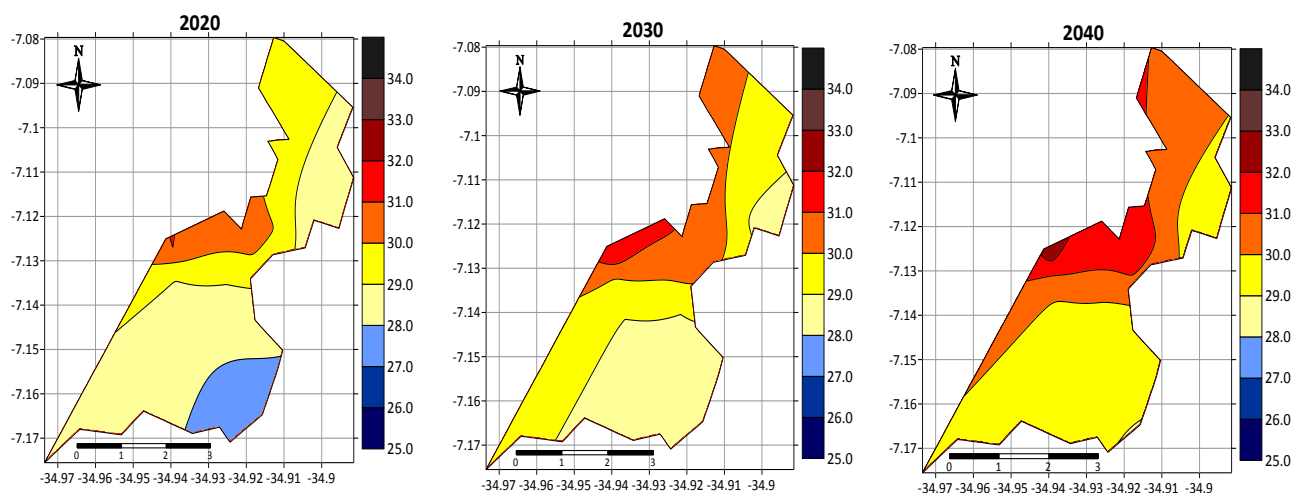


Figura 22: Cenários futuros de temperatura média do ar para o período seco.

Fonte: Santos (2017).

O aumento das temperaturas de forma pode significar uma redução significativa na umidade relativa do ar no período seco, o que faz com que esta variável (umidade relativa) apresente valores abaixo dos limites aceitáveis, agravando ainda mais a situação climática de todas as amostras experimentais, visto que o ar excessivamente seco e quente torna o ambiente ainda mais insalubre e propicia aos cidadãos maiores chances de adquirir doenças respiratórias. Por outro lado, áreas com potencial para aumentar a umidade relativa do ar mediante temperaturas elevadas também podem tornar o ambiente extremamente desagradável no tocante ao seu campo térmico. Tais cenários retratam a preocupante situação do município caso medidas de planejamento urbano/ambiental que visem a melhoria do conforto térmico não sejam tomadas. Sabe-se que realizar ações de infraestrutura em áreas já consolidadas se constitui em uma árdua missão para os gestores, visto os diversos conflitos que podem ser gerados com a população caso tais intervenções não sejam bem planejadas e/ou mal administradas. Todavia, é possível que medidas menos intrusivas, como o incentivo e implantação de projetos de telhados verdes possam se tornar uma opção plausível diante da problemática apresentada. O importante é que esse planejamento seja feito para toda a cidade de modo que as áreas verdes contemplem todo o perímetro urbano, proporcionando sombreamento, melhoria estética e ambiental e, consequentemente, sadia qualidade de vida para a população. (SANTOS, 2017).

5.7. Avaliação da temperatura do ar na área de estudo durante o período chuvoso

A avaliação do período chuvoso se estendeu de maio a julho de 2016, meses representativos desse período para a região. Na análise das variáveis durante o período chuvoso destaca-se que ocorre um comportamento decrescente da temperatura média do ar, com o mês de maio apresentando os valores mais altos de (27,4 °C) e julho, o mês mais ameno (26,3 °C). A média de temperatura média do ar para o período chuvoso nos três meses analisados é de 26,1°C. Abreu-Harbich (2015) corrobora com os resultados ao afirmar que os diversos parâmetros da urbanização, como a orientação das edificações, densidade construída e albedo dos materiais da construção civil, alteram fortemente as condições térmicas em climas quentes e úmidos. Sendo assim, pode-se afirmar que existe uma correlação entre as construções com materiais impermeáveis, a geometria e rugosidade do lugar e o aumento da temperatura, mesmo durante o período chuvoso de monitoramento.

A figura 23 abaixo apresenta a média da temperatura do ar nas 12 semanas de medições ininterruptas nos três pontos de coleta de dados inseridos na malha urbana da área de estudo durante o período chuvoso.

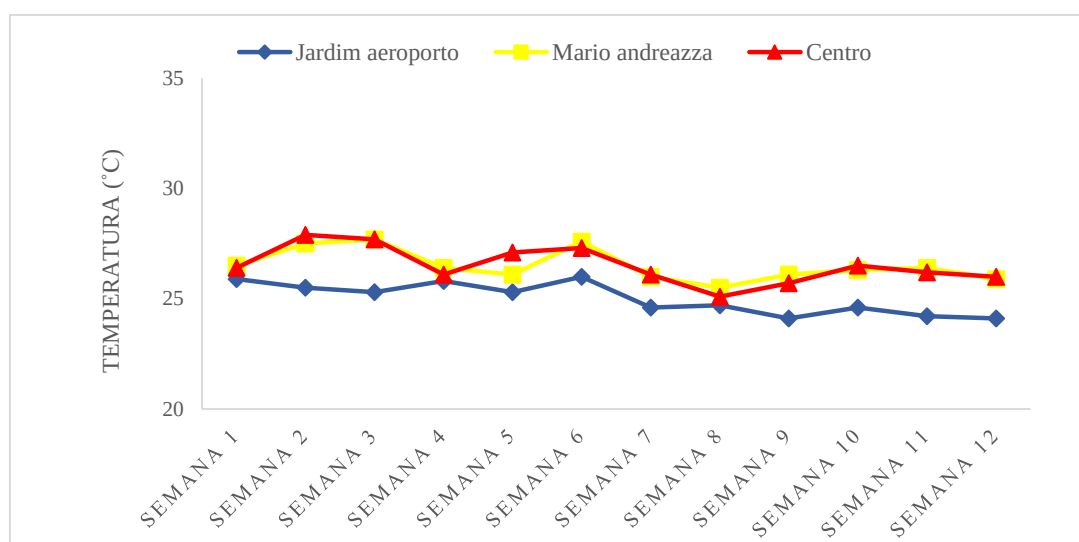


Figura 23: Temperatura do ar da área de estudo durante o período chuvoso.

