



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA REGIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE – PRODEMA
-MESTRADO-



Elydeise Cristina Andrade dos Santos

**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**

João Pessoa – PB
2017

Elydeise Cristina Andrade dos Santos

**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 apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente –
PRODEMA, Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
Mestre em Desenvolvimento e Meio
Ambiente.

Orientador: Joel Silva dos Santos

João Pessoa - PB
2017

S237c Santos, Elydeise Cristina Andrade dos.
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 / Elydeise Cristina Andrade dos Santos. - João Pessoa, 2017.
133 f. : il. -

Orientador: Joel Silva dos Santos.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/PRODEMA

1. Climatologia urbana - Bayeux. 2. Campo térmico. 3. Uso do solo. I. Título.

UFPB/BC CDU - 551.588.7(043)

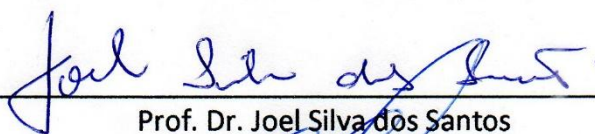
Elydeise Cristina Andrade dos Santos

**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**

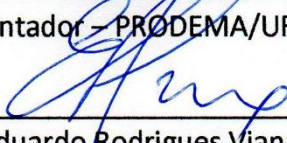
Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Paraíba como requisito para a
obtenção do título de Mestre em
Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em 29/06/2017

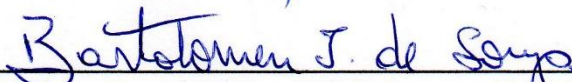
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Joel Silva dos Santos
Orientador – PRODEMA/UFPB



Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Co-orientador – PRODEMA/UFPB



Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza – PRODEMA/UFPB
Examinador Interno



Prof. Dr. Lincoln Eloi de Araújo – DEMA/UFPB
Examinador Externo

A Deus e a minha família, sem os quais nada do que foi feito seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me permitiu chegar ao final dessa trajetória sem deixar que nada me faltasse.

A Universidade Federal da Paraíba, em especial ao PRODEMA e ao seu corpo docente, que muito contribuíram para a construção de um saber holístico.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes, pelo financiamento dessa pesquisa de Mestrado.

Ao querido professor Joel, que me acompanha nessa trajetória acadêmica desde a graduação e que agora também o tenho como orientador e amigo.

Ao professor e co-orientador Eduardo por sua imensa paciência nas orientações.

Ao professor Lincoln pelo apoio no Estágio Docência, orientador na graduação e que hoje chamo de amigo.

Agradeço imensamente a colaboração dos que cederam espaço para a instalação dos termo-higrômetros. A saber, a Excelentíssima Sra. Dra. Conceição Marsicano de Brito Cordeiro, Juíza Diretora do Fórum Juiz Inácio Machado de Souza; a Polícia Rodoviária Federal, na pessoa do Superintendente, o Sr. Jefferson Costa de Araújo; bem como a todos os policiais rodoviários federais que durante a pesquisa zelaram pela integridade do aparelho termo-higrômetro; a Rute e Wagner; a Naã e Maciel; a Agenor e Fátima; a José Félix e Elisama; a Jéssica e Marcelo; e a Manuelina.

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 colegas de turma pelo companheirismo “da sala à copa”, em especial a Fernando, companheiro de estudos e amigo de graduação. Não poderia também deixar de agradecer, em especial, ao colega de turma Antônio por ter intermediado contatos imprescindíveis à realização desta pesquisa.

Ao meu esposo Klefferson, sempre compreensivo e incentivador dos meus sonhos e projetos, bem como a minha mãe por seu apoio.

Por fim, agradeço a todos os amigos que torceram por minha aprovação e consequentemente, para que tudo ocorresse bem durante a execução deste trabalho.

A todos o meu muito obrigada!

*“O temor do Senhor é o princípio da sabedoria;
e o conhecimento do Santo é o entendimento.”
(Provérbios 9:10)*

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	9
Lista de Tabelas.....	12
Resumo.....	13
Abstract.....	14
1. Introdução.....	15
2. Objetivos Geral e Específicos.....	16
3. Referencial Teórico.....	17
3.1. Clima urbano: aspectos históricos e metodológicos.....	17
3.1.1. <i>O Subsistema Termodinâmico.....</i>	<i>21</i>
3.1.2. <i>O Subsistema Físico-Químico.....</i>	<i>25</i>
3.1.3. <i>O Subsistema Hidrometeorológico.....</i>	<i>28</i>
3.2. Conforto Térmico e a qualidade de vida da população.....	32
3.3. Clima urbano e planejamento urbano-ambiental.....	38
4. Metodologia.....	41
4.1. Caracterização da área de estudo.....	41
4.2. Procedimentos metodológicos.....	44
5. Resultados e Discussão.....	51
5.1. CLIMATOLOGIA GERAL DA CIDADE DE BAYEUX - PARAÍBA.....	51
5.1.1. <i>Avaliação da temperatura do ar.....</i>	<i>51</i>
5.1.2. <i>Avaliação da umidade relativa do ar.....</i>	<i>55</i>
5.1.3. <i>Avaliação da velocidade dos ventos.....</i>	<i>56</i>
5.1.4. <i>Avaliação da precipitação.....</i>	<i>57</i>
5.1.5. <i>Considerações finais sobre a climatologia geral da cidade de Bayeux.....</i>	<i>62</i>
5.2. AVALIAÇÃO DO CLIMA URBANO DA CIDADE DE BAYEUX – PARAÍBA.....	63
5.2.1. <i>Caracterização dos Pontos de monitoramento.....</i>	<i>63</i>
5.2.2. <i>Período seco.....</i>	<i>78</i>
5.2.2.1. <i>Avaliação da temperatura do ar.....</i>	<i>78</i>
5.2.2.2. <i>Avaliação da umidade relativa do ar.....</i>	<i>88</i>
5.2.2.3. <i>Índice de Desconforto Térmico (IDT).....</i>	<i>92</i>
5.2.2.4. <i>Ilhas de calor.....</i>	<i>94</i>
5.2.2.5. <i>Projeções futuras de temperatura do ar.....</i>	<i>98</i>
5.2.3. <i>Período chuvoso.....</i>	<i>100</i>
5.2.3.1. <i>Avaliação da temperatura do ar.....</i>	<i>100</i>
5.2.3.2. <i>Avaliação da umidade relativa do ar.....</i>	<i>106</i>
5.2.3.3. <i>Índice de Desconforto Térmico (IDT).....</i>	<i>110</i>
5.2.3.4. <i>Ilhas de calor.....</i>	<i>112</i>
5.2.3.5. <i>Projeções futuras de temperatura do ar.....</i>	<i>116</i>
5.2.4. <i>Análise comparativa: períodos seco e chuvoso.....</i>	<i>118</i>
5.2.4.1. <i>Avaliação da temperatura do ar.....</i>	<i>118</i>
5.2.4.2. <i>Avaliação da umidade relativa do ar.....</i>	<i>120</i>
5.2.4.3. <i>Índice de Desconforto Térmico (IDT).....</i>	<i>121</i>
5.2.4.4. <i>Ilhas de calor.....</i>	<i>122</i>

5.2.4.5. <u>Projeções futuras de temperatura do ar</u>	123
6. Considerações finais	124
7. Referências	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Canal I – Subsistema Termodinâmico (conforto térmico).	24
Figura 2.	Canal II – Subsistema Físico-químico (qualidade do ar).	27
Figura 3.	Canal III – Subsistema Hidrometeorológico (impacto da precipitação).	31
Figura 4.	Mapa de localização de Bayeux – PB.	42
Figura 5.	Hipsometria da cidade de Bayeux – PB.	42
Figura 6.	Localização dos pontos de monitoramento. Ponto 1 – Jardim Aeroporto; Ponto 2 - Alto da Boa Vista; Ponto 3 – Mário Andreazza; Ponto 4 - Imaculada; Ponto 5 - Tambay; Ponto 6 - Centro; Ponto 7 - Sesi; Ponto 8 - Baralho.	46
Figura 7.	Zoneamento de Bayeux – PB. Fonte: Bayeux (2015).	47
Figura 8.	Área de análise de cada ponto de coleta (Fonte: COSTA, 2007).	48
Figura 9.	(A) Termo-higrômetro. (B) Mini-abrigo apoiados no tripé.	49
Figura 10.	Temperatura média mensal.	51
Figura 11.	Temperatura média mensal ao meio dia.	52
Figura 12.	Temperatura média anual ao meio dia.	53
Figura 13.	Temperatura média mensal do ponto de orvalho.	54
Figura 14.	Temperatura média anual do ponto de orvalho.	54
Figura 15.	Umidade relativa média mensal de Bayeux.	55
Figura 16.	Velocidade dos ventos da cidade de Bayeux.	56
Figura 17.	Precipitação média mensal da cidade de Bayeux.	58
Figura 18.	Precipitação média anual da cidade de Bayeux.	59
Figura 19.	Índice de Anomalia de Chuva mensal da cidade de Bayeux.	60
Figura 20.	Índice de Anomalia de Chuva anual da cidade de Bayeux.	61
Figura 21.	Ponto experimental 1 – Jardim Aeroporto.	63
Figura 22.	Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 1 – Jardim Aeroporto.	64
Figura 23.	Ponto experimental 2 – Alto da Boa Vista.	65
Figura 24.	Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 2 – Alto da Boa Vista.	66
Figura 25.	Ponto experimental 3 – Mário Andreazza.	67

Figura 26.	Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 3 – Mário Andreazza.	68
Figura 27.	Ponto experimental 4 – Imaculada.	69
Figura 28.	Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 4 – Imaculada.	70
Figura 29.	Ponto experimental 5 – Tambay.	71
Figura 30.	Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 5 – Tambay.	72
Figura 31.	Ponto experimental 6 – Centro.	72
Figura 32.	Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 6 – Centro.	73
Figura 33.	Ponto experimental 7 – Sesi.	74
Figura 34.	Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 7 – Sesi.	75
Figura 35.	Ponto experimental 8 – Baralho.	76
Figura 36.	Uso e cobertura do solo do Ponto 8 – Baralho.	77
Figura 37.	Avaliação da temperatura média mensal do período seco.	79
Figura 38.	Temperatura média do período seco para todos os Pontos experimentais.	80
Figura 39.	Temperatura média semanal no período seco para todos os Pontos experimentais.	85
Figura 40.	Análise horária da temperatura (°C) para todos os Pontos de monitoramento no período seco.	86
Figura 41.	Espacialização da temperatura média do ar do período seco em Bayeux - PB.	87
Figura 42.	Avaliação da umidade relativa do ar mensal do período seco.	88
Figura 43.	Umidade relativa do ar dos períodos seco para todos os Pontos.	89
Figura 44.	Umidade relativa do ar média semanal para todos os Pontos experimentais.	90
Figura 45.	Análise horária da umidade relativa (%) para todos os Pontos de monitoramento no período seco.	91
Figura 46.	Comportamento gráfico das ilhas de calor horárias no período seco.	97
Figura 47.	Cenários futuros de temperatura média do ar para o período seco. experimentais.	99

Figura 48.	Avaliação da temperatura média mensal do período chuvoso.	100
Figura 49.	Temperatura média do período chuvoso para todos os Pontos experimentais.	101
Figura 50.	Temperatura média semanal no período chuvoso para todos os Pontos experimentais.	104
Figura 51.	Análise horária da temperatura (°C) para todos os Pontos de monitoramento no período chuvoso.	105
Figura 52.	Espacialização da temperatura média do ar do período chuvoso em Bayeux – PB.	106
Figura 53.	Avaliação da umidade relativa do ar mensal do período chuvoso.	107
Figura 54.	Umidade relativa do ar do período chuvoso para todos os Pontos.	107
Figura 55.	Umidade relativa do ar média semanal para todos os Pontos experimentais.	108
Figura 56.	Análise horária da umidade relativa (%) para todos os Pontos de monitoramento no período chuvoso.	109
Figura 57.	Comportamento gráfico das ilhas de calor horárias no período seco.	115
Figura 58.	Cenários futuros de temperatura do ar para o período chuvoso.	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva.	45
Tabela 2.	Faixa de classificação do Índice de Desconforto Térmico de Thom.	50
Tabela 3.	Faixa de classificação da ilha de calor urbano.	50
Tabela 4.	Percentuais de uso e cobertura do solo nas amostras experimentais.	78
Tabela 5.	Relação entre altitude e temperatura do ar no período seco para a cidade de Bayeux – PB.	84
Tabela 6.	Índice de Desconforto Térmico de Thom para o período seco da cidade de Bayeux.	92
Tabela 7.	Índice de Desconforto Térmico de Thom das temperaturas horárias para o período seco da cidade de Bayeux.	93
Tabela 8.	Ilhas de calor nas amostras experimentais da área de estudo durante o período seco.	95
Tabela 9.	Ilhas de calor horárias nas amostras experimentais da área de estudo durante o período seco.	96
Tabela 10.	Relação entre altitude e temperatura do ar no período chuvoso para a cidade de Bayeux – PB.	103
Tabela 11.	Índice de Desconforto Thom para o período chuvoso da cidade de Bayeux.	110
Tabela 12.	Índice de Desconforto Térmico de thom das temperaturas horárias para o período chuvoso da cidade de Bayeux.	111
Tabela 13.	Ilhas de calor nas amostras experimentais da área de estudo durante o período chuvoso.	113
Tabela 14.	Ihas de calor horárias nas amostras experimentais da área de estudo durante o período chuvoso.	114

RESUMO

As cidades cada vez mais têm substituído superfícies naturais por artificiais e de baixa refletância, as quais provocam alterações no campo térmico desses ambientes, interferindo diretamente na qualidade de vida dos cidadãos. Neste contexto, a avaliação do campo térmico realizado através do estudo da climatologia urbana relacionada aos diversos tipos de uso e cobertura do solo pode gerar subsídio ao planejamento e a gestão ambiental das cidades. Diante disso, esta pesquisa tem o intuito de estudar o clima urbano da cidade de Bayeux – Paraíba, e as alterações ocorridas no seu campo térmico. Tal cidade é densamente povoada e apresenta uma estrutura urbana desordenada. Para tanto, foi realizada a avaliação da climatologia geral da cidade através de dados oficiais provenientes da estação meteorológica fixa presente na cidade, tratados por médias aritméticas simples, com exceção da variável precipitação, a qual foi tratada através do Índice de Anomalia de Chuva. Os resultados mostraram uma tendência para um comportamento ascendente de anos com temperaturas acima da média. Tais temperaturas associadas aos altos percentuais de umidade relativa do ar da cidade podem intensificar a precipitação local. A velocidade dos ventos auxilia na dissipação do calor mediante a organização do espaço. Na análise do clima urbano foram realizadas medições da temperatura e umidade relativa do ar através de termohigrômetros instalados em 8 Pontos localizados no espaço intraurbano da cidade de Bayeux, sendo o Ponto 1 considerado como referência para os demais Pontos. As medições ocorreram nos períodos seco e chuvoso. Para a análise da sensação térmica sentida pela população foi utilizado o Índice de Desconforto Térmico. Vale ressaltar que os Pontos 5 e 7 localizados nos bairros de Tambay e Sesi, respectivamente apresentaram as temperaturas mais elevadas em ambos os períodos analisados. As ilhas de calor no período chuvoso são mais intensas do que no período seco. A amplitude térmica diária pode atingir os 19,5 °C (Ponto 5) no período seco e 21,0 °C (Ponto 7) no período chuvoso. O IDT no período seco variou de Desconfortável a Muito Desconfortável. Já no período chuvoso variou de Parcialmente Confortável a Desconfortável. Os cenários futuros de temperatura do ar apontam para temperaturas elevadas com tendência a se elevar a medida em que se adentra a cidade no sentido de Leste para Oeste.

Palavras-chave: Campo térmico urbano, Ilha de calor urbano, desconforto térmico.

ABSTRACT

Cities have increasingly replaced natural for artificial and with low reflectance surfaces, which cause changes in the thermal field of these environments, directly interfering in the quality of life of the citizens. In this context, the thermal field evaluation performed through the study of urban climatology related to the different types of land use and soil cover can generate subsidy to the planning and environmental management of the cities. Therefore, this research intends to study the urban climate of the city of Bayeux - Paraíba, and the changes occurred in its thermal field. This city is densely populated and has a disordered urban structure. Thus, the city's general climatology was evaluated through official data from the fixed weather station present in the city, treated by simple arithmetic means, with the exception of the precipitation variable, which was treated through the Rainfall Anomaly Index. The results showed a tendency for an ascending behavior of years with above-average temperatures. Such temperatures associated with high percentages of city air relative humidity may intensify local precipitation. The speed of the winds helps in the heat dissipation through the organization of the space. In the analysis of the urban climate, measurements of the temperature and air relative humidity were made through thermo-hygrometers installed in 8 Points located in the intraurban space of Bayeux city, with Point 1 being considered as reference for the other points. Measurements occurred in dry and rainy periods. For the analysis of thermal sensation felt by the population, the Thermal Discomfort Index was used. It is worth mentioning that Points 5 and 7 located in the Tambay and Sesi neighborhoods, respectively, presented the highest temperatures in both analyzed periods. The heat islands in the rainy season are more intense than in the dry season. The daily temperature range can reach 19.5 ° C (Point 5) in the dry period and 21.0 ° C (Point 7) in the rainy period. The TDI in the dry period ranged from Uncomfortable to Very Uncomfortable. In the rainy period, it ranged from Partly Comfortable to Uncomfortable. Future air temperature scenarios point to high temperatures, that tends to rise in the city area from East to West.