Pela análise da (Figura 23) a amostra experimental P02, localizada as margens da BR 230, a temperatura média do ar registrada foi de 26,3°C e sua amplitude térmica variou entre 25,8°C e 27,8°C, apresentando uma diferença de 2°C. Já no P03, localizado no centro da cidade, a temperatura média do ar foi de 26,4°C e sua amplitude térmica variou entre 25,7°C e

27,8°C, ou seja 2,1°C. Esses resultados indicam que os pontos P02 e P03 também apresentaram as mais altas temperaturas no período chuvoso em relação ao ponto de referência. Isso deve-se ao fato da composição dos materiais de uso e recobrimento do solo no entorno dessas amostras experimentais serem impermeáveis e absorverem calor.

Durante o período chuvoso da área de estudo (Figura 23), verifica-se que a amostra experimental de referência P01, localizado em uma área que apresenta resquícios de Mata Atlântica, apresentou as menores médias de temperatura do ar em relação aos demais pontos. Durante o referido período de monitoramento a amplitude térmica nesta amostra experimental variou entre 24,1°C e 26,0°C, ou seja, uma diferença de 1,9°C. A temperatura média do ar no período chuvoso foi de 25,9°C e sua amplitude térmica variou entre 24,7°C e 26,1°C, ou seja apresentou uma amplitude térmica de 2,6°C. Dessa forma, verifica-se novamente o papel amenizador da cobertura vegetal no ponto de referência, que apresentou as menores temperaturas também para o período chuvoso.

5.8. Avaliação da Umidade relativa do ar durante o periodo chuvoso

A média da umidade relativa do ar para o período chuvoso foi de 80,9 %, Todavia, as temperaturas mais amenas inerentes ao período chuvoso contribuem para a amenização climática, mesmo diante de percentuais de umidade relativa do ar. O P02 apresentou a umidade relativa do ar variando entre 73% no período seco e 85% no período chuvoso. Já o ponto P03 apresentou a umidade relativa variando entre 76% no período seco e 86% no período chuvoso. É interessante observar que ambos os pontos experimentais P02 e P03 apresentaram características no entorno favoráveis a redução da umidade relativa do ar: redução da cobertura vegetal, solo exposto, cobertura asfáltica e adensamento urbano, ou seja, pontos com características predominantemente urbanas com materiais impermeáveis. Santos (2011) em trabalho realizado na cidade de João Pessoa (PB), encontrou valores similares para bairros mais adensados e urbanizados. Esse autor enfatiza que umidade dos ambientes urbanos é influenciada pelas propriedades termofísicas dos materiais que compõem o revestimento do solo, os quais influenciam a quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, de modo a elevar a temperatura do ar o que promove a redução da umidade do ar.

A figura 24 abaixo apresentam as médias de umidade relativa no período chuvoso da área de estudo.

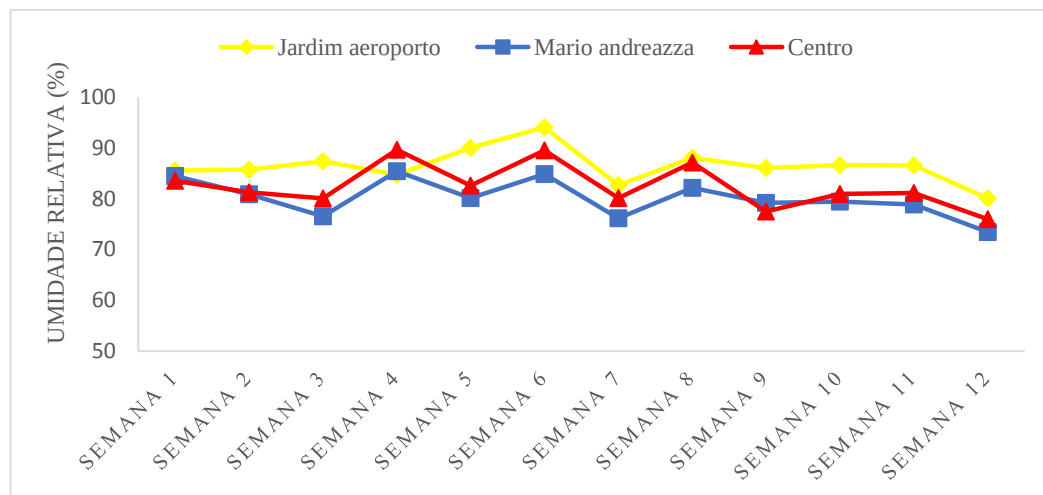


Figura 24: Indicativo da Umidade Relativa do Ar Média (%) por ponto no período chuvoso da área de estudo.

Constata-se na (Figura 24) as altas taxas de umidade relativa do ar no período chuvoso da região. Com relação ao ponto de referência P01 a cobertura vegetal exerceu forte influência novamente sobre a umidade relativa do ar. Esse ponto foi o que apresentou os maiores percentuais de umidade relativa dentre as amostras experimentais monitoradas os valores variaram entre 77 % no período seco e 90% no período chuvoso. Santos (2011) destacou o importante papel da vegetação na regulação térmica e amenização climática no período chuvoso devido ao aumento da umidade relativa do ar.

5.9. Avaliação do IDT da área de estudo no período chuvoso

Através da (Figura 25), é possível identificar o comportamento decrescente do IDT, com o mês de maio apresentando os valores mais altos (média de 26,1°C). O mês de junho é o mês mais ameno (25,5 °C). A média do IDT para o período chuvoso nos três meses analisados é de 25,8°C. A ausência de superfícies líquidas e de áreas verdes, a reduz consideravelmente, aumentando assim, a sensação de desconforto térmico tais materiais apresentam alta condutividade térmica e capacidade calorífica, absorvendo e mantendo o calor no ambiente urbano (DIMOUDI et al., 2013).

A figura 25 apresenta as médias do IDT durante toda análise do período chuvoso da área de estudo.

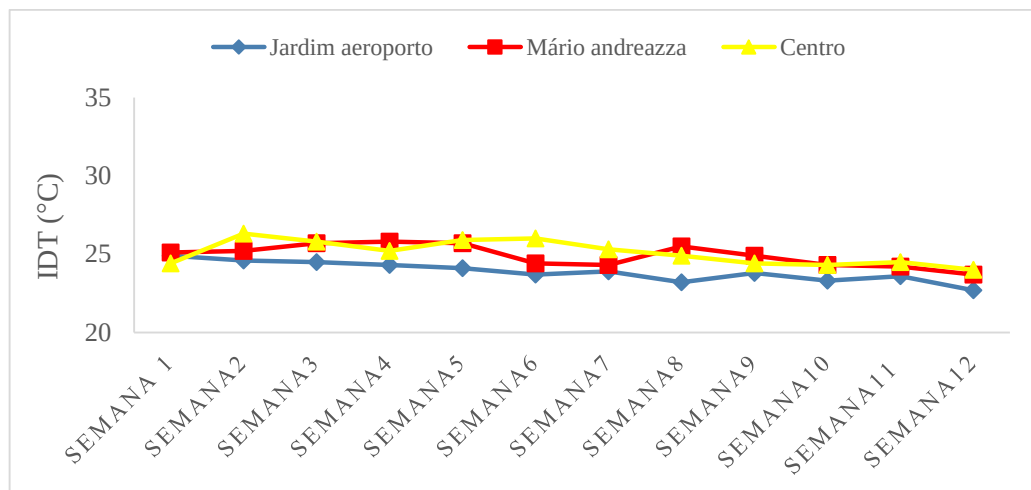


Figura 25: IDT (°C) da área de estudo durante o período chuvoso.