Keywords: Urban thermal field, urban heat island, thermal discomfort.

1. Introdução

Nos primórdios da humanidade a relação entre ser humano e natureza se estabelecia de forma harmoniosa, de modo que as alterações ocorridas no espaço eram pouco significativas. Contudo, ao longo do desenvolvimento da humanidade os diversos modos de produção e cultura alteraram o espaço geográfico, o que causou o desequilíbrio dos diversos sistemas ambientais (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.

Neste sentido, Gomes & Amorim (2003) afirmam que o sistema climático das cidades é um dos mais afetados de maneira adversa devido às modificações no uso e cobertura do solo urbano, gerando assim, inúmeros problemas socioambientais.

Dentre os problemas gerados em função das alterações no sistema climático, e mais especificamente no 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, o que tem comprometido cada vez mais a qualidade de vida das populações que residem nesses ambientes (SANTOS et al., 2012).

Dessa forma, o estudo do clima urbano constitui uma ferramenta indispensável para a compreensão de tais problemas, bem como, para a promoção da qualidade de vida das sociedades modernas (MONTEIRO, 2003), já que o clima constitui um recurso natural essencial à manutenção da vida e ao pleno desenvolvimento das atividades econômicas de tais sociedades, as quais se concentram, em sua maioria, nos centros urbanos, de modo a sofrer diretamente com os efeitos das alterações climáticas, conforme destaca Santos et al. (2012).

Vale ressaltar que devem ser utilizadas análises realizadas com postos oficiais fixos para efeitos complementares das pesquisas de campo *in loco* do clima urbano, visto que,

para Monteiro (2003) a pesquisa do clima da cidade deve apresentar, obrigatoriamente, observações complementares fixas permanentes.

Diante do exposto, este trabalho visa avaliar o clima urbano 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 na cidade, o que permite identificar a formação de ilhas de calor no espaço intraurbano e o desconforto térmico. A partir destes resultados torna-se possível gerar prognósticos através de cenários futuros referentes ao campo térmico da cidade. 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.

É válido ressaltar que a cidade de Bayeux – PB se desenvolveu de forma desordenada gerando, assim, uma série de problemas socioambientais (RODRIGUES et al., 2009) o que sugere intensas modificações no uso e cobertura do solo e, conseqüentemente, no campo térmico dessa 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, têm provocado alterações no campo térmico da cidade, gerando, assim, desconforto térmico e formação de ilha de calor urbana, com implicações na qualidade de vida da população.

2. Objetivos Geral e Específicos

O objetivo geral deste trabalho é estudar o clima urbano, sob a perspectiva do Subsistema Termodinâmico, e a sua relação com as diversas formas de uso e cobertura do solo na cidade de Bayeux – PB.

Especificamente, pretende-se:

- Mapear os diferentes tipos de uso e cobertura do solo em cada ponto de monitoramento e estabelecer relação com o nível de conforto térmico;
- Avaliar a climatologia geral da cidade através de dados oficiais;
- Compreender o comportamento das variáveis temperatura e umidade relativa do ar na área de estudo;

- Calcular o Índice de Desconforto Térmico de Thom para a cidade;
- Identificar a intensidade das ilhas de calor durante os dois períodos monitorados: seco e chuvoso;
- Gerar cenários de níveis de desconforto térmico para a área de estudo baseados no Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC - 2014).
- Produzir informações que venham subsidiar o planejamento 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, velocidade e direção dos ventos 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 no clima do ambiente urbano.

Contudo, os estudos do clima urbano só começaram a ganhar ênfase a partir da segunda metade do século XX, quando as primeiras preocupações ambientais vieram à tona, principalmente após a Segunda Guerra Mundial (MENDONÇA, 2003) devido a

extrema degradação do meio ambiente e, consequentemente, a queda na qualidade de vida dos cidadãos.

Todavia, é válido ressaltar que ainda na primeira metade do século XIX Luke Howard tornou-se notável por ter sido o primeiro a realizar um trabalho sobre o clima urbano intitulado *The climate of London* (HOWARD, 1833), e a reconhecer os efeitos da urbanização sobre o clima da cidade de Londres e áreas adjacentes. Vale ressaltar que este trabalho se iniciou ainda em 1818, sendo a versão final publicada em 1833.

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.

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. Tal estudo avalia o clima urbano de forma genérica, de modo que importava para Landsberg apenas avaliar a extensão das mudanças ocasionadas no ar sobre a cidade pelo processo de urbanização e não o ar intraurbano de fato.

Quase uma década depois, Tony Chandler publica seu livro que, a exemplo de Howard (1833), também foi intitulado *The climate of London* (CHANDLER, 1965), o qual dedicou à memória de Luke Howard, referindo-se a este como sendo o pioneiro nos estudos sobre o clima urbano. A obra de Chandler foi de extrema importância para os atuais estudos sobre o clima das cidades, pois de posse de uma tecnologia mais avançada do que aquela existente na época de Howard, apresentou uma inovação: além do caráter temporal do clima, destacou também seu caráter espacial, uma vez que contou com a ajuda de desenhistas e outros membros do Departamento de Geografia

da University College London para a realização dos seus trabalhos e especialização dos dados.

Apesar da relevância desse estudo, Monteiro (2003) faz uma crítica aos aspectos metodológicos de Chandler por apresentarem um caráter estritamente separativo dos elementos climáticos, sem levar em consideração as causas da circulação atmosférica, as transformações locais e os efeitos do processo de urbanização. Todavia, há de se reconhecer o salto importante que o trabalho representou para a climatologia urbana que, a partir de então, passou a investigar o clima das cidades sob uma perspectiva espaço-temporal.

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 urbano em seu trabalho intitulado *Boundary layer climates* (OKE, 1978).

Ao se tratar da climatologia aplicada ao planejamento urbano e das edificações, destaca-se o trabalho de Ariel Bittan intitulado *The methodology of applied climatology in planning and Building* (BITTAN, 1988), o qual considera a influência dos elementos climáticos em todos os níveis do planejamento urbano e do edifício.

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, Mendonça (2003) afirma que a queda da qualidade ambiental das grandes cidades, que se iniciou por volta de 1960, foi o fator crucial que impulsionou os estudos do clima urbano no país. Os primeiros estudos de caso surgiram na década de 70, os quais concentraram-se principalmente na região centro-sul do país onde se localizavam as maiores densidades populacionais com intenso grau de urbanização.

Foi neste momento que Monteiro (1976) 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 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.

Monteiro (1976) observou que a própria compartimentalização da ciência geográfica dificultou uma abordagem interdisciplinar para resolver os problemas referentes ao clima das cidades, uma vez que tais abordagens não despertavam os interesses da geografia humana, por exemplo (MONTEIRO, 2003). Contudo, o 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).

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).

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 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 clima temperado.

Para os países de clima temperado, muitas vezes a formação das ilhas de calor é considerada benéfica, pois ela pode diminuir o frio no inverno e promover conforto térmico para a população, ao contrário dos países de clima tropical, como o Brasil, onde, de forma geral, a ilha de calor gera desconforto térmico, além de aumentar os casos de doenças provocadas por vetores que se proliferam no calor (MENDONÇA, 2003).

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.

Mendonça (2003) estudou o campo térmico de Londrina (Paraná) a fim de gerar subsídio ao planejamento urbano da cidade. Ele observou que a variação de altitude no sítio urbano, exposição das vertentes do relevo e dinâmica dos ventos têm forte influência sobre o clima local.

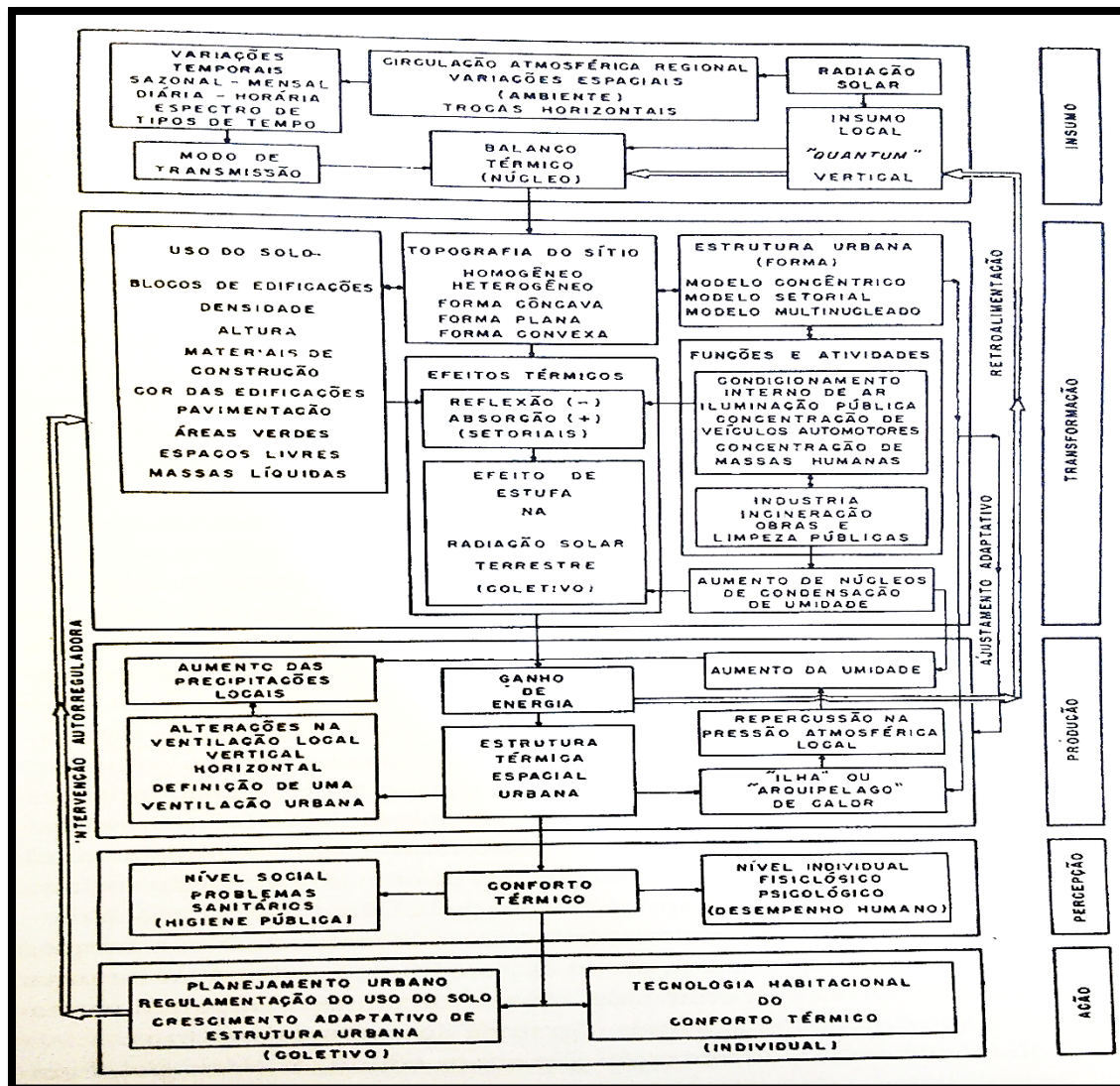
Coltri et al. (2007) estudaram a ilha de calor no inverno de Piracicaba – São Paulo, e concluíram que a intensidade da ilha de calor está intimamente relacionada com a quantidade de áreas verdes.

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 a metodologia para a identificação do Índice de Desconforto Térmico de Thom (1959) que foi desenvolvida para 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 vida dessas populações.

Maciel et al. (2012) desenvolveram um estudo sobre a sensação de conforto térmico experimentada nos terminais de ônibus em Fortaleza – Ceará. Estes autores ressaltaram a importância do uso da climatologia 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 1, a qual mostra as relações sistêmicas lineares que compõem tal Subsistema:

Figura 1. Canal I – Subsistema Termodinâmico (conforto térmico).



Fonte: Monteiro (2003).

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, consequentemente, redução do pleno desempenho de suas atividades. Todavia, através de intervenções que visem autorregular o sistema, embasadas em estudos prévios que subsidiem um planejamento adequado do ambiente urbano é possível promover ambientes urbanos

termicamente mais confortáveis, conferindo à população melhorias na qualidade de vida.

3.1.2. 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.

Mendonça (2003) explica que um dos motivos para essa escassez de estudos nesse subsistema deve-se ao fato de que os equipamentos utilizados nas pesquisas relativas à qualidade do ar apresentam custo elevado.

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.

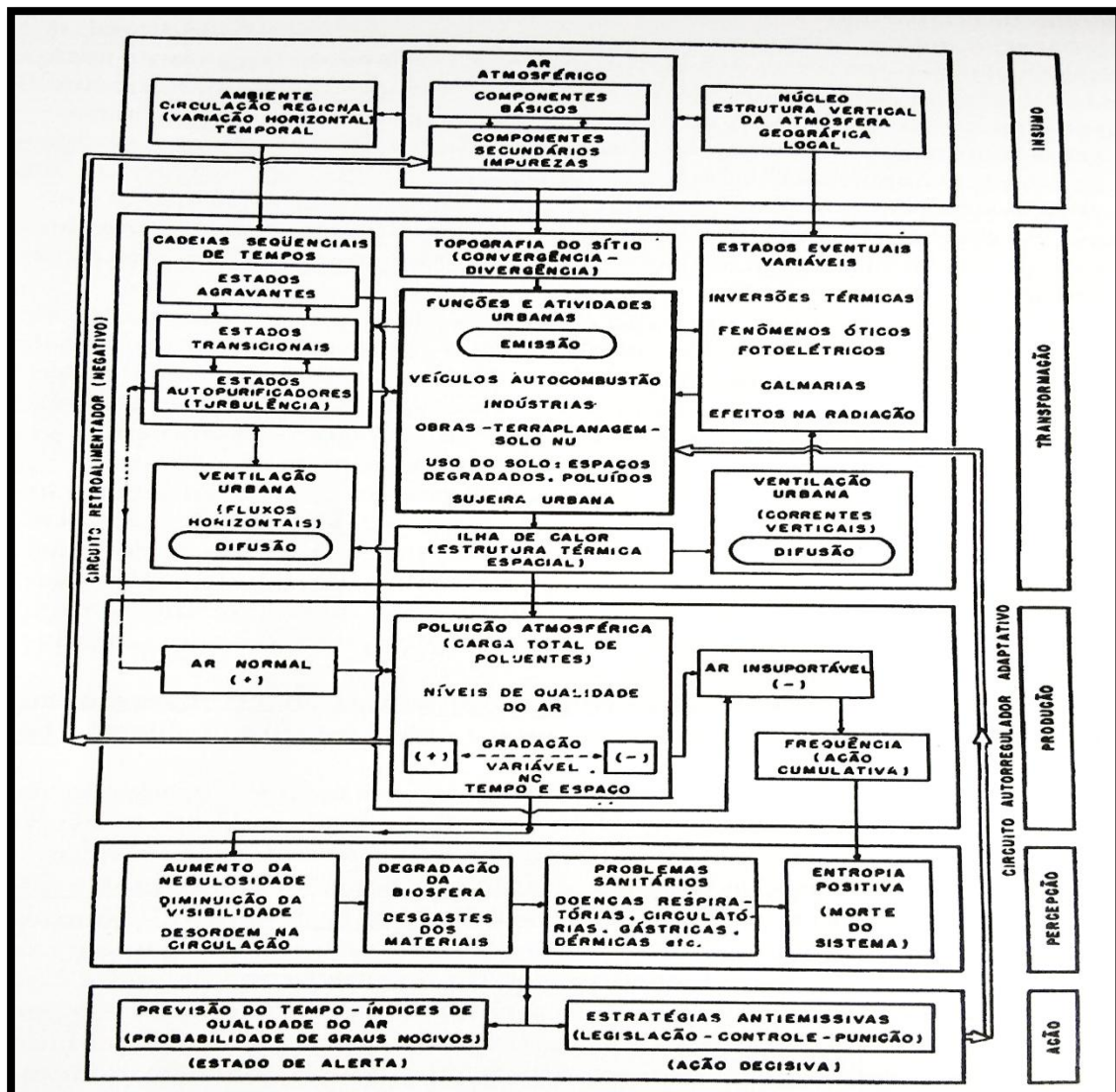
Contudo, é possível destacar alguns trabalhos de grande importância para as cidades brasileiras no que se refere à geração de dados sobre a qualidade do ar do espaço intraurbano.