Na análise do IDT durante o período chuvoso demonstra que no P02 são destacados os seguintes valores: 24,4°C e 26,3°C, para o ponto experimental P03 são apresentados os seguintes valores: 24,3°C e 26,6°C. Dessa forma, tais valores estão inseridos entre as faixas 2, parcialmente confortável, e 3 desconfortável. Tais valores são preocupantes, pois mesmo no período chuvoso e mais ameno da região, tais pontos não apresentaram IDT confortável. Por se tratar do período chuvoso, essa classificação deveria apresentar uma sensação térmica mais agradável devido as temperaturas mais amenas inerentes a tal período.

Por outro lado, o ponto de referência P01 apresentou as menores médias de IDT que variaram entre 24,2°C e 25,9°C com nível confortável. Isso demonstra mais uma vez, a importância da cobertura vegetal para áreas urbanas e a necessidade de preservação desses espaços que servem como regulador térmico, que atua como regulador térmico pois absorve a radiação solar que é utilizada nos processos de fotossínteses e transpiração das superfícies vegetadas além de proporcionar sombreamento. Santos (2011) fazendo referência ao trabalho de Cotrim (2002) destaca que o fluxo de vapor de água emitido pela vegetação tem a capacidade de absorver e conservar calor. A vegetação, sem dúvida, contribui de forma significativa para o estabelecimento de microclimas confortáveis dentro de espaços urbanos.

A tabela abaixo apresenta as médias semanais do IDT no período chuvoso da área de estudo (Tabela 04).

Tabela 04: Faixa de classificação do IDT ajustado no período chuvoso na área de estudo.

SEMANA	P01	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	P02	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	P03	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO
1	25,3°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,5°C	DESCONFORTÁVEL	26,9°C	DESCONFORTÁVEL
2	26,3°C	DESCONFORTÁVEL	27,8	DESCONFORTÁVEL	27,8°C	DESCONFORTÁVEL
3	25,9°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	27,6°C	DESCONFORTÁVEL	27,7°C	DESCONFORTÁVEL
4	25°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	27,0°C	DESCONFORTÁVEL	26,1°C	DESCONFORTÁVEL
5	25,7°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,7°C	DESCONFORTÁVEL	26,8°C	DESCONFORTÁVEL
6	25,8°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	27,6°C	DESCONFORTÁVEL	27,4°C	DESCONFORTÁVEL
7	24,5°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,2°C	DESCONFORTÁVEL	26°C	DESCONFORTÁVEL
8	24,2°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,1°C	DESCONFORTÁVEL	25,5°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL
9	24,3°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	25,6°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	25,7°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL
10	24,8°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,2°C	DESCONFORTÁVEL	26,3°C	DESCONFORTÁVEL
11	24,3°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	25,8°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	25,8°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL
12	24,2°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	25,9°C	PARCIALMENTE CONFORTÁVEL	26,4°C	DESCONFORTÁVEL

A figura 26 apresenta a espacialização da temperatura do ar durante o período chuvoso realizada por Santos (2017).

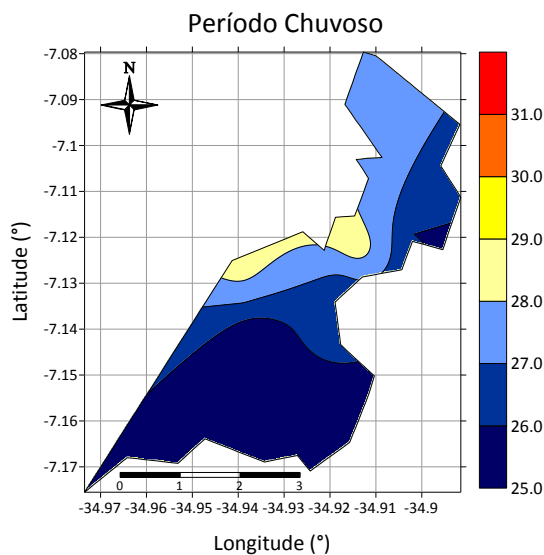


Figura 26: Espacialização da temperatura média do ar do período chuvoso em Bayeux.

Fonte: Santos (2017).

Como bem destaca Santos (2017) fica evidenciado no período chuvoso que os setores mais favorecidos em termos de temperaturas mais amenas são Sul, Sudeste e Nordeste, de modo que, a medida em que se adentra a cidade no sentido Oeste, as temperaturas se elevam. Este comportamento revela o favorecimento climático promovido pela atuação dos ventos Alísios de Sudeste predominantes na região.

5.10. Projeções futuras de temperatura do ar durante o período chuvoso

Santos (2017) em trabalho realizado sobre o clima urbano da cidade de Bayeux\PB destaca que mesmo em se tratando do período chuvoso da região, a situação climática da cidade de Bayeux inspira cuidados no que se refere ao seu campo térmico. A autora realizou algumas projeções de aumento na temperatura média do ar sugeridos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas para o final do século XXI, baseadas nos cenários mais pessimistas elaborados pelo IPCC. Dessa forma, verificou-se no estudo dela que para o cenário mais assolador, projeta-se um aumento de $0,2^{\circ}\text{C}$ a $0,5^{\circ}\text{C}$ nas temperaturas médias do ar, o que gera uma taxa de até $0,015^{\circ}\text{C}$ de aumento durante um ano, levando em consideração o período compreendido entre 2020 a 2040. Neste sentido, foram confeccionados cenários de aumento na temperatura do ar para as próximas três décadas: 2020, 2030 e 2040 apresentaram um aumento na temperatura de $0,2^{\circ}\text{C}$ em 2020, na década de 2030 houve um aumento de $0,3^{\circ}\text{C}$ já durante as projeções para a década de 2040 apresentou valores superiores a $0,5^{\circ}\text{C}$ para a cidade de Bayeux no período chuvoso, conforme observa-se na (Figura 27).

A figura 27 apresenta os cenários futuros da temperatura do ar durante o período chuvoso para as décadas de 2020, 2030 e 2040 da área de estudo.