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 2 a seguir mostra as relações sistêmicas lineares que compõem o Subsistema Físico-químico:

Figura 2. Canal II – 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 2 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.

3.1.3. 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 Hidrometeórico.

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.

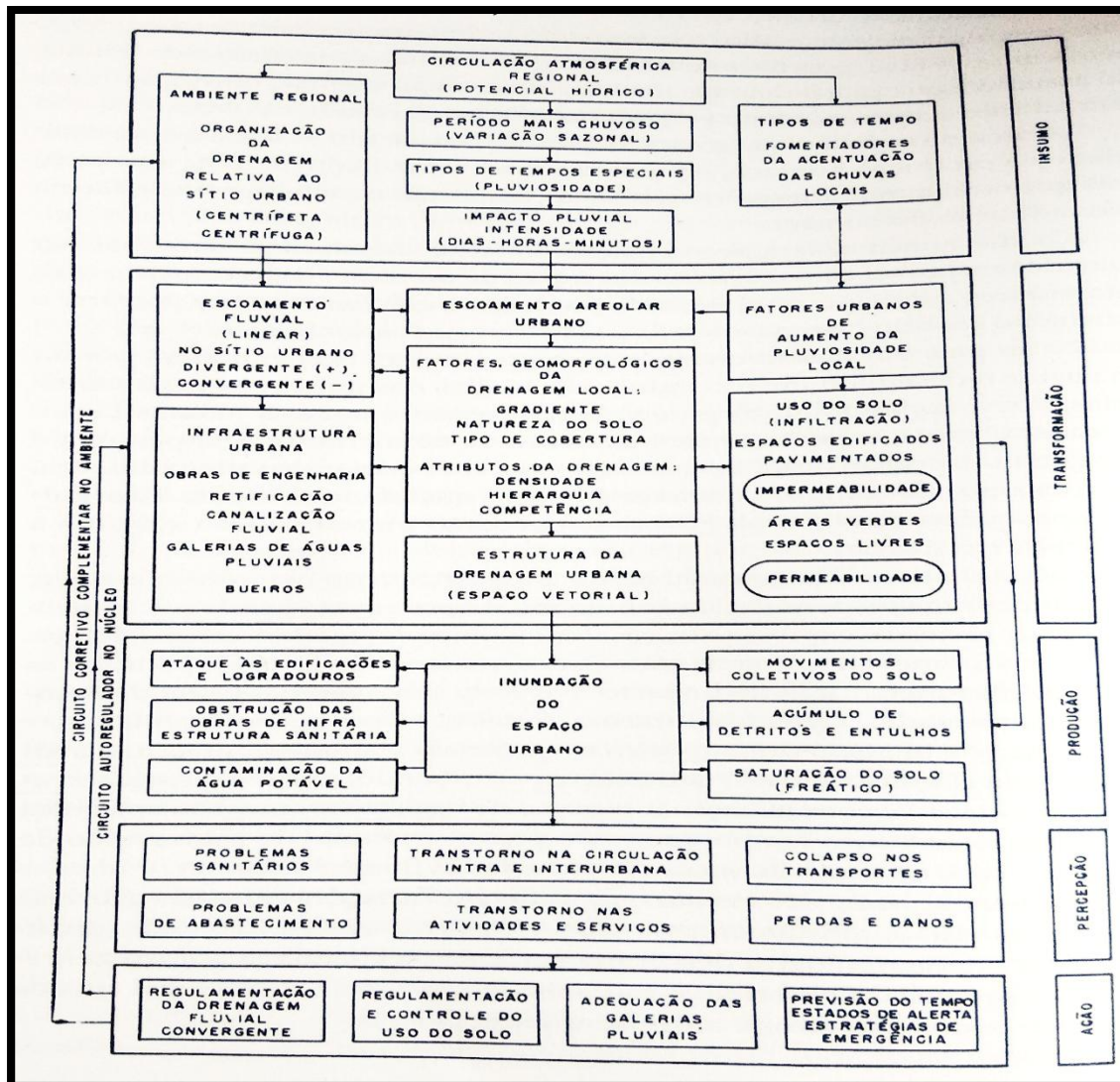
Gonçalves (2003) em seu estudo sobre o Subsistema Hidrometeórico em Salvador cruzou os dados históricos sobre os acidentes naturais e o clima urbano e enfatizou a importância do desenvolvimento de tal estudo, uma vez que através deste, foi possível compreender a relação existente entre o núcleo urbanizado 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.

A Figura 3 a seguir mostra as relações sistêmicas lineares que compõem o Subsistema Hidrometeorológico:

Figura 3. Canal III – Subsistema Hidrometeorológico (impacto da precipitação).



Fonte: Monteiro (2003).

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 comprometida, 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).

Vale destacar também que os três Subsistemas estão diretamente interligados e que qualquer alteração em um deles pode desencadear uma reação em todo o sistema climático urbano.

3.2. Conforto Térmico e a qualidade de vida da população

Os elementos climáticos interagem com o meio, de modo que as transformações que o homem promove no espaço têm influência sobre o clima local (MACIEL et al., 2012). Neste sentido, tais autores, corroborando com Nóbrega & Lemos (2011), enfatizam que os sítios urbanos são os locais onde tais transformações são mais claramente observadas.

Gomes & Amorim (2003) afirmam que as diferentes formas de uso e a ocupação do solo urbano quando relacionados à disposição do relevo podem gerar significativas alterações no campo térmico urbano.

Frente a esta problemática, Ruas (1999) discorre sobre a sensação de desconforto térmico dos cidadãos provocada pela alteração do sistema climático das cidades. Ele afirma que “o organismo humano, por meio de um processo evolutivo milenar, desenvolveu uma série de mecanismos que permitem a sua adaptação ao meio com o objetivo de obter o bem-estar” (RUAS, 1999, p. 9); sendo que este bem-estar envolve tanto fatores relacionados à saúde quanto fatores relacionados à satisfação pessoal, a qual, em se tratando das condições térmicas, chama-se conforto térmico. Assim, tal autor complementa afirmando que ambientes termicamente desconfortáveis geram efeitos adversos sobre o indivíduo, como por exemplo, indisposição, e diminuição da eficiência no trabalho.

Silva et al. (2011) corroboram com a temática ressaltando que a sensação de conforto térmico sentida 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.

É válido ressaltar que a questão do desconforto térmico está principalmente ligada a formação de ilha de calor. Contudo, outros fenômenos, como a inversão térmica e poluição atmosférica são ocasionados pela ação antrópica em função de transformações ocorridas no balanço de energia das cidades. Tais fenômenos são também responsáveis pela geração desse desconforto térmico e, conseqüentemente, do comprometimento da qualidade de vida das populações que residem nesses ambientes (SANTOS et al. 2012).

Neste direcionamento, Coltri et al. (2007) esclarecem que a ilha de calor é uma anomalia térmica, na qual a temperatura de superfície do ar urbano se caracteriza por ser superior a da vizinhança rural; e que este fenômeno pode acontecer em diferentes escalas, tanto em diferentes localizações dentro da cidade, quanto na diferença de temperatura entre a área urbana e rural, podendo variar temporalmente.

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.

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.

Assim, é no englobamento de diversas variáveis em um único parâmetro que reside a complexidade na determinação dos níveis de conforto térmico humano, conforme Nóbrega & Lemos (2011) afirmam.

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 (2012), 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. Em sua tese de doutorado, este autor avaliou o clima da cidade de João Pessoa – Paraíba, de modo que realizou tal adaptação através da aplicação de questionários com a população local.

Analizando um *Campus* universitário da UFPB, Santos et al. (2011) demonstraram que o Índice de Desconforto de Thom adaptado por Santos (2011) é apropriado para avaliar o nível de conforto térmico humano em regiões com clima tropical.

Destaca-se que as informações obtidas através de um monitoramento climático realizado com o auxílio de Índices como este são essenciais ao desenvolvimento de uma gestão urbano/ambiental adequada e que seja capaz de proporcionar melhorias no ambiente urbano no que se refere ao campo térmico.

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).

Assim, subsidiados por uma gama de informações obtidas através do monitoramento climático, os gestores públicos conseguem melhor avaliar a situação espaço/temporal do clima urbano e, de maneira adequada, promover intervenções no espaço intraurbano que propiciem a amenização climática.

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 permite interferir e originar diversos microclimas encontrados (SHAMS et al., 2009). Em contrapartida é possível afirmar que a falta de vegetação vem alterando adversamente as características climáticas dos centros urbanos.

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.

Silva et al. (2011) afirmam que esta impermeabilização do solo associada a diminuição da cobertura vegetal reduz a infiltração de águas pluviais, o que provoca o escoamento superficial parcial ou total, reduzindo consideravelmente a umidade no solo em áreas urbanas. Diante disso, tais autores ressaltam que a vegetação, se inserida na área urbana de maneira correta, é capaz de combater a aridez do clima urbano pela regulação higrométrica. Além disso, afirmam que o uso da vegetação como dispositivo de sombreamento, gera umidade e ventilação natural.

Coltri et al. (2007) ressaltam que a intensidade das ilhas de calor está relacionada com a quantidade de áreas verdes inseridas no ambiente urbano, pois as mesmas exercem uma regulação sobre o clima de determinada região.

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.

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, sendo imprescindível que se conheçam as propriedades específicas de cada espécie vegetal (características de sombreamento e evapotranspiração), conforme destacam Silva et al. (2011).

Todavia, é importante que políticas públicas relacionadas a arborização de vias e ruas venham a ser implantadas no Brasil, fomentando este processo através de diretrizes norteadoras e evitando que a desorganização dos espaços urbanos sejam intensificadas com o plantio desordenado (SHAMS et al., 2009).

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. (2015) 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 urbano (SILVA, 2011).

A implantação dos telhados vivos pode ser feita tanto em prédios e repartições públicas, quanto em edifícios habitacionais e residências. Neste último caso, a fim de despertar o interesse dos cidadãos de incorporarem este projeto em suas habitações podem ser oferecidos incentivos fiscais ou creditícios por parte das prefeituras. Esta ação geraria benefícios mútuos para ambas as partes, gestores e moradores, uma vez

que, de acordo com Silva (2011), os moradores, além do benefício termo acústico, se beneficiariam com a melhoria de fatores psicológicos, estéticos, terapêuticos, de lazer, social, econômico e ambiental; e os gestores teriam a garantia de estar promovendo um governo baseado nos princípios da sustentabilidade, já que um planejamento ambiental deve estar fundamentado nos princípios que regem o Direito Ambiental, a saber: Princípio do desenvolvimento sustentável; do direito à sadia qualidade de vida; da natureza pública da proteção ambiental e da prevenção, a fim de que tal planejamento seja, de fato, efetivado, promovendo assim, uma cidade ambientalmente mais agradável.

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.

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 Estados Unidos (RANGEL et al., 2015). 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. Todavia, os inúmeros benefícios fornecidos por esse tipo de estrutura já justificam o esforço da iniciativa.

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; através de incentivos, fomentem e promovam tal mudança.

3.3. Clima urbano e planejamento urbano-ambiental

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, de modo que realizar uma avaliação climática da cidade se torna essencial para o processo de planejamento urbano.

Os primeiros estudos sobre planejamento urbano remontam meados do século passado com destaque especial para os países europeus como Inglaterra, França e Alemanha. Após a Segunda Guerra Mundial, o planejamento do espaço urbano foi ganhando cada vez mais notoriedade nos países desenvolvidos. Porém, só a partir da década de 1960 é que a noção de planejamento repercutiu nos países em desenvolvimento, mas poucas áreas foram submetidas às intervenções segundo planos pré-estabelecidos (MENDONÇA, 2003).

Mas foi só na década de 70 que os problemas econômicos e sociais emergentes de cidades que cresciam em ritmo frenético e formavam conurbações apontavam de forma mais contundente para a necessidade de se elaborar mecanismos de planejamento e ordenamento territorial (CLEMENTINO, 2008).

Na década de 80 estes mecanismos foram embasados pela Constituição de 1988 que instituiu a Política Urbana através dos Artigos 182 e 183, de extrema relevância para o ordenamento do processo de uso e ocupação do solo urbano, o qual tem efeitos diretos sobre o clima desses ambientes.

Neste sentido, no que se refere à discussão internacional sobre mudanças climáticas globais, é a partir da década de 90 que o tema ganha relevância e o IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) passa a divulgar os resultados dos seus relatórios periódicos, alertando assim, toda a comunidade internacional para

as consequências do aumento das temperaturas, especialmente em áreas urbanas ou zonas litorâneas. As cidades são áreas em potencial para o agravamento do efeito estufa através do aumento das temperaturas médias do ar e a formação das ilhas de calor.

Apesar de não haver um consenso por parte da comunidade científica acerca da existência das mudanças climáticas globais provocadas pelo aumento do efeito estufa e se tais mudanças são provocadas, ou não, pela ação antrópica (TEODORO & AMORIM, 2008), este tema tem se tornado recorrente na pauta das discussões políticas, econômicas e ambientais. No entanto, diante dessa incerteza, é preciso agir sob a perspectiva do Princípio da Precaução, independente de qual corrente científica – cientistas integrantes do IPCC e os cientistas avessos a ideia de que a ação antrópica tem provocado o aquecimento global – esteja com a razão.

Para Garcias & Silva (2010) é certo que a intensificação do aquecimento do planeta afeta a qualidade de vida humana, a economia e o meio ambiente. Diante disso, estes autores destacam que os problemas socioambientais, a falta de infraestrutura e de práticas que levem as cidades a crescerem de forma sustentável faz com que estas não estejam preparadas para enfrentar, de fato, as alterações no clima global.

Assim, diante de um futuro de incertezas no que se refere as condições climáticas que afetam o ambiente urbano, torna-se urgente que medidas de planejamento e estruturação urbana adequados sejam tomadas a fim de proporcionar a gestão sustentável desses ambientes. Ademais, na hipótese da negativa para a ocorrência de mudanças climáticas globais provocadas pelo homem e da relação deste fenômeno com as temperaturas dos ambientes urbanos, os benefícios angariados com a promoção de um planejamento urbano adequado não seriam em vão e teriam resultados positivos e ainda mais expressivos nesses espaços.

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

Para Fialho & Souza (2007), no que se refere ao planejamento das edificações, é importante que se leve em consideração a funcionalidade, a economicidade, a segurança e, principalmente, o bem estar dos moradores.

Neste sentido, Assis (2005) complementa ao afirmar que o conhecimento climático associado à construção das edificações permite que estas tenham mais autonomia em relação à matriz energética, de modo que sejam projetadas para aproveitar ao máximo a luminosidade proveniente dos raios solares e a ventilação natural.

Nesse contexto, Barbirato et al. (2007) 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.

Barbirato et al. (2007) dizem que os efeitos negativos provenientes da não adaptação das edificações ao ambiente e de uma malha urbana desordenada só são amenizados ou eliminados através de um planejamento elaborado de maneira interdisciplinar, com a participação de profissionais de diversas áreas, como urbanistas, geógrafos, médicos, ecólogos, biólogos, entre outros. Contudo, a relação entre o clima urbano e o planejamento urbano é complexa, principalmente devido à falta de diálogo entre essas duas áreas, o que dificulta o acoplamento de ambas como importante ferramenta de gestão (FIALHO & SOUZA, 2007).

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, 2007). Os resultados de uma análise climática podem gerar subsídios suficientes à uma intervenção adequada do uso e ocupação do solo nas áreas urbanas, promovendo assim, a preservação ou revitalização de áreas naturais intraurbanas.

A 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., 2007).

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.

4. Metodologia

4.1. Caracterização da área de estudo

A cidade de Bayeux - Paraíba localiza-se entre as Coordenadas Geográficas de Latitude 07°07'30"S e Longitude 34°55'56"W. Com uma área de 27,536 km², a cidade possui uma população de 99. 716 habitantes e apresenta uma densidade demográfica de 3.118,76 hab/km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010). Tal cidade, além de apresentar áreas de mangue em seu entorno, possui ainda o Parque Estadual Mata do Xém-Xém com 182 hectares de Mata Atlântica, conforme a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA, 2015). Neste sentido, Rodrigues et al. (2009) destacam que o manguezal e o Parque representam os limites Norte e Sul, respectivamente. É válido ressaltar também que esta cidade limita-se a Leste com a capital João Pessoa e a Oeste com o município de Santa Rita – PB (Figura 4).