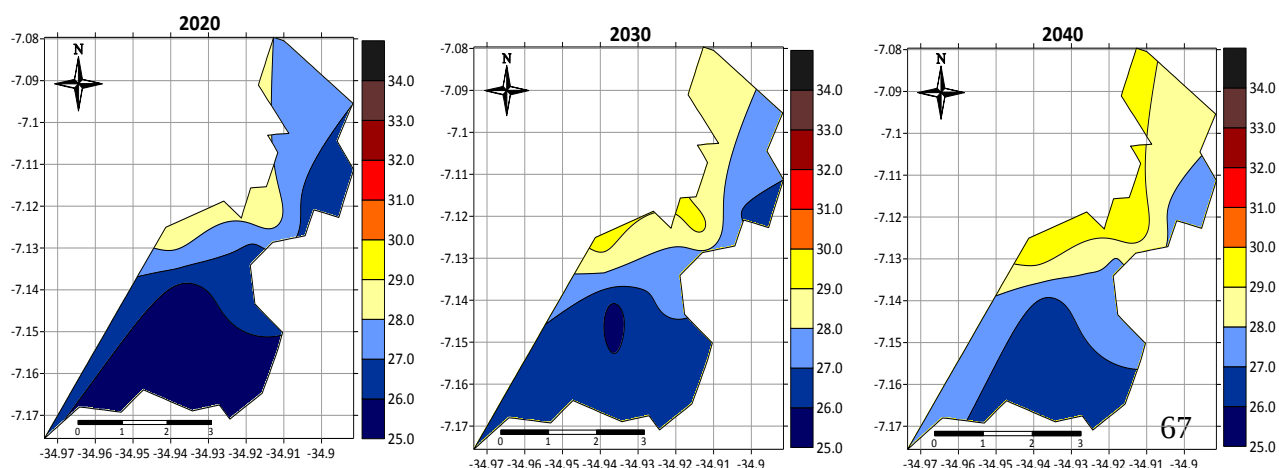


Figura 27: Cenários futuros de temperatura média do ar para o período chuvoso.

Fonte: Santos (2017).

No período chuvoso, a queda na umidade relativa do ar provocada pelo aumento da temperatura é menos provável. Contudo, observa-se que a partir da década de 2030, as projeções futuras de temperatura média do ar para a cidade de Bayeux tornam-se cada vez mais semelhantes aos cenários do período seco a medida em que avançam no tempo. A explicação para isso pode está associada aos efeitos da urbanização intensa que tem modificado a paisagem natural dos pontos de medições. Logo, projeta-se que os períodos chuvosos das décadas vindouras serão cada vez mais quentes e secos, o que causaria fortes impactos adversos sobre diversos setores como saúde, economia e meio ambiente e proporcionaria potencialmente o aumento da intensidade das ilhas de calor e do IDT (SANTOS, 2017).

5.11. Análise comparativa das amostras experimentais entre o período seco e chuvoso da área de estudo

As oscilações na média da temperatura entre os períodos seco e chuvoso da área de estudo estão diretamente relacionadas ao aumento da precipitação que ocorre no período chuvoso da região. Resultados semelhantes foram constatados por Santos (2011) avaliando o campo térmico da cidade de João Pessoa - PB. O aumento da umidade relativa do ar através da precipitação é diretamente proporcional ao declínio da temperatura nessas áreas: Bayeux - PB e João Pessoa - PB.

Em relação as análises do comportamento pluviométrico do ano de 2016, fica estabelecido que os meses de março a julho compreende ao período chuvoso da área de estudo, tendo o mês de junho o mais representativo em termos de precipitação, já o período seco que é corresponde aos meses de agosto a fevereiro apresentou o mês outubro como o mês de menor precipitação para a área de estudo.

Os mapas demonstram as diferenciações microclimáticas dentro do espaço intra-urbano da cidade em função dos diversos tipos de uso e cobertura do solo. A influência da urbanização nas condições microclimáticas do campo térmico local determinaram diferenças entres os pontos. O P01, apresentou as menores porcentagens de materiais de recobrimento do

solo (22,9%), o referente ponto apresentou as maiores porcentagens de cobertura vegetal totalizando (71,9%) do tipo: (Arbóreo). Em contrapartida os pontos P02 e P03, demonstraram percentuais altos quando se refere-se a amostras com presença de constituintes de recobrimento de solo de carácter impermeável em sua grande maioria dos entornos, o P02 demonstrou valores que totalizam (66,2%) de constituintes artificiais do solo, o P03 (75,34%), esses constituintes do solo podem ser classificados como (Telhados, Asfalto, Amianto, Calçamento, Areia e Concreto), as amostras P02 e P03 apresentam valores de IDT desconfortáveis durante as estações seca e mais preocupante na estação chuvosa da área de estudo. Autores revelam que tais mapas podem auxiliar as autoridades públicas locais e planejadores da cidade na tomadas de decisão quanto ao planejamento e a gestão ambiental das áreas urbanas.

Neste sentido, foi pertinente analisar todas as Amostras experimentais da área de estudo durante os dois períodos climáticos monitorados – seco e chuvoso - a fim de melhor evidenciar essa realidade. Com isso, verificou-se que a média da temperatura do ar entre todos os Pontos experimentais foi de 29, 0°C no período seco e de 26,8°C no período chuvoso, o que demonstra uma queda significativa na temperatura, promovida pela efeito térmico amenizador da precipitação sobre os totais de temperatura média do ar do período seco para o chuvoso.

De acordo com o tratamento e análise dos dados nos dois períodos avaliados, amplitude térmica entre as média da temperatura do ar em ambos os pontos foi de 1,1°C no período seco e 0,8°C no período chuvoso. Durante o período seco as temperaturas variaram entre P01; 26,6°C, P02; 27,1°C, e P03; 27,4°C, no período chuvoso as temperaturas variaram entre; P01 apresentou 25,9°C, P02; 26,4°C e P03; 26,5°C. Esses resultados são significativos, considerando que houve uma baixa amplitude térmica na área de estudo e que as amostras experimentais apresentaram temperaturas semelhantes para os dois períodos avaliados. O P01 apresentou as menores médias em relação à temperatura do ar em ambos os períodos avaliados, enquanto que os pontos P02 e P03 tiveram sempre as maiores temperaturas.

Em síntese, os maiores percentuais de umidade relativa do ar foram alcançados pelo ponto que apresentou os maiores percentuais de cobertura vegetal, a saber: Ponto 01 (Jardim Aeroporto), no período seco. Em contrapartida, neste mesmo período, o menor percentual de umidade relativa do ar foi apresentado pelo Ponto 03 (Centro), o qual foi caracterizado como o Ponto experimental de maior temperatura média do ar e menor percentual de áreas verdes. Já no período chuvoso, apresentaram percentuais de umidade relativa do ar acima da média o

Ponto experimental 01 (Jardim Aeroporto), já as menores médias ocorreram nas amostras 03 (Centro), 02 (Mário Andreazza) visto que as amostras apresentam um considerável percentual de coberturas impermeáveis do solo, que podem impedir ou dificultar a infiltração da água no solo, fazendo com que esta se acumule em pontos específicos do terreno.

No que diz respeito ao índice de Thom (IDT), verificou-se que para ambos os períodos a amostra experimental localizada no resquício de Mata Atlântica (P01) considerado o ponto de referência da pesquisa, apresentou os menores valores do IDT que variaram entre 25,9°C durante o período seco e 25,3°C no período chuvoso. Em ambos os períodos essa amostra experimental se enquadra na faixa 2 do IDT (Parcialmente confortável). Isso se deve ao fato da presença da vegetação em toda a área do entorno do P01. A vegetação nesse caso, atua com o papel preponderante para a manutenção das baixas temperaturas e consequentemente os menores IDT. Diferentemente do P01, os pontos P02 e P03 apresentaram os maiores valores de IDT nos períodos analisados. No período seco o P02 apresentou o IDT de 27,2°C considerado desconfortável. No período chuvoso o P02 apresentou o IDT 26,1°C considerado também desconfortável. Observa-se que mesmo no período chuvoso essa amostra experimental apresentou condições desconfortáveis refletindo a influência da malha urbana nas condições de conforto térmico ambiental. O P03 foi o que apresentou as maiores temperaturas do IDT registrados no período seco e chuvoso da área de estudo. O IDT dessa amostra variou entre 27,5°C no período seco e 26,3°C no período chuvoso. Dessa forma, observou-se nessa amostra experimental que o IDT calculado para ambos os períodos se enquadra na faixa 03 considerado desconfortável. Mesmos no período chuvoso da região, o P03 e P02 apresentaram condições de conforto térmico preocupantes. É possível notar também a variabilidade no nível do IDT ao longo do dia através da análise horária, o que sugere uma flutuação considerável na sensação de desconforto térmico sentida pelos cidadãos ao longo do dia, mediante a importante capacidade que o vapor de água presente no ar tem de aprisionar energia térmica (AYOADE, 1996).

Estes pontos estão localizados em áreas que são caracterizadas pela ausência de cobertura vegetal e por fortes concentrações de edificações que bloqueiam a ventilação local. Esta avaliação reflete a situação climática preocupante pela qual a cidade de Bayeux tem passado, com uma ampla faixa de diferentes sensações térmicas ao longo do dia. As propriedades físicas de alguns materiais, associada à capacidade de absorção e retenção de energia e calor, além da expansão de áreas impermeabilizadas nesses pontos, apresentam um aumento no adensamento urbano o que contribuem diretamente para o aumento das

temperaturas e a redução da umidade relativa do ar e, conseqüentemente, afeta nível de conforto térmico (SANTOS, 2011).

Diante disso, é possível afirmar que diversos outros fatores estão envolvidos nessa questão, sendo que dentre os mais influentes e importantes estão os diferentes tipos de uso e cobertura do solo urbano e a distribuição da vegetação. Logo, até as temperaturas que se apresentaram abaixo da média são consideradas preocupantes, pois determinam as condições de desconforto térmico na área de estudo.

Neste sentido Barbirato et al. (2007) ressaltam que os fatores climáticos globais, como a altitude, podem ser fortemente influenciados pelos fatores locais, como por exemplo, o revestimento do solo, que tem a capacidade de condicionar, determinar e dar origem a diferentes microclimas no ambiente intraurbano. Esses autores enfatizam que a temperatura dos ambientes urbanos é influenciada pelas propriedades termofísicas dos materiais que compõem o revestimento do solo, os quais influenciam a quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, de modo a elevar a temperatura do ar.

Assim, observa-se que, para os pontos experimentais analisados na cidade de Bayeux – PB em ambos os períodos climáticos, a variação de temperatura está sendo mais influenciada por fatores locais, como o uso e cobertura do solo, do que por fatores globais como a altitude do terreno. Neste sentido, infere-se que caso a cidade de Bayeux – PB continue a se expandir de forma desordenada, sem qualquer preocupação em tomar medidas de amenização climática, é provável que o cenário venha a se agravar no que se refere ao desconforto térmico dos cidadãos, mediante o aumento das intensidades das ilhas de calor.

Logo, pode-se inferir que ocorrem diferentes condições térmicas devido às diferenças no uso e na ocupação do solo da área de estudo, nas quais, as áreas pavimentadas sem sombreamento apresentam maiores temperaturas e menores taxas de umidade relativa do ar, o que conseqüentemente intensifica o IDT. Áreas permeáveis e sombreadas por árvores são mais confortáveis pela baixa temperatura e alta umidade.

Diante da situação climática em que se encontra a cidade de Bayeux, no que se refere a espacialização da temperatura média do ar, fica evidenciada a importante atuação dos ventos alísios de Sudeste que favorecem principalmente os setores Sudeste e Nordeste da cidade em ambos os períodos analisados.

Por fim, com relação às projeções futuras de aumento na temperatura média do ar de ambos os períodos percebe-se uma tendência a piora do cenário climático no sentido de leste para oeste no que se refere ao conforto térmico, de modo que estas áreas mais a oeste devem

ser tratadas como prioritárias na inserção de medidas de planejamento urbano/ambiental que visem a sua melhoria térmica. Percebe-se também que, com o passar das décadas vindouras, a situação climática da cidade tende a piorar.

Esta análise permite identificar a atual situação crítica em que se encontra a cidade de Bayeux no que se refere ao conforto térmico experimentado pelos cidadãos. Tais resultados o uso e cobertura do solo como materiais de revestimento de baixo albedo em sua maioria, associados a falta ou insuficiência de áreas verdes bem planejadas e espaçadas que promovam sombreamento e melhoria térmica do ambiente urbano. É sugerido que intervenções no planejamento urbano, baseados em estudos climáticos, devem ser levados em consideração no espaço intraurbano da cidade, com o objetivo de proporcionar melhores condições de conforto térmico para a população local e auxiliar os planejadores do espaço em planos de monitoriamento e gestão ambiental nessas áreas. Além disso, a relação entre as características físicas de uma localização urbana e o seu microclima é útil para arquitetos, planejadores urbanos e climatologistas.

6. CONCLUSÕES

1. Os resultados da pesquisa sobre a análise do campo térmico urbano na cidade de Bayeux (PB) no período seco e chuvoso, indicam diferenças significativas nas temperaturas avaliadas entre as amostras, o nível de conforto térmico é influenciado pelas condições microclimáticas.
2. Diante as análises de uso e cobertura de solo da área de estudo, os resultados apontam que pontos com ausência de cobertura vegetal, associados a presença de materiais de recobrimento de solo com baixa permeabilidade constaram os maiores valores de temperaturas, baixas taxas de umidade relativa do ar consequentemente os maiores valores de IDT.
3. Em relação ao comportamento anual da área de estudo o período chuvoso da região fica estabelecido de março a julho, sendo o mês de junho o mais significativo e apresentando maior contribuição para o aporte hídrico da cidade. E o período seco correspondente aos

meses de agosto a fevereiro, tendo outubro como o mês de menor precipitação pluviométrica do período seco.