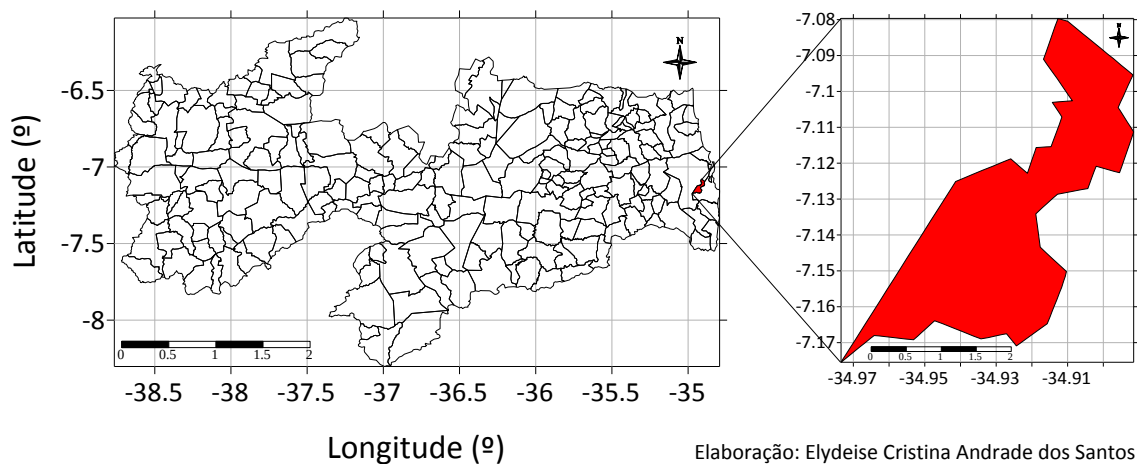


Figura 4. Mapa de localização de Bayeux – PB.

Situado em dois planos altimétricos distintos, nos domínios do estuário do rio Paraíba (parte Norte do município) e ao Sul nos domínios dos tabuleiros costeiros, Bayeux está localizado na mesorregião da Zona da Mata paraibana, especificamente na microrregião de João Pessoa, conforme Rodrigues (2010) (Figura 5).

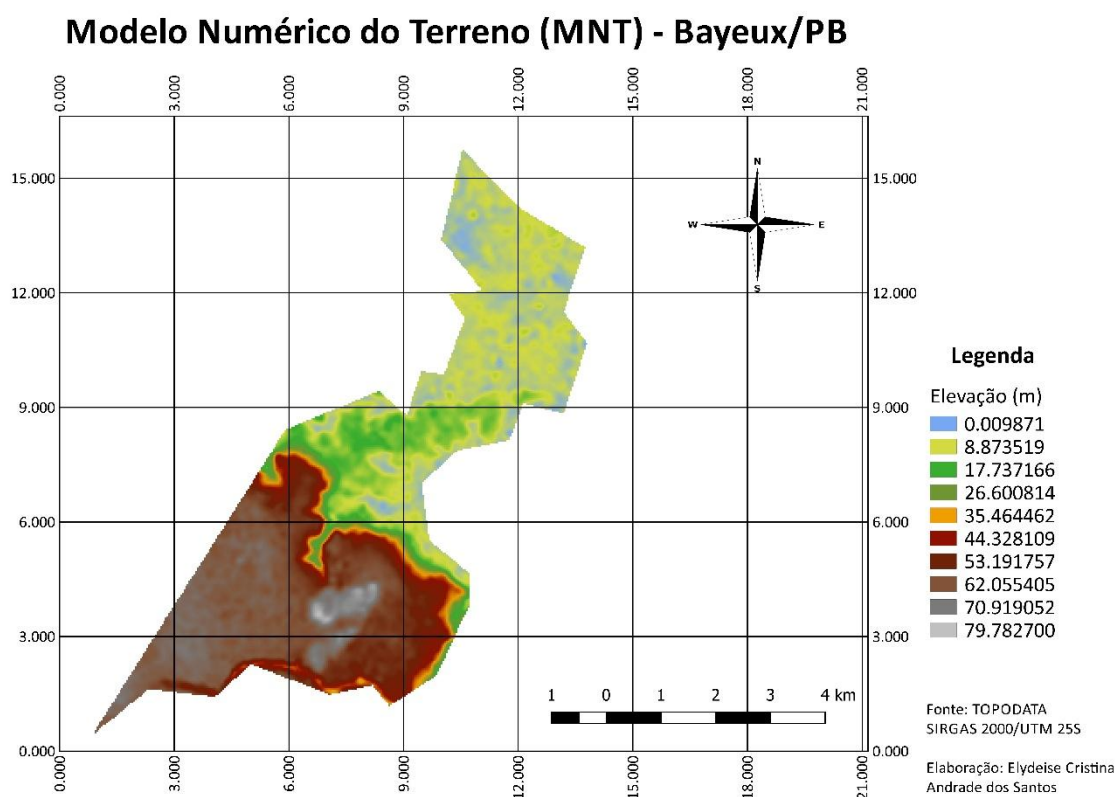


Figura 5. Hipsometria da cidade de Bayeux – PB.

Bayeux é banhado pela margem esquerda do rio Sanhauá (RODRIGUES et al., 2009).

O município possui um clima tropical chuvoso com verões secos (RODRIGUES et al., 2009) e uma precipitação média mensal de 117,4 mm, de acordo com dados do Instituto de Controle do Espaço Aéreo, que fornece uma plataforma de dados de postos meteorológicos oficiais.

Por estar situado na porção Leste do Nordeste, o município de Bayeux apresenta uma maior concentração de chuvas entre os meses de abril a julho (MOLION & BERNARDO, 2002).

Destaca-se que o município possui quinze bairros, a saber: Alto da Boa Vista, Baralho, Brasília, Centro, Comercial Norte, Imaculada, Manguinhos, Jardim Aeroporto, Jardim São Severino, Jardim São Vicente, Mário Andreazza, Rio do Meio, São Bento, Sesi e Tambay (IBGE, 2010).

Ressalta-se ainda que 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 (2010).

Esta característica associada ao comportamento dinâmico da cidade que vem historicamente se desenvolvendo em um frenético processo de demolição e construção/reconstrução de habitações, bem como abertura de novas vias, citado por Silva (2014), apontam para severas alterações do uso e cobertura do solo, com consequências diretas sobre o conforto térmico da população.

O supracitado autor ressalta a influência do município de Santa Rita e da cidade de Filipéia de Nossa Senhora das Neves (a então João Pessoa), sobre o início da colonização de Bayeux, uma vez que a mesma, situada entre Santa Rita e Filipéia de Nossa Senhora das Neves, servia como rota de fluxo entre ambas. Neste trecho se iniciou a povoação do município com a rua do Baralho (SILVA, 2014) com o intuito de encurtar distâncias entre os dois polos urbanos. Este pequeno aglomerado foi crescendo de forma desorganizada (RODRIGUES et al., 2009) e, em 1948, já com o nome de Bayeux, elevou-se à categoria de distrito de Santa Rita, de modo que apenas em 15 de dezembro de 1959 ganhou o status de município.

A exemplo do seu crescimento, recentemente (2013) foi inaugurada uma importante via de mobilidade urbana, o binário (SILVA, 2014), com intenso tráfego de veículos, o que altera substancialmente o campo térmico das áreas adjacentes, para o qual não foram implantadas quaisquer medidas de amenização para o desconforto térmico.

4.2. Procedimentos metodológicos

Para a realização da pesquisa, inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico à respeito da temática em questão.

Posteriormente, foi realizada uma avaliação da climatologia geral da cidade a partir de dados provenientes do posto oficial de monitoramento de dados meteorológicos instalado no Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto, disponibilizados pelo Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a fim de que os resultados dessa avaliação servissem de embasamento complementar para a avaliação do clima urbano.

Para o monitoramento da climatologia geral foram utilizadas as seguintes variáveis: temperatura média do ar, temperaturas máximas e mínimas, temperatura ao meio dia, temperatura do ponto de orvalho, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e precipitação (provenientes da estação meteorológica oficial) A variável precipitação, visto sua importância ímpar para a região tropical (MOLION & BERNARDO, 2002), foi dada maior ênfase, de modo que os dados foram tratados com o auxílio do Índice de Anomalia de Chuva (ROOY, 1965), que visa identificar a real intensidade dessa variável através de uma faixa de classificação, retirando possíveis desvios de veracidade nos resultados obtidos, visto que a precipitação não se distribui de maneira homogênea ao longo do ano. A classificação desse Índice foi adaptada por Freitas (2005) e readaptada por Araújo et al. (2009). Para as variáveis temperatura (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, foi disponibilizada uma série de 5 anos de dados (2011 a 2015). Já para as variáveis temperatura ao meio dia, temperatura do ponto de orvalho e precipitação, foi disponibilizada uma série de 28 anos.

As equações 1 e 2 dispostas a seguir são utilizadas para o cálculo do IAC:

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right]; \text{ para anomalias positivas} \quad (1)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right]; \text{ para anomalias negativas} \quad (2)$$

Sendo:

N - precipitação média mensal (mm);

$\bar{N}$ - precipitação média mensal da série histórica (mm);

$\bar{M}$ - média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm);

$\bar{X}$ - média das dez menores precipitações mensais da série histórica (mm).

Os resultados do IAC para a precipitação foram classificados de acordo com a metodologia de Freitas (2005) readaptada por Araújo et al. (2009) (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva.

	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	De 4 acima	Extremamente Úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	De -4 abaixo	Extremamente Seco

Fonte: Freitas (2005) readaptada por Araújo et al. (2009).

Para as demais variáveis climáticas foram utilizadas médias aritméticas simples na análise da climatologia.

Na análise do clima urbano foram definidos oito Pontos de monitoramento distribuídos no espaço intraurbano da área de estudo. Tais Pontos foram selecionados

em função das diferentes formas de uso e recobrimento do solo urbano. O Ponto de referência está localizado em um resquício de Mata Atlântica e se assemelha às condições de um ambiente natural. A utilização dos oito Pontos de monitoramento em áreas com características diferentes é imprescindível para a compreensão dos microclimas da cidade e se mostrou de suma importância, visto as peculiaridades espaciais da cidade de Bayeux (Figura 6).

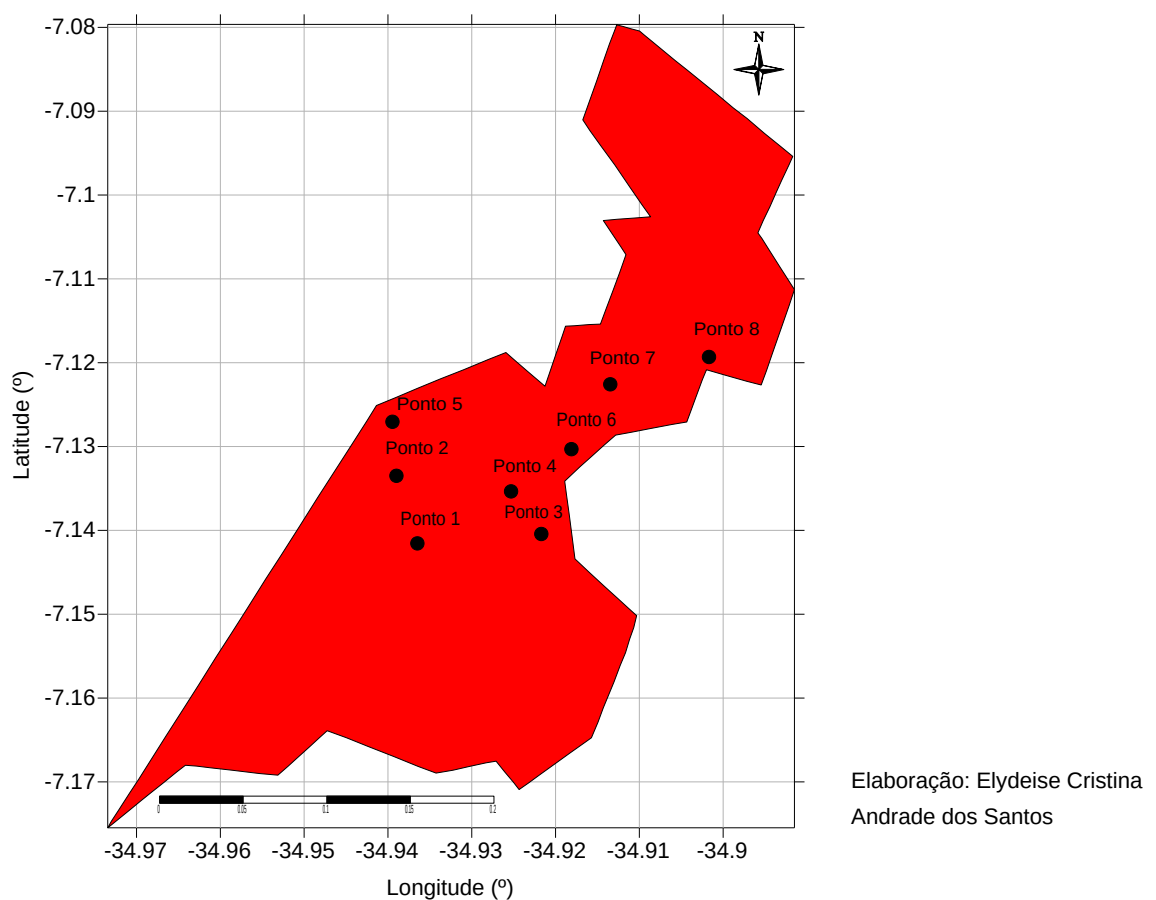


Figura 6. Localização dos pontos de monitoramento. Ponto 1 - Jardim Aeroporto; Ponto 2 - Alto da Boa Vista; Ponto 3 - Mário Andreazza; Ponto 4 - Imaculada; Ponto 5 - Tambay; Ponto 6 - Centro; Ponto 7 - Sesi; Ponto 8 - Baralho.

Os Pontos foram distribuídos com a intenção de contemplar o perímetro urbano, ou seja, as áreas densamente urbanizadas. A área urbanizada do município é facilmente observada através do Zoneamento Municipal elaborado pela Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia da cidade para o ano de 2014 (Figura 7).

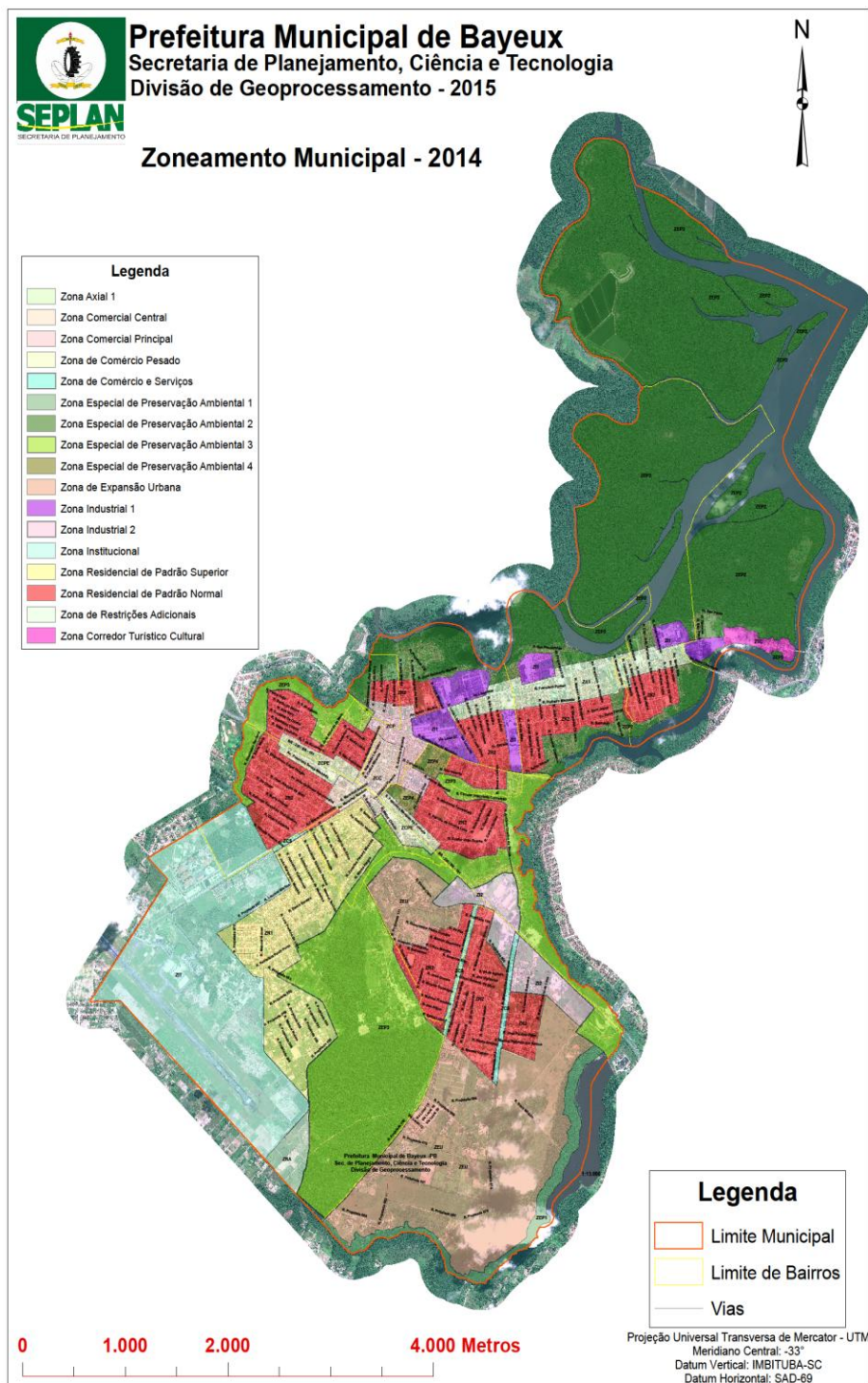


Figura 7. Zoneamento de Bayeux – PB. Fonte: Bayeux (2015).