4. No que diz respeito as amostras experimentais do microclima urbano, verificou-se que o P01, apresentou as menores temperaturas para ambos os períodos: seco e chuvoso de monitoramento. As demais amostras experimentais P02 e P03 apresentaram temperaturas mais elevadas em relação ao P01 em ambos os períodos da pesquisa. Isso reforça afirmar, o processo de urbanização desordenada da área de estudo associada com que as diversas formas de uso e cobertura do solo tem alterado o campo térmico urbano da cidade de Bayeux (PB), e esse reflexo, ocorre no aumento da temperatura local e no comportamento do IDT que mesmo no período chuvoso da área de estudo os pontos P02 e P03 apresentam resultados preocupantes.
5. A partir da classificação do IDT, demonstrado pelas análises efetuadas no trabalho, demonstra que o P01 foi a amostra que obteve as melhores condições de conforto térmico. Os pontos P02 e P03, apresentaram as piores condições de conforto térmico ambiental chegando a níveis de desconforto térmico tanto no período seco como no período chuvoso da região, por se tratar do período chuvoso, essa classificação torna-se preocupante visto que este período do ano deveria apresentar uma sensação térmica mais agradável devido as temperaturas mais amenas inerentes a tal período. A partir da classificação do IDT, fica comprovada a extrema necessidade de que sejam feitas intervenções no espaço intraurbano da cidade de Bayeux que contemplem a melhoria do seu campo térmico, visto que todas as áreas monitoradas tiveram classificação de IDT variando de parcialmente confortável a muito desconfortável para as populações residentes nessas amostras.
6. Os cenários climáticos futuros para a cidade de Bayeux apontam para um ambiente insalubre e propício ao desenvolvimento de doenças para a população, de modo que o setor Oeste deve ser considerado como área prioritária.
7. A manutenção das áreas verdes e o controle do adensamento urbano em algumas áreas de cidade tornam-se medidas urgentes para garantir as condições de conforto térmico urbano. Tais informações são de grande relevância e, como tal, merecem ser contempladas pelo Plado Diretor de Desenvolvimento Urbano da cidade, a fim de que sejam feitas

intervenções no espaço físico a fim tornar o ambiente urbano termicamente mais agradável. Neste sentido, espera-se com a presente pesquisa contribuir não apenas com o planejamento e a gestão ambiental da cidade, uma vez que as informações que estão sendo geradas são de grande valia para tal propósito, mas também compor mais um elo de fortalecimento em uma linha de pesquisa bastante pertinente na atualidade que é a climatologia urbana.

7. REFERÊNCIAS

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Thermal bioclimate in idealized urban street canyons in Campinas, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 115, n. 1–2, p. 333–340, 2015.

AGÊNCIA EXECUTIVA DA GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs) Disponível em: <http://www.aesa.gov.br//aesa-website/> acesso em: 19 de maio de 2017.

ALVARENGA, J. O.; SALES, M. C. L. O clima nos espaços intra-urbanos de Fortaleza-Ceará. **Anais do X Simpósio Brasileiros de Climatologia Geográfica**, Manaus, p. 355-366, 2014.

ANDRADE, F. **Impactos socioambientais urbanos um estudo de caso no estado do Paraná**. Curitiba: UFPR, 2017.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M. DE; SOUSA, F. DE A. S. **Classificação da precipitação e da quadra chuvosa da Bacia do Rio Paraíba utilizando índice de anomalia de chuva (IAC)**. *Amby-Água*, v.4, p.93-110, 2009.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4ª Ed. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 1996. 332 p. ISBN 85-286-0427-6.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e cidade: A abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007. 164 p. ISBN 978-85-7177-359-2.

BARBIRATO, G.; TORRES, S.; BARBOSA, R. Espaços Livres E Morfologia Urbana: Discussões Sobre Influências Na Qualidade Climática E Sustentabilidade Urbana a Partir De Estudos Em Cidades. Paisagem e ambiente: **Ensaio**s, v. 36, p. 49–68, 2014.

BARBOSA, R.V.R.; BARBIRATO, G. M.; VECCHIA, F. A. S. Vegetação urbana: análise experimental em cidade de clima quente e úmidos, Resumo... In: **Encac cotedi** Curitiba PR, 2017.

BARDINI, T. M. Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. **Atmospheric Research**. v. 118. p. 103-120, 2017.

BAYEUX (Município). Prefeitura Municipal: **Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia** – Divisão de Geoprocessamento. Bayeux, 2017.

BERTALANFFY, L. von. General Systems Theory: a new approach unity of Science. **Humanbiology**, n. 23, 1951.

_____, L. Arquitectura y clima: manual de desenho bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: **Editora Gustavo Gili**, p. 28, 1977.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora: Contexto, 2003. p. 121-153.

CARVALHO, M.E.C. **As áreas verdes de Piracicaba**, Tese de doutorado - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 2018.

CARVALHO, M.M. Clima Urbano e Vegetação: **estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal/RN**. n. 133. 2012. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFRN, Natal/RN, 2017.

CHANDLER, T. J. **The climate of London**. London: Hutchinson & Co (Publishers) LTD, 1965.

CHEN, X.L.; ZHAO, H.M.; LI, P. X.; YIN, Z. Y. Remote Sensing Image-Based Analysis of the Relationship Between Urban Heat Island and Land Use/Cover Changes. **Remote Sensing of Environment**, v.104, n.1, p.133-146, 2006.

COLTRI, P. P. Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2006**, Florianópolis, **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, 2006, p. 5151-5157.

COSTA, A. D. L. O. **Revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido**. Campinas: UNICAMP, 242p. Tese (Doutorado), 2007.

COX, K, **Introdução a climatologia urbana**, Volume único/ 2º ed. Recife: Rebagro 31p. 2008.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. A cidade de Curitiba e a poluição do ar: Implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003. p. 155-173.

DALMAN, G.S. SOUZA, L.C.L.; TORRES, S.C. Clima urbano e cidade: a abordagem climática como um subsídio para estudos urbanos. 1.ed. Maceió: **EDUFAL**, 164p, 2018.

DIMOUDI, A.; KANTZIOURA, A.; ZORAS, D.; PALLAS, C.; KOSMOPOULOS, P. Investigation of urban microclimate parameters in urban center. **Energy and Buildings**. v. 64, 2013, pg. 1-9.

ELIASSON, I. **The use of climate knowledge in urban planning**. Landscape and Urban Planning, v. 48, n. 1–2, p. 31–44, 2017.