É importante destacar que os Pontos foram instalados levando em consideração o uso e recobrimento do solo. Além disso, foi levado também em consideração a segurança do local de instalação.

Destaca-se que para melhor avaliar o clima intraurbano sob uma óptica espaçotemporal foram analisadas a temperatura e a umidade relativa do ar em três meses de cada período (seco e chuvoso) da área de estudo. Neste sentido, Molion & Bernardo (2002) destacam que as chuvas na região Leste do Nordeste, onde se insere o município de Bayeux, se concentram entre os meses de abril a julho. 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.

Para a medição das variáveis temperatura e umidade relativa do ar foi determinado para cada unidade climática local um raio de 150 m da localização do Ponto de coleta, nas direções Norte e Oeste (KATZSCHNER et al., 2002) e um raio de 350 m nas direções Leste e Sul, de maneira que se obtenha o valor total de 500 m que corresponde à medida de 0,5 km defendida por Oke (2004). Dessa forma, será determinada a análise numa área total de 0,21 km² no entorno de cada Ponto analisado (Figura 8).

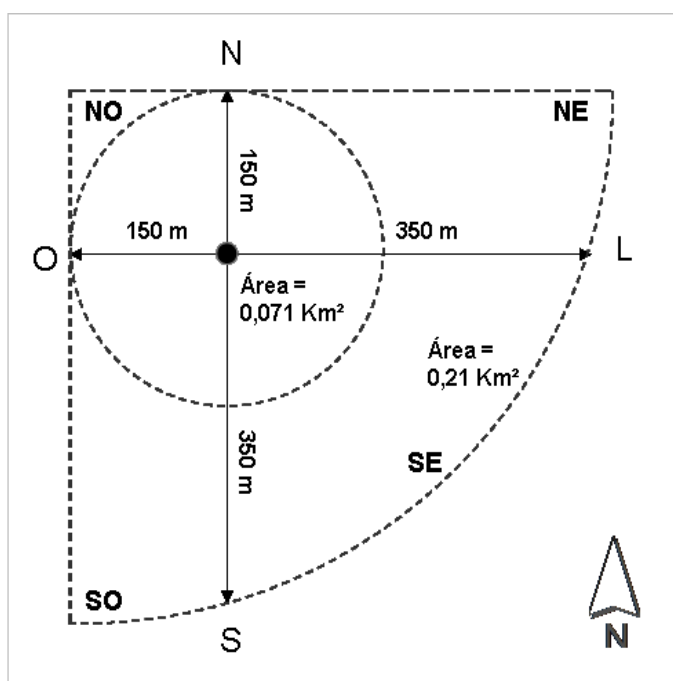


Figura 8. Área de análise de cada ponto de coleta (Fonte: COSTA, 2007).

Essa configuração auxilia a análise climática visto à predominância dos ventos Alísios de Sudeste nessa região.

Para a coleta das variáveis foram instalados termo-higrômetros da marca *Hobo*®, em cada Ponto escolhido, programados para realizar medições durante intervalos

horários de 1 hora ininterruptos. Vale destacar que foi realizada a calibragem de todos os aparelhos antes da instalação em capo. Os Data Loggers foram protegidos em miniabrigos plásticos de cor branca, os quais contém pequenas aberturas permitindo, assim, a livre circulação do ar, mas evitando a incidência solar direta. Os miniabrigos foram apoiados em tripés distando 1,5 m do solo (Figura 9). Cada estação de coleta de dados foi georreferenciada com o GPS Garmin®.



Figura 9. (A) Mini-abrigo apoiado no tripé (Fonte: a autora). (B) Termo-higrômetro (Fonte: One Temp®).

Após o levantamento dos dados climáticos foi realizado o cálculo do Índice de Desconforto Térmico de Thom (1959) que estabelece uma relação entre a temperatura média e umidade relativa do ar com a finalidade de se obter resultados quanto ao conforto ou estresse térmico experimentados em um ambiente físico modificado. Esse Índice se constitui em uma ferramenta indispensável para o planejamento e ordenamento territorial de áreas urbanas, e é obtido pela seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 UR) (T - 14,5)$$

Sendo:

T é a temperatura do ar (°C);

UR é a umidade relativa do ar (%).

Os resultados foram classificados de acordo a metodologia de Thom (1959) adaptada por Santos (2011) para cidades de clima tropical úmido (Tabela 2).

Tabela 2. Faixa de classificação do Índice de Desconforto Térmico de Thom.

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

Fonte: Thom (1959) adaptada por Santos (2011).

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 na formação da ilha de calor urbano. Tais feições foram classificadas para os Pontos de monitoramento como: vegetação arbórea; vegetação herbácea; telhados; asfalto; amianto; calçamento; areia; concreto; usos diversos; e corpo hídrico.

A intensidade das ilhas de calor foi analisada a partir da diferença de temperatura entre o Ponto de referência e os demais Pontos. A magnitude desse fenômeno foi estabelecida através da classificação adaptada de García (1996), conforme segue a Tabela 3.

Tabela 3. Faixa de classificação da ilha de calor urbano.

Intensidade	Classificação da ilha de calor
$IC < 0^{\circ}C$	Ilha de Frescor
$IC = 0^{\circ}C$	Neutra
$0^{\circ} < IC \leq 2^{\circ}C$	Fraca Magnitude
$2^{\circ}C < IC \leq 4^{\circ}C$	Média Magnitude
$4^{\circ}C < IC \leq 6^{\circ}C$	Forte Magnitude
$IC > 6^{\circ}C$	Muito Forte Magnitude

A amplitude térmica diária foi realizada para cada Ponto de monitoramento de modo a estabelecer relação entre a temperatura mínima e a máxima obtida.

Posteriormente, foram gerados cenários de níveis de desconforto térmico para as próximas cinco décadas (2020, 2030, 2040, 2050 e 2060). Os cenários foram definidos em função do relatório do IPCC (2014) que prevê um aumento médio das temperaturas globais de até 4,8 °C até o ano de 2100.

5. Resultados e Discussão

5.1. CLIMATOLOGIA GERAL DA CIDADE DE BAYEUX – PARAÍBA

5.1.1. Avaliação da Temperatura do ar

A temperatura média do ar da cidade de Bayeux foi estabelecida em torno dos 26,5 °C (Figura 10), com máximas podendo chegar a 29,8 °C e mínimas em torno de 22,4 °C, com base na série de dados do INMET.

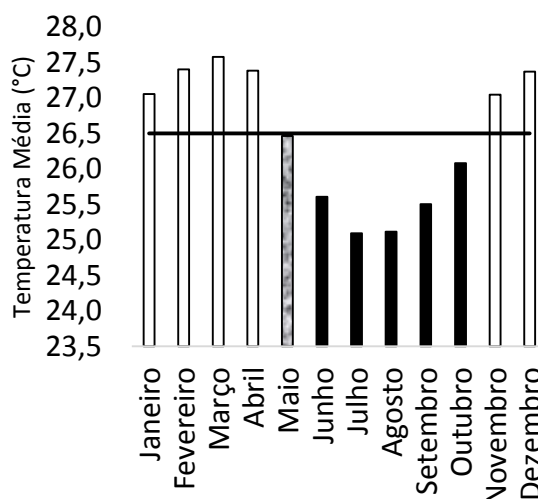


Figura 10. Temperatura média mensal.

O mês de maio apresentou temperatura média idêntica a média mensal estabelecida. Os meses com temperaturas médias mais amenas vão de junho a outubro, variando de 25,1 °C (julho e agosto) a 26,1 °C (outubro). Em contrapartida, de novembro

a abril encontram-se as temperaturas mais elevadas, com destaque para o mês de março (27,6 °C).

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.

Neste sentido, foi avaliada a temperatura média ao meio dia, horário utilizado como referência para o cálculo da altura solar. Assim, a média de temperatura foi de 29,1 °C como pode ser observada na Figura 11.

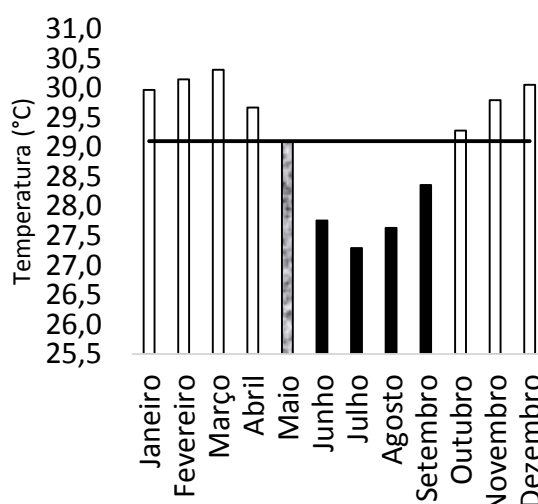


Figura 11. Temperatura média mensal ao meio dia.

O comportamento da temperatura ao meio dia foi semelhante ao comportamento da temperatura média mensal (Figura 10), exceto para o mês de outubro que apresentou temperatura média mensal abaixo da média estabelecida na análise da temperatura mensal, mas ao meio dia, apresentou valor de temperatura acima da média estabelecida. Esta peculiaridade pode estar ligada ao fato de que o mês de outubro já se encontra totalmente na primavera, estação do ano na qual as temperaturas começam a aumentar e são ainda mais acentuadas ao meio dia devido a maior quantidade de insolação recebida pela superfície terrestre neste horário.

Na análise anual, a temperatura ao meio dia apresentou flutuações, conforme observa-se na Figura 12.

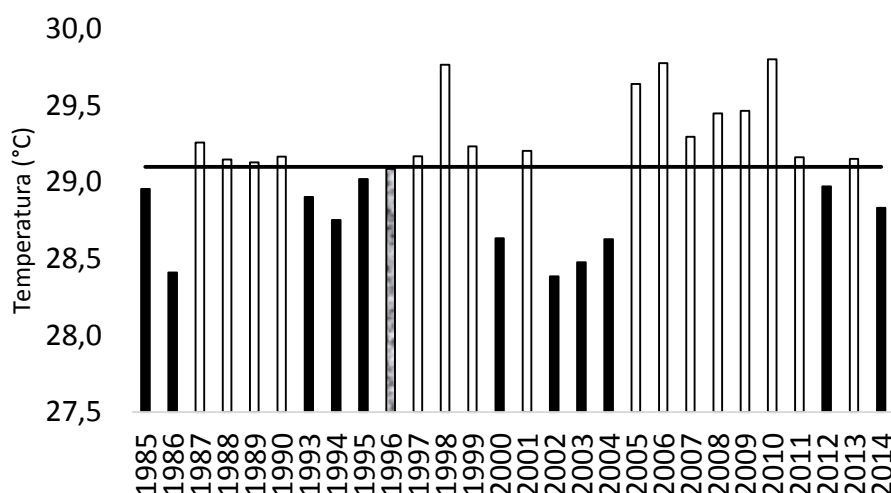


Figura 12. Temperatura média anual ao meio dia.

Observa-se que da série analisada, 11 anos apresentaram temperaturas ao meio dia abaixo da média (1985, 1986, 1993, 1994, 1995, 2000, 2002, 2003, 2004, 2012 e 2014), um ano apresentou temperatura ao meio dia igual a média estabelecida para o horário (1996) e 16 anos apresentaram temperaturas acima da média (1987, 1988, 1989, 1990, 1997, 1998, 1999, 2001, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2013).

Percebe-se com isso, um comportamento crescente para as temperaturas acima da média no horário do meio dia. Não é possível afirmar com total certeza os reais motivos para este comportamento ascendente das temperaturas ao meio dia. Contudo, é provável que este comportamento deva-se principalmente ao frenético processo de urbanização que tem aumentado cada vez mais a quantidade de materiais de revestimento impermeáveis e de baixa refletância, acabando por aprisionar uma maior quantidade de calor, refletindo diretamente no conforto térmico ambiental da população.

Em outro extremo da escala de temperatura encontra-se a temperatura do ponto de orvalho (TPO). Quando o ambiente está mais frio do que a molécula de vapor de água contida no ar e atinge um nível ideal para que a molécula de vapor se condense, diz que se atingiu a temperatura do ponto de orvalho, conforme Mendonça & Danni-Oliveira (2007). Para a cidade de Bayeux a TPO ficou estabelecida em média de 21,9 °C, como pode ser observado na Figura 13.

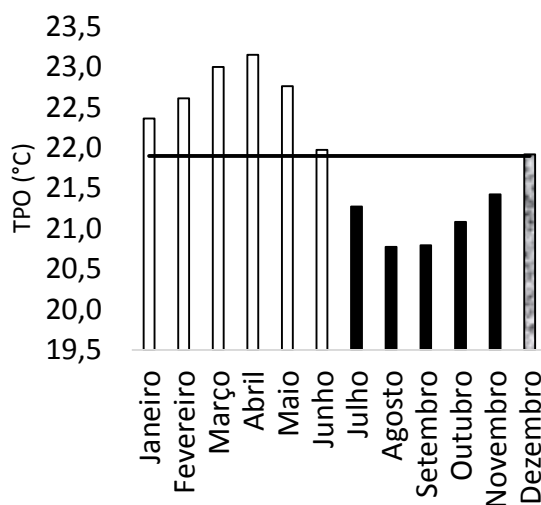


Figura 13. Temperatura média mensal do ponto de orvalho.

Destacam-se os meses de agosto e setembro que atingiram a menor TPO com 20,8 °C e o mês de abril que atingiu a maior TPO com 23,2 °C.

Ressalta-se que a amplitude térmica diurna (temperatura ao meio dia menos a Temperatura do Ponto de Orvalho) fica em torno dos 7,2 °C, o que representa uma larga faixa de variação de temperatura no ciclo diário.

A Figura 14 mostra a flutuação anual da TPO para a cidade de Bayeux.

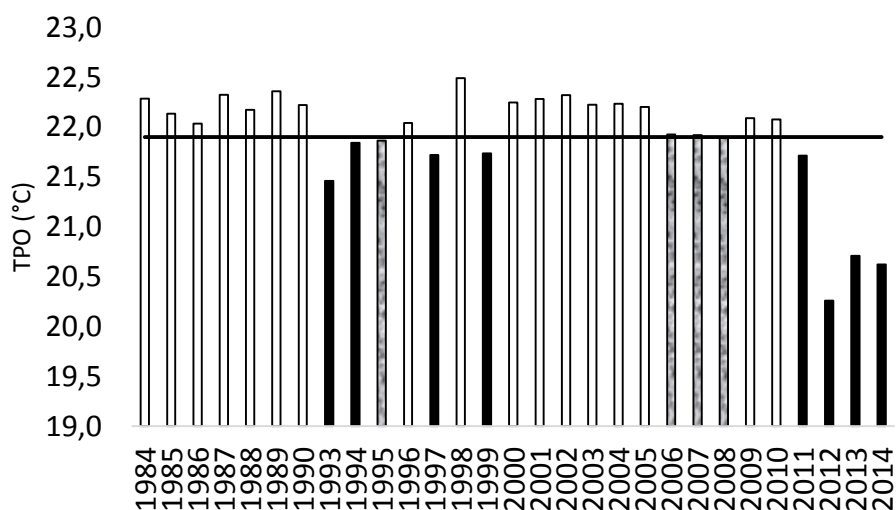


Figura 14. Temperatura média anual do ponto de orvalho.

Observa-se que 8 anos apresentaram TPO abaixo da média (1993, 1994, 1997, 1999, 2011, 2012, 2013 e 2014), 4 anos apresentaram valor de TPO idêntico ao da média estabelecida (1995, 2006, 2007 e 2008) e 17 anos apresentaram valor de TPO acima da média (1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1996, 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2009 e 2010), o que aponta para um comportamento ascendente de TPO's acima da média.

Estes resultados são de extrema importância visto a influência que tal variável exerce sobre o desenvolvimento de doenças em plantas, bem como no seu desenvolvimento e manejo (PEREIRA et al., 2002).

5.1.2. Avaliação da umidade relativa do ar

Para Ayode (1996), o conforto térmico humano é determinado mais pela umidade relativa do ar do que pela temperatura. Ele destaca que a quantidade de vapor d'água presente no ar influencia diretamente a taxa de evaporação e evapotranspiração, o que determina o conforto humano em decorrência da temperatura sentida pela pele.

Diante de tal importância, a umidade relativa do ar da cidade de Bayeux ficou estimada em média de 73% (Figura 15). É válido ressaltar que a série disponibilizada não apresentou valores para o mês de fevereiro de nenhum dos anos analisados. Contudo, foi possível estimar o valor médio da umidade relativa do ar com base nos demais meses do ano.

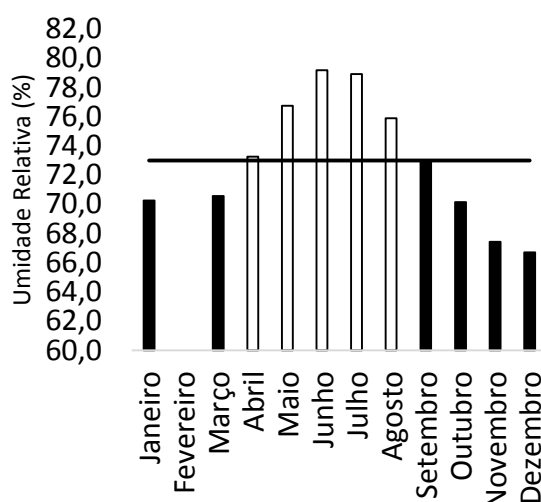


Figura 15. Umidade relativa média mensal de Bayeux.

Essa média fica acima dos valores ideais de umidade relativa do ar estabelecidos pela OMS - Organização Mundial de Saúde (entre 40 e 70%). Acima dessa faixa a evaporação fica mais lenta, o que prejudica o controle da temperatura corporal através da transpiração. Assim, apenas os meses de novembro (67,4%) e dezembro (66,7%) apresentaram, de fato, valores ótimos de umidade relativa do ar para o conforto humano.

5.1.3. Avaliação da velocidade dos ventos

Os ventos são de grande importância para o controle climático de uma área. Eles são capazes de amenizar os efeitos das altas temperaturas e de interferir no processo de evaporação, refletindo diretamente na quantidade de umidade presente no ar atmosférico. Além disso, Ferreira (2006) destaca que os ventos são capazes de carregar a precipitação de áreas mais úmidas para áreas mais secas e dissipar a poluição dos centros urbanos.

Nimer et al. (1989) ressaltam que a porção litorânea do Nordeste brasileiro, onde se insere o município de Bayeux, é favorecida, em termos climáticos, pela atuação predominante dos ventos Alísios de Sudeste.

Assim, tendo em vista a importância dessa variável na determinação das características climáticas de uma área, foi avaliada a velocidade dos ventos do município de Bayeux. Tal média foi de 3,9 m/s (Figura 16).

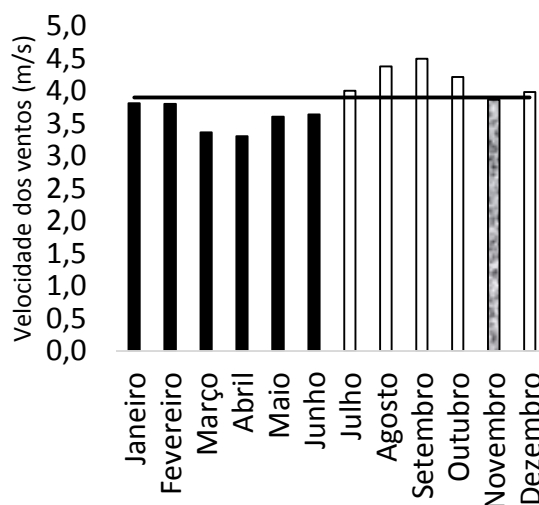


Figura 16. Velocidade dos ventos da cidade de Bayeux.

Percebe-se que não há grande discrepância na flutuação mensal para os valores de velocidade dos ventos em relação a média estabelecida. Isso acontece devido a forte atuação dos ventos Alísios de Sudeste nesta região do país, os quais têm a característica de serem ventos constantes ao longo do ano, com variações pouco representativas (SILVA, 2003).

Contudo, o mês de setembro foi o mais favorecido pela atuação dos ventos mais velozes (4,5 m/s) em comparação aos demais meses do ano. O mês de abril apresentou ventos mais fracos com velocidade de 3,3 m/s em relação aos demais.

De acordo com a *Tabela de Beaufort* (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007) o mês de abril apresentou brisas leves (com velocidades que variam de 1,6 a 3,3 m/s, classificação esta que estabelece que sente-se o vento na face e as folhas das árvores alvoroçam-se) e todos os demais meses apresentaram velocidade de vento classificada como brisas suaves (com velocidades que variam de 3,4 a 5,4 m/s, sendo que nesta classificação as folhas das árvores movem-se constantemente, as bandeiras desfraldam-se e formam-se pequenas ondas de aspecto cristalino sobre os lagos).

É importante destacar que este comportamento pode não representar um padrão para toda a região Leste do Nordeste brasileiro, mas sim para a cidade de Bayeux, já que para Silva (2003), os fatores locais, como pequenas elevações, têm forte influência na velocidade dos ventos. No caso da cidade de Bayeux, a mesma se encontra em dois planos altimétricos (tabuleiros costeiros e planície flúvio-marinha do estuário do rio Paraíba), que podem estar influenciando o comportamento dessa velocidade, além de outros fatores, como a própria rugosidade do ambiente urbano.

5.1.4. Avaliação da precipitação

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.

A cidade de Bayeux apresentou uma média de precipitação diária de 3,9 mm. A média mensal foi de 117,4 mm, com período chuvoso estabelecido de março a julho e o período seco, de agosto a fevereiro, como pode ser observado na Figura 17.

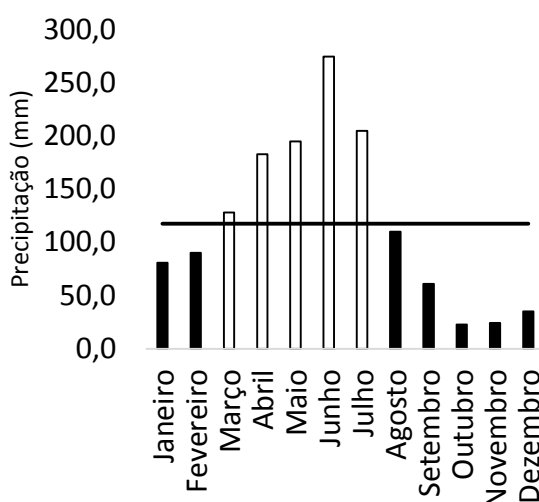


Figura 17. Precipitação média mensal da cidade de Bayeux.

Estes resultados diferem, em parte, daqueles estabelecidos por Molion & Bernardo (2002) que definem o período 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.

Na análise da série histórica de precipitação que é apresentada a seguir na Figura 18, é possível observar que 15 anos apresentaram precipitação abaixo da média climatológica. Em contrapartida, 13 anos apresentaram valores de precipitação acima da média.

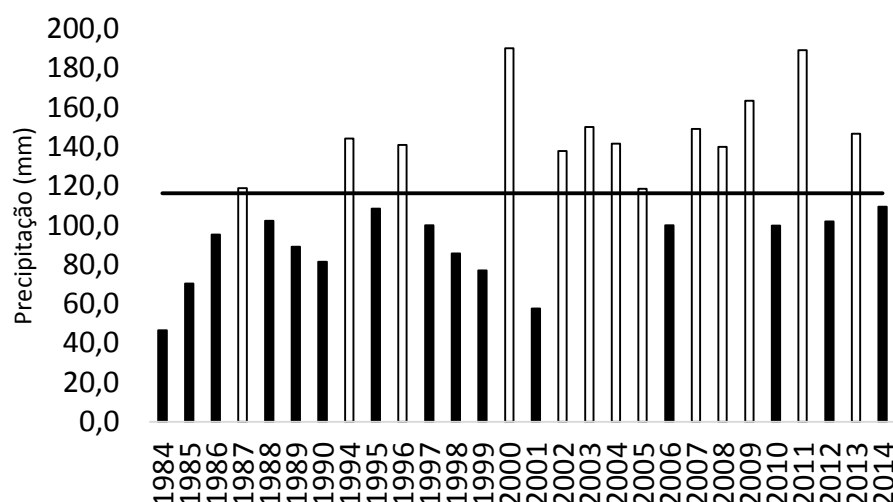


Figura 18. Precipitação média anual da cidade de Bayeux.

Visto a importância já mencionada da análise da variável precipitação para a região tropical (MOLION & BERNARDO, 2002), mais atenção será dada a esta variável de modo que a mesma não será analisada apenas pela utilização de médias aritméticas simples, mas pela utilização de um índice climático (IAC) que, de acordo com Araújo et al. (2009), pode ser utilizado como uma ferramenta para o acompanhamento climático de uma localidade, podendo, por meio desse monitoramento, gerar prognósticos e diagnósticos da climatologia local. Tal Índice revela a intensidade da precipitação que pode ser mascarada pelo uso de médias. A exemplo disso, no ano de 2004 as fortes chuvas se concentraram no mês de janeiro e foram escassas no restante do ano (ARAÚJO et al., 2009). Todavia, como observado na Figura 18, a qual apresentou uma média anual, o ano de 2004 aparece como um ano chuvoso, dando a impressão de que esta realidade prevaleceu durante o ano inteiro.

A Figura 19 a seguir apresenta o IAC mensal da cidade de Bayeux.

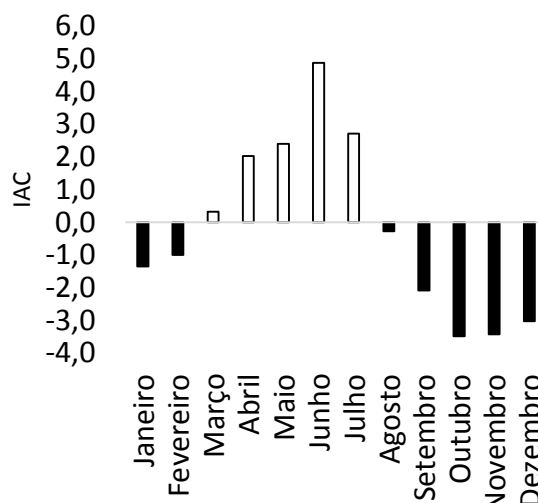


Figura 19. Índice de Anomalia de Chuva mensal da cidade de Bayeux.

A quina chuvosa vai de março a julho com classificação variando de Úmido (março e abril), Muito Úmido (maio e julho) a Extremamente Úmido (Junho). Em contrapartida, a cidade atravessa um período de sete meses com precipitação abaixo da média, variando entre as classes de Seco (janeiro, fevereiro e agosto) e Muito Seco (setembro, outubro, novembro e dezembro).

Tais informações são de grande valia para a gestão dos recursos hídricos que abastecem a cidade, visto que através do comportamento climatológico da precipitação é possível prevenir o colapso total dos mananciais por meio de medidas mitigadoras, como por exemplo, a sensibilização da população para o uso consciente desse recurso essencial à vida e à manutenção das atividades humanas, visto que a maior parte do ano (7 meses) a precipitação é reduzida, o que prejudica o aporte hídrico dos mananciais.

Através da Figura 20 é possível observar a intensidade da precipitação anual através do IAC para a série analisada e gerar prognósticos de uma situação futura.

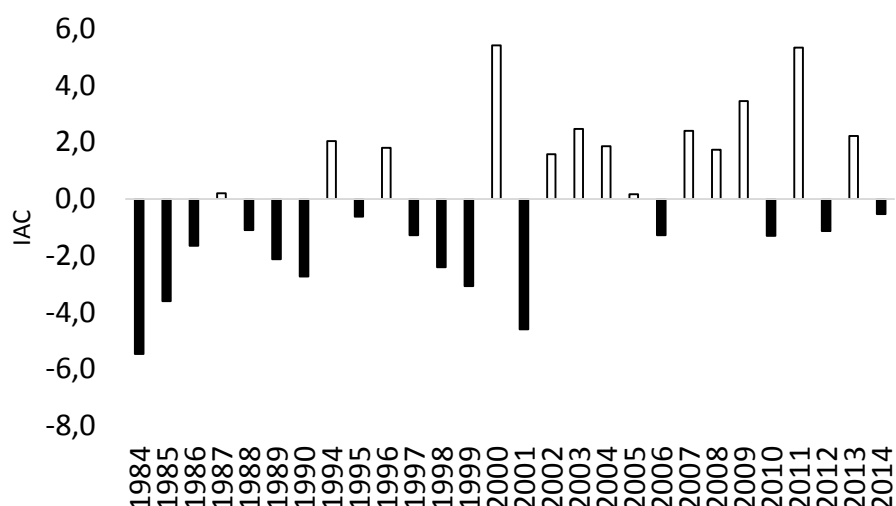


Figura 20. Índice de Anomalia de Chuva anual da cidade de Bayeux.

Observa-se uma predominância de anos com IAC negativo, ou seja, com precipitação abaixo da média, totalizando 15 anos variando entre as classes de Seco (1986, 1988, 1995, 1997, 2006, 2010, 2012 e 2014), Muito Seco (1985, 1989, 1990, 1998 e 1999) a Extremamente Seco (1984 e 2001). Já os anos com IAC positivo (com precipitação acima da média) totalizaram 13 anos que variaram entre as classes de Úmido (1987, 1994, 1996, 2002, 2004, 2005 e 2008), Muito Úmido (2003, 2007, 2009 e 2013) a Extremamente Úmido (2000 e 2011).

É válido ressaltar que apesar da maior quantidade de anos secos em detrimento dos anos úmidos, percebe-se que o intervalo e a intensidade de anos secos intercalados por anos úmidos, tem diminuído gradativamente ao longo da série histórica na cidade de Bayeux.

Resultado semelhante foi encontrado por Santos et al. (2015) em seu trabalho sobre a climatologia da bacia hidrográfica do rio Mamanguape, no qual estes autores afirmaram que tal comportamento aponta para um favorecimento ao aporte hídrico do manancial devido a projeções futuras inferidas a partir desse comportamento que aponta para o aumento do número de anos com precipitação acima da média.

Todavia, há de se considerar que quando se trata do aporte hídrico de um manancial, estas projeções são positivas. Contudo, em ambientes urbanos não planejados, o aumento da precipitação pode representar riscos de enchentes e/ou deslizamentos, como foi noticiado por diversos meios de comunicação no ano de 2011

na cidade de Bayeux, ocasião em que as fortes chuvas deixaram diversas famílias desabrigadas devido à enchente. Vale ressaltar que não foram encontrados registros acerca de deslizamentos de terra para a cidade de Bayeux.

5.1.5. Considerações finais sobre a climatologia geral da cidade de Bayeux

De modo geral, a cidade de Bayeux apresentou temperaturas elevadas e uma tendência para o aumento dos valores dessa variável, tanto no horário crítico (meio dia), quanto no comportamento da TPO. A elevada amplitude térmica também inspira cuidados, visto que esta ampla faixa de variação de temperatura pode ocasionar problemas de saúde à população.

De janeiro a outubro a cidade de Bayeux pode estar proporcionando sensações térmicas desagradáveis para a população, tendo em vista os valores médios de umidade relativa do ar estarem acima do que seria considerado ideal para o conforto humano, segundo a OMS.

O mês de setembro é o mais favorecido em termos de ventilação. Em contrapartida, o mês de abril é o menos favorecido. De forma geral, a velocidade dos ventos é agradável e capaz de proporcionar conforto climático, desde que maior atenção seja dada ao ambiente urbano no que se refere à organização do espaço, dos materiais de recobrimento do solo e da arborização de vias e ruas.

A cidade de Bayeux apresenta um período de estiagem que representa 58,33% do ano, o que, sugere a necessidade de maior atenção por parte da gestão no que se refere à perpetuação dos recursos hídricos que abastecem a cidade. O fato do prognóstico apontar para o aumento da quantidade de anos chuvosos inspira cuidados, visto que este fato pode ser resultante do aumento das temperaturas do ar e umidade relativa do ar, o que pode tornar o ambiente urbano ainda mais desconfortável.

Diante do exposto, este trabalho representa o passo inicial de uma análise mais profunda sobre a climatologia da cidade de Bayeux. É preciso que tais resultados sejam avaliados, ponderados e considerados no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano da cidade, a fim de que se atente para os impactos relacionados ao clima da cidade, o qual é capaz de gerar problemas ambientais, inclusive de saúde pública.

5.2. AVALIAÇÃO DO CLIMA URBANO DA CIDADE DE BAYEUX - PARAÍBA

5.2.1. Caracterização dos Pontos de monitoramento

A caracterização dos 8 Pontos de monitoramento é de suma importância para que se obtenha maior clareza dos efeitos advindos dos diferenciados tipos de uso e cobertura do solo sobre o clima urbano.

A Figura 21 mostra em detalhe o Ponto 1 localizado no bairro Jardim Aeroporto.



Figura 21. Ponto experimental 1 – Jardim Aeroporto. Fonte: a autora.

Tal Ponto encontra-se no setor sul da cidade, ou seja, nos domínios dos tabuleiros costeiros, e apresenta uma altitude de 58 m. Vale ressaltar que o bairro em que se localiza este Ponto tem a característica de ser predominantemente residencial e se encontra em um frenético processo de ocupação e construção/reconstrução de habitações.

Este Ponto foi considerado como ponto de referência por estar situado às margens de um fragmento de mata Atlântica representado pelo Parque Estadual Mata do Xém-Xém, o que confere ao mesmo a característica de se assemelhar às condições climáticas de um ambiente natural.

As contribuições percentuais do material de recobrimento do uso e ocupação do solo referente ao Ponto 1 podem ser observados na Figura 22.