FIALHO, E. S.; SOUZA, J. J. L. L. Utilização do clima no planejamento como reflexos das condições ambientais nos centros urbanos. **Revista ACTA Geográfica**, Viçosa, ano 1, nº 2, p. 29-41, 2007.

GARTLAND, L. **Ilhas de Calor – como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 248p.

GOLDREICH, Y. Urban climate studies in Israel – A review. **Atmospheric Environment**, v.29, n.1, p.467-478, 1995.

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**. P. 94-106, 2003.

GOMES, P. S. Clima e planejamento ambiental urbano: estudo preliminar para Montes Claros-MG. **Paisagem Ambientes: ensaios**. São Paulo, nº 23, p. 42-49, 2016.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003. p. 69-91.

GUZZO. **Arborização e conforto térmico no espaço urbano da cidade de Natal**: P. 94-106, 2017.

GUZZO, Circulações Locais em São Paulo e sua influência na dispersão de poluentes. 2016. 157 f. Tese de Doutorado. Departamento de Ciências Atmosféricas. **IAG/USP**, São Paulo, SP.

HE, X.; SHEN, S.; MIAO, S.; DOU, J.; ZHANG, Y. Quantitative detection of urban climate resources and the establishment of an urban climate map (UCMap) system in Beijing. **Building and Environment**, v. 92, p. 668-678, 2015.

HERNANDES, J.L.; **Diferenças estacionais entre variáveis microclimáticas para ambientes de interior de mata, vinhedo e posto meteorológico em Jundiaí (SP)**. Bragantina, Campinas, v. 61, n. 2, 169-180, 2015.

HOUNG, R.; LIN, L.T.; Matzarakis, A. Seasonal effects of urban streets shading on long-term thermal outdoor comfort. **Building and Environment**, v.41, n.1, p.1326-1338, 2016.

HOWARD, L. **The climate of London**. London: International Association for Urban Climate, 1833.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250180&search=paraiba|bayeux>> Acesso em: 19 de maio de 2017.

ICHINOSE, T.; SHIMODOZONO, K.; HANAKI, K. Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo. **Atmospheric Environment**, v.33, n.1, p.3897-3909, 1999.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate change 2014: Synthesis Report**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2017.

KATZSCHNER, L.; Bosch; Ulrike, Rontgen, M. **Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions**. In: International conference on passive and low Energy architecture, 2002, France.

KATZSCHNER, L. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído (**Anais**), Salvador – BA, 1997.

JAMEI, E.; OSSEN, D. R. Intra urban air temperature distributions in historic urban center. **American Journal of Environmental Science**. v. 8, n. 5, p. 503-509, 2015.

JÚNIOR, A. B. Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. Theor. Appl. **Climatol.** p. 1-15, 2015.

LABAKI, L. C. et al. **Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos**. Fórum Patrimônio Mudanças Climáticas e o impacto das cidades. v. 4, n.1, p. 23-42, 2011.

LACERDA, J. M. F. Uso do geoprocessamento na expansão urbana: o caso das comunidades subnormais do município de Bayeux-PB. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, p. 01 – 05, 2016.

LANDSBERG, H. E. The climate of towns. In: THOMAS, W. E., **ecMan's role in changing the face of earth**. The WennerGren Foundation Antropological Research. The University of Chicago Press, 1956.

_____. H. E The climate of towns. In: LANDESBURG, **ecMan's role in changing the face of earth**. **Chicago**: The Wenner Gren Foundation Antropological Research. The University of Chicago Press, 2006. p.10-15.

LAZAR, R.; PODESSER, A. An urban climate analysis of Graz and its significance for urban planning in the Tributary Valleys East of Grazy (Austria). **Atmospheric Environment**, v.33, n.1, p.4195-4299, 1999.

LIMA, L. C.; ZANELLA, M. E. A climatologia aplicada ao planejamento urbano e ambiental de Aquiraz/CE-BR. **Revista Geográfica da América Central**. Costa Rica, Número Especial EGAL, p. 1-13, 2011.

LIN, T.-P.; CHEN, Y.-C.; MATZARAKIS, A. **Urban thermal stress climatic mapping: Combination of long-term climate data and thermal stress risk evaluation**. Sustainable Cities and Society, v. 34, p. 12–21, 2017.

LOBODA R, DE ANGELIS; B. L. D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções, Carlos – Ambiência – **Revista do centro de ciências agrárias e ambientais**. 2016.

LOMBARDO, M. A. Análise das mudanças climáticas nas metrópoles: o exemplo de São Paulo e Lisboa. In: CORTEZ, A. T. C.; ORTIGOZA, S. A. G. **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 1985. 146 p.

LOMBARDO, M.A. Ilha de calor nas metrópoles. **São Paulo: Hucitec**, 1997.

LOPES, A.; CORREIA, E. **Avaliação bioclimática para o ordenamento do território**. A experiência do PDM de Cascais. January, 2013.

MACIEL, L. L. S.; NASCIMENTO, R. B.; ZANELLA, M. E. Clima urbano e sensação térmica - o caso dos terminais de ônibus de Fortaleza. **Revista Geonorte**, Manaus, Edição Especial 2, v.2, n.5, p. 207– 219, 2012.

MACIEL, C. D. E.; SILVA, H. N.; **Condições Microclimáticas de Espaços Abertos: Simulação de Estratégias por Meio do Software Envi-Met**, 2017. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Universidade Federal do Mato Grosso.

MARTINELLI, L.; MATZARAKIS, A. **Influence of height/width proportions on the thermal comfort of courtyard typology for Italian climate zones**. Sustainable Cities and Society, v. 29, p. 97–106, 2017. Elsevier.

MARTINS, F. I. B.; ZANELLA, M. E. Microclimas urbanos na área central do bairro da Messejana, Fortaleza/CE. **Revista Equador**. v. 2, n. 2, p. 153-172, 2012.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina: Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo- higrométrico. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003. p.93-120.

_____. O estudo do clima urbano no Brasil: Evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003. p. 175-192.

MENDONÇA, M. P.; DANILLO OLIVEIRA O. J. **A Rainfall anomaly index independent of time and space**, Notas. v.14, p.43-48, 2007.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. Teoria e clima urbano: Um projeto e seus caminhos. In: (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003. p. 9-67.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. **Série Teses e Monografias**, São Paulo: USP/Igeog, n. 25, 1976.

_____. Teoria e clima urbano: Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2001. p. 11.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Geosul**, v. 5, n. 9, 19p. 2003.

MONTEIRO, L. M. Modelos Preditivos de Conforto Térmico: Quantificação de Relações entre Variáveis Microclimáticas e de Sensação Térmica para Avaliação e Projeto de Espaços Abertos, 1976. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), **Universidade de São Paulo**: São Paulo.

MONTEIRO, L. M.; Proposal of an outdoor thermal comfort index: Empirical verification in the subtropical climate. PLEA 2011 - Architecture and Sustainable Development, Conference Proceedings of the 27th **International Conference on Passive and Low Energy Architecture**, p. 95.

MORAIS, M. V. B.; GUERRERO, V. V. U.; FREITAS, E. D. Efeito do tipo de vegetação urbana no conforto térmico humano para ambientes externos: um estudo de caso para São Paulo. **Anais do X Simpósio Brasileiros de Climatologia Geográfica**, Manaus, p. 220-231, 2014.

MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. Impactos microclimáticos da urbanização da cidade de Sobral (CE): atenuar ou acentuar a semiaridez? **Anais do X Simpósio Brasileiros de Climatologia Geográfica**, Curitiba, p. 569-580, 2014.

MULER, A. F. G.; FARIAS, O. T. Conforto térmico em áreas urbanas. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 3, p-11,33, 2013.

NIMER, E.; PINHEIRO FILHO, A. A.; AMADOR, E. S. ARAÚJO NETO, M. D. Climatologia da região Nordeste. In: NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Edição, Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989, 422 p.

NÓBREGA, R. S. & LEMOS, T. V. S. O microclima e o desconforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia**, Recife, v. 28, n. 1, 2011.

OKE, T.R. Boundary layer climate. London: **Methuen**, 1978. 464p.

OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites IOM Report, TD. Geneva: **World Meteorological Organization**, 2004.

OLIVEIRA, P. Cidade apropriada ao clima – a forma urbana como instrumento urbano. Brasília: Editora: **Universidade Federal da Paraíba**, 1981.

PULIAFITO, S. E.; BOCHACA, F. R.; ALLENDE, D. G. e FERNANDEZ, R. Green areas and microscale thermal comfort in arid environments: a case study in Mendoza, Argentina. **Atmospheric and climate Science**. v. 3, 2014, pg. 372-384.

RANGEL, A. C. L. C.; ARANHA, K. C.; SILVA, M. C. B. C. Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Paraná, v. 35, p. 397-409, 2015.

_____. Metodologia do desenho urbano considerando os atributos bioclimatizantes da forma urbana e permitindo controle do conforto ambiental, do consumo. Brasília: **Universidade de Brasília**, 2015. Brasília.

RANGEL, G. N.; ALGECIRAS, J. A.; MATZARAKIS, A. Quantification of thermal bioclimate for the management of urban design in Mediterranean climate of Barcelona, Spain. *International Journal of Biometeorology*, v. 60, n. 8, p. 1261–1270, 2016. **International Journal of Biometeorology**.

ROOBA, S.M. Effect urbanization and industrialization processes on outdoor thermal human comfort in Egypt. **Atmospheric and Climate Sciences**. v.1, n.1, p. 100-102, 2017.

RODRIGUES, A. P. Manguezal e degradação ambiental: uma relação de desequilíbrio na comunidade do Baralho no município de Bayeux-PB. **Monografia** (Especialização em Geografia e Território: planejamento urbano, rural e ambiental). 56f. Universidade Estadual da Paraíba, 2015.

RODRIGUES, I.; RODRIGUES, T. P. T.; FARIAS, M. S. S.; ARAÚJO, A. F. Diagnóstico dos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas na margem do rio Sanhauá e Paraíba. Centro Científico Conhecer - **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v.5, n.8, 2015.

RUSO, P. R. A qualidade do ar no município do Rio de Janeiro: análise espaço-temporal de partículas em suspensão na atmosfera. Florianópolis: **Revista de Ciências Humanas**, vol. 10, n. 1, p. 78-93, 2010.

SALATA, F.; GOLASI, I.; PETITTI, D.; et al. **Relating microclimate, human thermal comfort and health during heat waves: An analysis of heat island mitigation**

strategies through a case study in an urban outdoor environment. *Sustainable Cities and Society*, v. 30, p. 79–96, 2017.

SANTOS, J.S. **Campo térmico urbano e sua relação com uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida.** 108 p, 2011. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.; ARAÚJO, L. E.; LIMA, E. R. V.; COSTA, A. D. L. Análise das condições do conforto térmico em ambiente urbano: estudo de caso em *Campus* universitário. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 2, p. 336 -353, 2011.

SANTOS, J. S.; SILVA, V. P. R.; SILVA, E. R.; ARAÚJO, L. E.; COSTA, A. D. L. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 3, p. 540-557, 2012.

SANTOS, A. C. E.; **Clima urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo na cidade de bayeux – paraíba: subsídio ao planejamento e a gestão ambiental.** Dissertação de mestrado. p.135, 2017.

SARTORE, V. G, Urban Human thermal confort in hot and humild Houg Kong. **Energy and Buildings**, in press, 1976.

SETAIH, K.; HAMZA, N.; TOWNSHEND, T. Assessment of outdoor thermal comfort in urban microclimate in hot arid areas. **13th Conference of International Building Performance Simulation Association**, France, 2013.

SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, N. M. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.4, n.4, p.1-16, 2011.

SHISHEGAR, N. Street design and urban microclimate: analyzing the effects of street geometry and orientation on airflow and solar access in urban canyons. **Journal of Clean Energy Technologies**. v. 1, n. 1, p. 52-53, 2013.

SEGAWA, H. **O vento como ferramenta no desenho do ambiente construído: uma aplicação ao nordeste brasileiro.** 2015.

_____. As áreas verdes e seu papel na ecologia urbana e no clima urbano. Revista: **UNIMAR**, Maringá/PR, v.1 p. 15-20, 2015.

SILVA, A. L. **O processo de ocupação e as questões sociais no Bairro do Mario Andreazza em Bayeux-PB.** Monografia (Graduação em Geografia). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SILVA, I. M.; GONZALEZ, L. R.; SILVA FILHO, D. F. Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano. **REVSBAU**. Piracicaba, v.6, n.4, p. 35-50, 2011.

SILVEIRA, R. D.; SARTORI, M. G. B. Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé –RS. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, n. 6, v. 7, p. 63-81, 2010.

SOUZA, D. M.; NERY, J. T. O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia**, Londrina, v. 21, n.2. p.65-83, 2014.

TALEGHANI, M.; KLEEREKOPER, L.; TENPIERIK, M.; VAN DEN DOBBELSTEEN, A. **Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. Building and Environment**, v. 83, p. 65–78, 2015.

TAVARES, N.M.S. **Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço do Espaço Urbano em Salvador**, 188p. Tese de Doutorado, 1975.

THOM, E. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, p. 57–60, 1959.

YAHIA, M. Y.; JOHANSSON, E. **Urban microclimate and thermal comfort in outdoor spaces in hot dry Damascus.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATES, 2018.

_____. Boundary Layer Climates. **Second Edition**. Routledge London & New York, 2018.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L.; ABREU, N. J. A. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em fortaleza, CE. São Paulo: **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 25, p. 53 - 68, 2009.