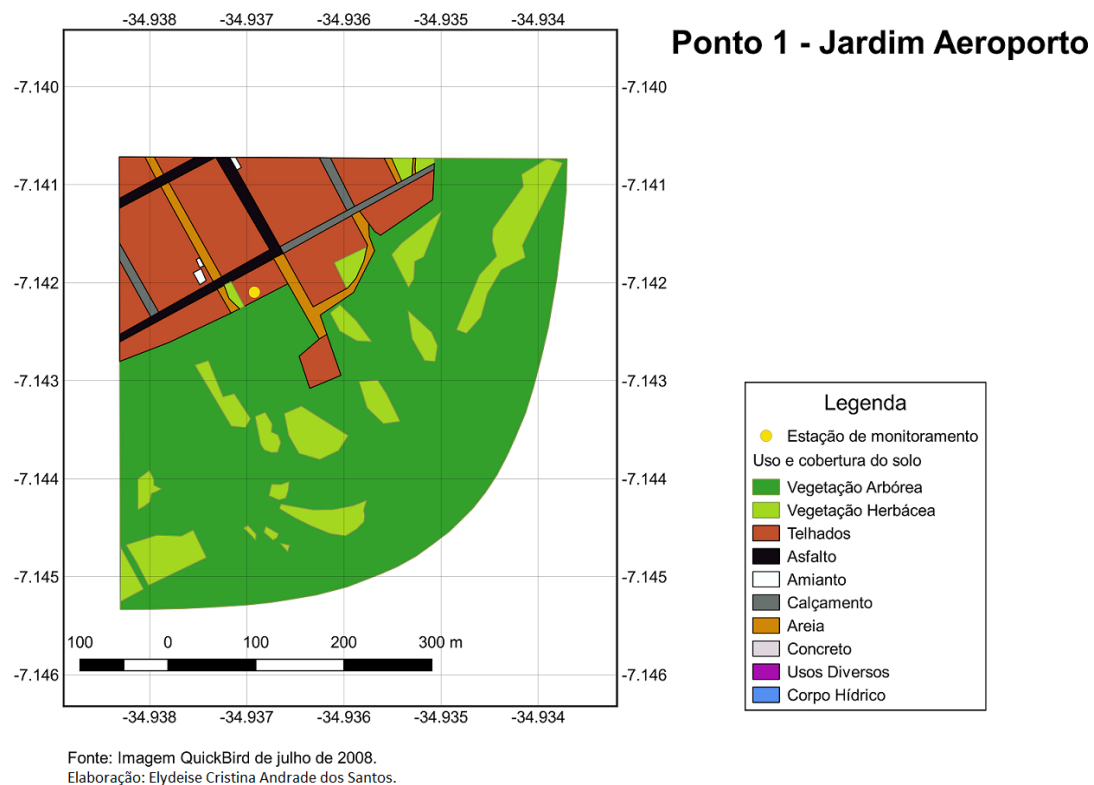


Figura 22. Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 1 – Jardim Aeroporto.

Observa-se no entorno da área que a vegetação arbórea predominou. Contudo, percebe-se também a presença da cobertura de telhados, vegetação herbácea e fragmentos de calçamento, asfalto e areia. Ressalta-se que a cobertura de amianto obteve uma ínfima representação percentual (consultar Tabela 4).

A Figura 23 apresenta em detalhe o Ponto 2 localizado no bairro do Alto da Boa Vista.



Figura 23. Ponto experimental 2 – Alto da Boa Vista. Fonte: a autora.

O Ponto 2, semelhante ao 1, encontra-se no setor Sul da cidade, ou seja, na região dos tabuleiros costeiros, porém, com altitude de 56 m. Semelhantemente ao bairro em que está inserido o Ponto 1, o bairro Alto da Boa Vista, onde está inserido o Ponto 2 também é predominantemente residencial. Contudo, não contém a presença do Parque Estadual Mata do Xém-Xém.

Na Figura 24 encontram-se os percentuais de uso e cobertura do solo do Ponto 2.

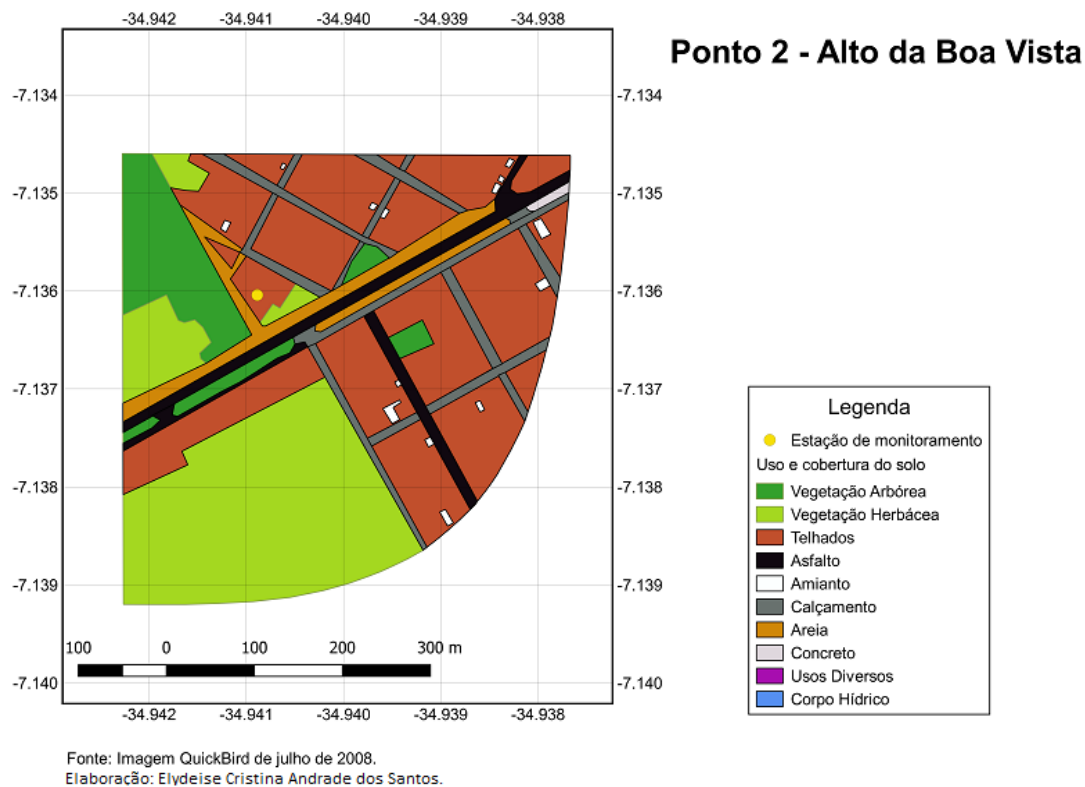


Figura 24. Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 2 – Alto da Boa Vista.

Este Ponto apresentou uma cobertura de telhados bastante representativa, com presença da vegetação herbácea e vegetação arbórea no seu entorno. Verificou-se também a presença de cobertura do tipo calçamento, asfalto, areia e fragmentos de amianto e concreto (consultar Tabela 4).

Na Figura 25 observa-se o Ponto 3 localizado no bairro Mário Andreazza.



Figura 25. Ponto experimental 3 – Mário Andreazza. Fonte: a autora.

Este Ponto, ao contrário dos já caracterizados, encontra-se fora da área de abrangência dos tabuleiros costeiros. Encontra-se na faixa de transição entre os setores Norte e Sul da cidade e apresentou uma altitude de 20 m.

Vale ressaltar que tal Ponto apresenta uma localização bastante peculiar, pois o mesmo foi instalado no Posto da Polícia Rodoviária Federal, às margens da BR 230 no sentido Bayeux/PB – João Pessoa/PB.

Ressalta-se ainda que ele se localiza na porção mais a Leste da cidade quando comparado aos demais Pontos.

Na Figura 26 observam-se as contribuições percentuais do uso e ocupação do solo no Ponto 3.

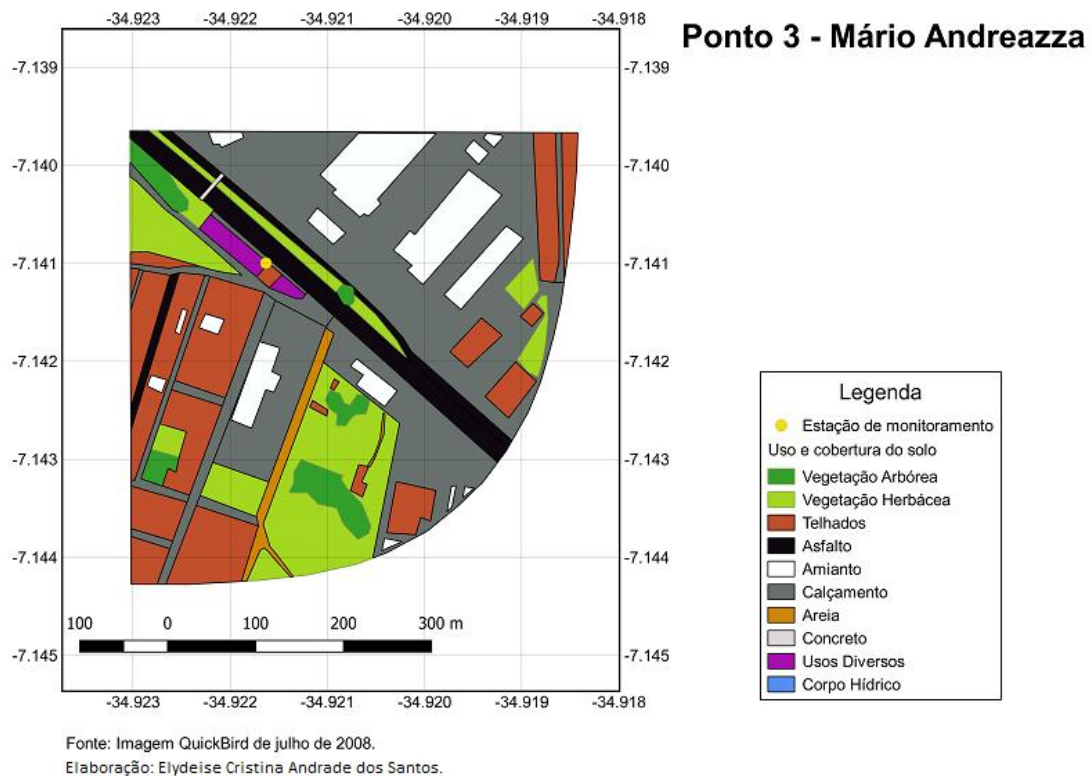


Figura 26. Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 3 – Mário Andreazza.

No entorno desse Ponto verifica-se a presença de grandes galpões de empresas privadas, com áreas de pátio pavimentadas. Observa-se a predominância de calçamento, com contribuições também de telhados, vegetação herbácea, amianto, asfalto, areia e uma área anexa ao Posto Rodoviário que serve como depósito de carros e motos, classificada aqui como usos diversos (consultar Tabela 4).

É preciso ressaltar também o aspecto dinâmico desse Ponto no que se refere ao tráfego de veículos, visto que o mesmo está instalado às margens de uma BR.

A Figura 27 apresenta o Ponto 4 localizado no bairro da Imaculada.



Figura 27. Ponto experimental 4 – Imaculada. Fonte: a autora.

Semelhantemente ao Ponto 3, o Ponto 4 também fica localizado na faixa de transição entre os tabuleiros costeiros e a planície, sendo que a altitude registrada nesse Ponto foi de 19 m. Ressalta-se que este bairro é predominantemente residencial.

A Figura 28 apresenta os percentuais de uso e cobertura do solo no Ponto 4.

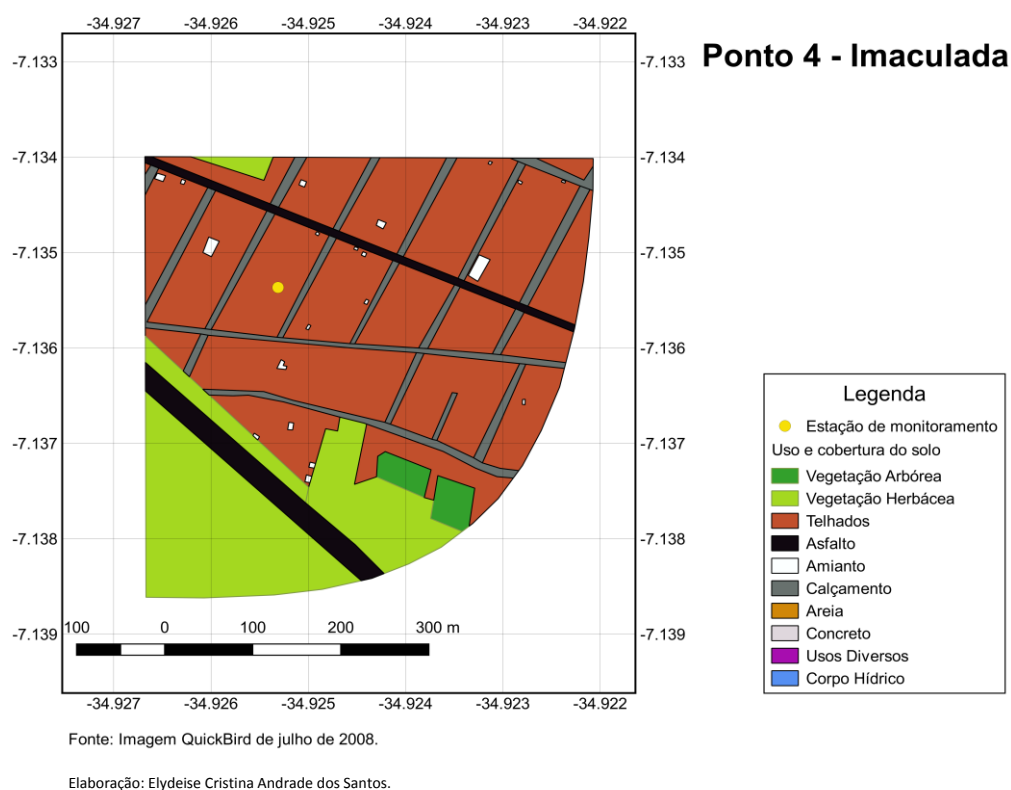


Figura 28. Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 4 – Imaculada.

Nesse Ponto predominou a cobertura do tipo telhados, visto onde o Ponto foi instalado ser um bairro predominantemente residencial. No Ponto também verificou-se a presença da vegetação do tipo herbácea, calçamento, asfalto, vegetação arbórea e pequenos fragmentos de amianto (consultar Tabela 4). Vale destacar que, apesar de não ter sido instalado diretamente às margens da BR 230, assim como o Ponto 3, a área de abrangência do Ponto 4 também engloba um trecho da referida BR.

O Ponto 5 é apresentado na Figura 29, o mesmo se encontra no bairro de Tambay.



Figura 29. Ponto experimental 5 – Tambay. Fonte: a autora.

Este Ponto também encontra-se em um bairro tipicamente residencial.

É válido ressaltar que este Ponto encontra-se também na faixa limítrofe entre o planalto e a planície, portanto, apresenta uma altitude de 39 m. Contudo, situa-se na porção mais a Oeste da cidade quando comparado aos demais.

Além disso, a exemplo do Ponto 4, o Ponto 5 também engloba um trecho da BR 230.

A Figura 30 apresenta os percentuais de uso e cobertura do solo no Ponto 5.

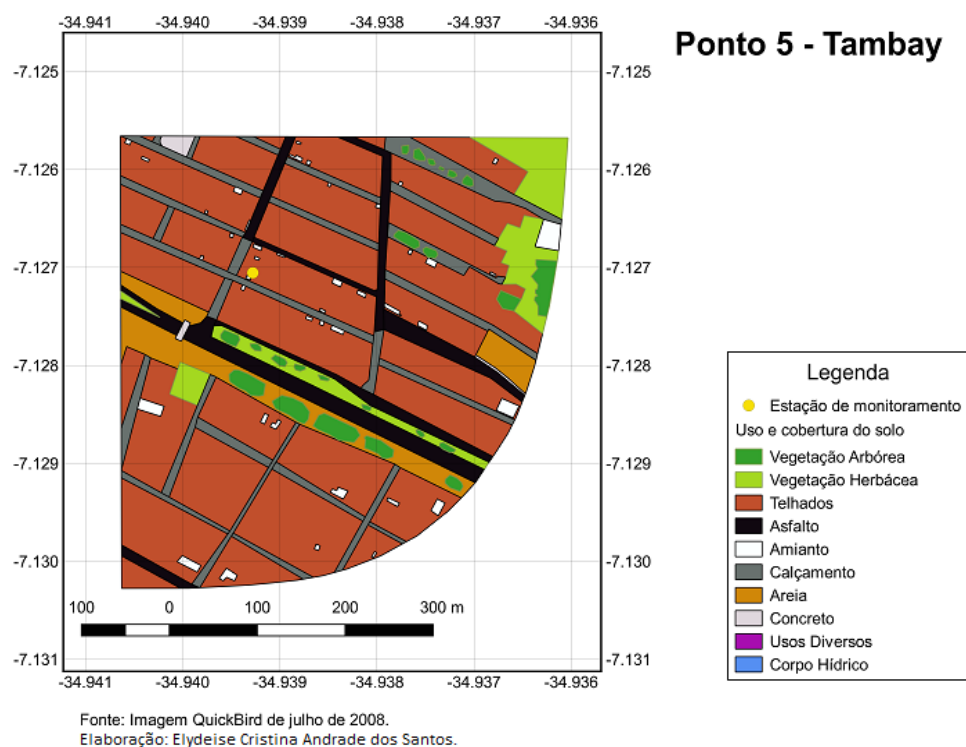


Figura 30. Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 5 – Tambay.

Destaca-se que neste Ponto a representação percentual de áreas verdes (vegetação herbácea e arbórea) foi a menor registrada dentre todos os demais Pontos, ao passo que, a cobertura que predominou foi a de telhados, com presença também de calçamento, asfalto, areia, cobertura de amianto e concreto (consultar Tabela 4).

Na Figura 31 é possível observar o Ponto 6 localizado no Centro da cidade.



Figura 31. Ponto experimental 6 – Centro. Fonte: a autora.

Este Ponto pode ser considerado como uma amostra com características de uso em demasiado mistas quando comparado aos demais, pois engloba parte da BR 230, parte do mercado central (feira livre), parte do comércio central, áreas residenciais e algumas ruas bastante movimentadas no que se refere ao tráfego de veículos e de pedestres.

Ressalta-se que o Ponto 6 apresentou a menor altitude dentre todos os demais Pontos analisados, sendo esta de 11 m.

A Figura 32 mostra os percentuais de uso e cobertura do solo no Ponto 6.

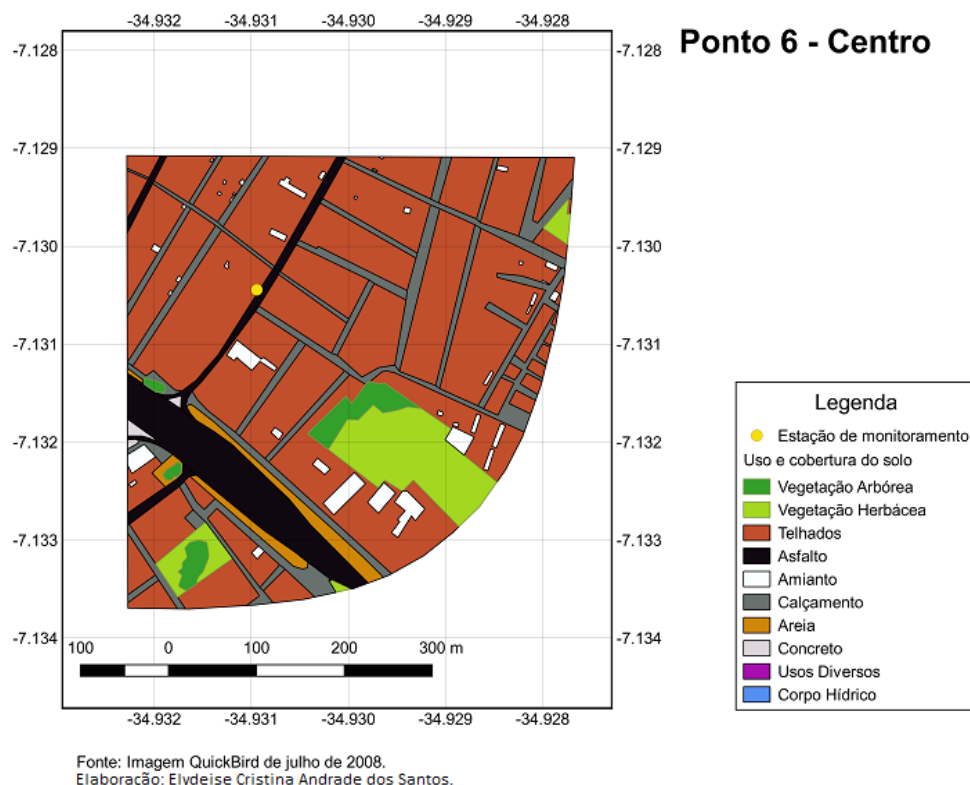


Figura 32. Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 6 – Centro.

As coberturas de vegetação herbácea e vegetação arbórea são pouco representativas, predominando os telhados e calçamento. Verifica-se também neste Ponto os seguintes materiais de recobrimento do solo: asfalto, areia, cobertura amianto e concreto (consultar Tabela 4).

Na Figura 33 é possível observar o Ponto 7, localizado do bairro do Sesi.



Figura 33. Ponto experimental 7 – Sesi. Fonte: a autora.

O Ponto 7 apresentou uma altitude de 13 m. O bairro onde este Ponto foi instalado é predominantemente residencial, porém, com a presea marcante de parte da Avenida Liberdade, principal Avenida da cidade que representa uma importante área comercial e de tráfego de veículos e pedestres.

A Figura 34 apresenta as contribuições dos percentuais de uso e cobertura do solo no Ponto 7.

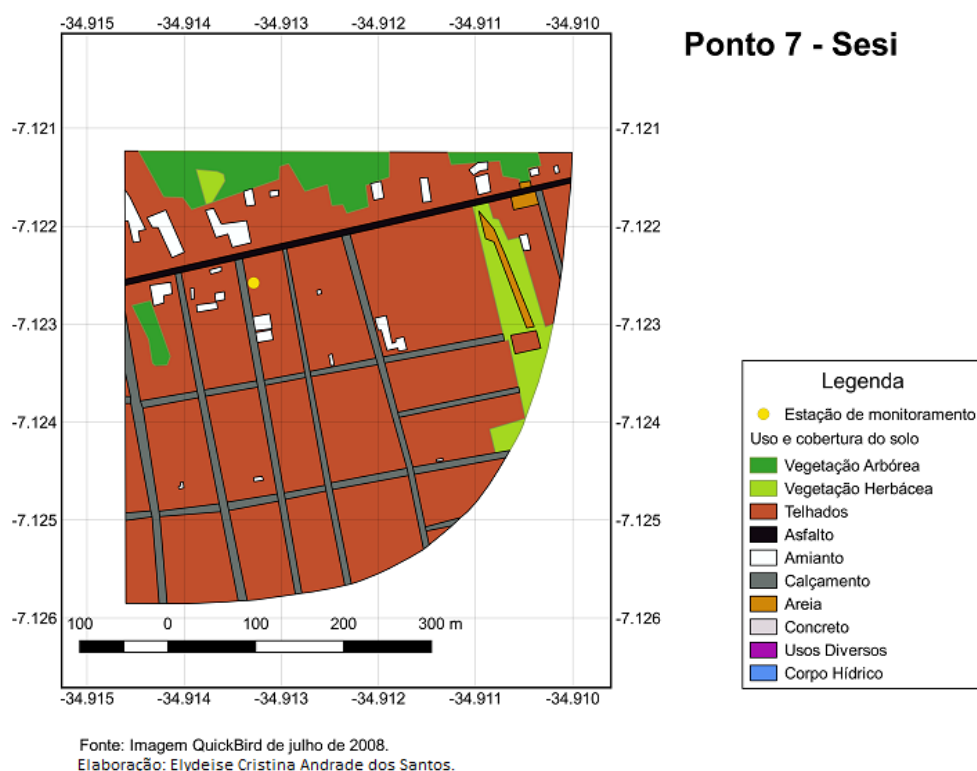


Figura 34. Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 7 – Sesi.

Neste Ponto predomina a cobertura de telhados, com uma concentração de cobertura de amianto seguido de cobertura do tipo asfalto próximo a Avenida Liberdade. Encontra-se neste Ponto também a presença de vegetação arbórea, vegetação herbácea, calçamento e areia (consultar Tabela 4).

Por fim, o Ponto 8 pode ser observado na Figura 35 o qual está localizado no bairro do Baralho.



Figura 35. Ponto experimental 8 – Baralho. Fonte: a autora.

Este Ponto encontra-se a uma altitude de 15 m e apresenta um baixo nível de tráfego de veículos e pedestres, com exceção do trecho localizado na Avenida Nova Liberdade que, assim como a BR 230, também representa uma rota que liga a cidade de Bayeux à capital do Estado.

A Figura 36 apresenta os percentuais de uso e cobertura do solo no Ponto 8.

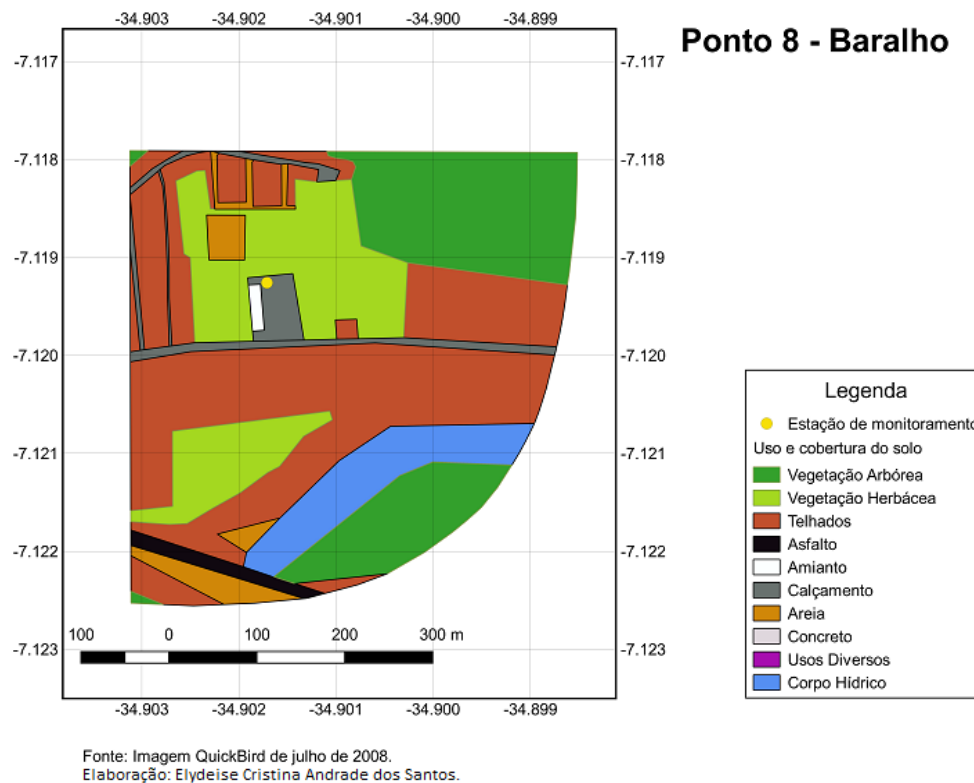


Figura 36. Uso e cobertura do solo do Ponto experimental 8 – Baralho.

Uma característica bem peculiar a este Ponto é a presença de um corpo hídrico, o rio Sanhauá, importante dispositivo de amenização climática.

Além disso, este Ponto apresenta uma importante concentração de vegetação arbórea e vegetação herbácea. Destaca-se também a presença de telhados, asfalto, calçamento, areia e amianto (consultar Tabela 4).

A fim de conferir maior confiabilidade a investigação, a Tabela 4 mostra os percentuais de cada feição encontrados em cada Ponto de monitoramento:

Tabela 4. Percentuais de uso e cobertura do solo nos Pontos de monitoramento.

Uso e Cobertura do solo (%)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
Vegetação Arbórea	63,9	9,7	3,5	1,9	2,8	2,1	6,8	22,4
Vegetação Herbácea	10,9	30,1	19,2	22,7	6,4	9,6	3,8	19,1
Telhados	19,7	41,3	19,8	59,8	63,3	61,7	74,4	40,9
Asfalto	2,1	5,4	7,7	5,9	8,4	8,2	1,6	1,4
Amianto	0,1	0,6	9,7	0,5	1,4	2,6	2,7	0,3
Calçamento	1,3	7,5	37,4	9,2	11,5	13,4	10,0	4,5
Areia	2,0	5,2	1,6	-	5,7	2,2	0,7	3,8
Concreto	-	0,2	0,1	-	0,5	0,2	-	-
Usos Diversos	-	-	1,0	-	-	-	-	-
Corpo Hídrico	-	-	-	-	-	-	-	7,6

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.

5.2.2. *Período seco*

5.2.2.1. Avaliação da temperatura do ar

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.

Neste sentido, a Figura 37 apresenta uma análise da média da temperatura do ar para os três meses representativos do período seco.

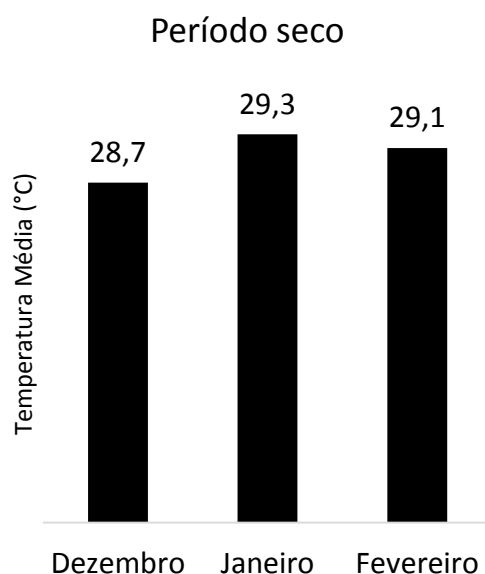


Figura 37. Avaliação da temperatura média mensal do período seco.

A partir dos valores obtidos é possível observar que, no período seco, o mês de janeiro foi o que apresentou o maior valor de temperatura média do ar quando comparado aos demais meses do referido período analisado. A média de temperatura do ar para o período seco investigado foi de 29,0 °C para os três meses analisados.

Neste sentido, a fim de se aprofundar mais na investigação, também foram analisados todos os Pontos de monitoramento da área de estudo durante o período seco no que se refere a temperatura média do ar apresentada por cada um deles, conforme apresenta a Figura 38.

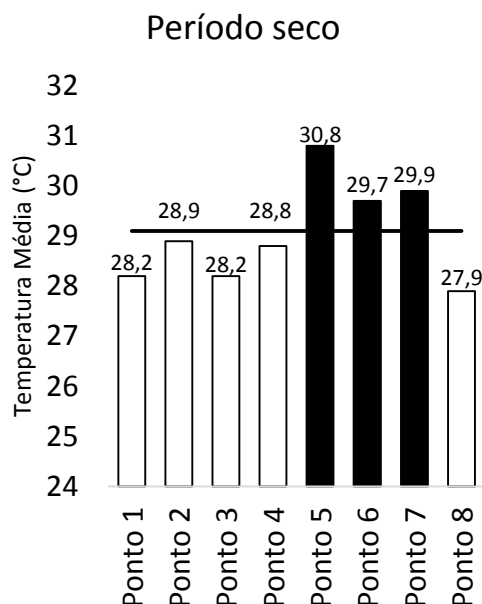


Figura 38. Temperatura média do período seco para todos os Pontos experimentais.

Na Figura 38 observa-se que, no período seco, os Pontos 1 (Jardim Aeroporto); 2 (Alto da Boa Vista); 3 (Mário Andreazza); 4 (Imaculada); e 8 (Baralho) apresentaram temperaturas abaixo da média estabelecida para o referido período, sendo que o Ponto experimental 8 apresentou a temperatura mais amena em relação aos demais.

Diante de tais considerações, vale destacar que o Ponto experimental 1, que apesar de apresentar atributos físicos que favorecem uma temperatura mais amena (ver Figura 22), no período seco apresentou temperatura média de 28,2 °C, mais elevada que o Ponto experimental 8 (27,9 °C) e idêntica ao Ponto experimental 3. Ressalta-se que o Ponto 1 está localizado próximo a Mata do Xém-Xém e, mesmo assim, apresentou valores elevados de temperatura do ar.

Ayoade (1996) destaca que o alto nível de evapotranspiração gerado por grandes áreas vegetadas submetidas às altas temperaturas inerentes ao período seco, aumenta demasiadamente a umidade relativa do ar, o que pode aumentar a sensação de desconforto térmico. Esse aumento na sensação de desconforto térmico ocorre devido a grande capacidade que o vapor d'água presente no ar tem de absorver as radiações solar e terrestre, desempenhando, assim, um importante papel como regulador térmico (AYOADE, 1996). O mesmo autor complementa que a quantidade de vapor d'água presente no ar influencia diretamente a taxa de evaporação e evapotranspiração, o que determina o conforto humano em decorrência da temperatura sentida pela pele.

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 para a redução da temperatura do ar proporcionada pela vegetação de grande porte é pontual e está no fato da mesma produzir sombreamento sobre a área urbana quando distribuída de forma espaçada.

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.

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.

Vale salientar que isso não significa que uma área como a Mata do Xém-Xém não seja importante para a cidade, pois apresenta funções ecológicas importantes, mas sua presença não é, por si só, suficiente para garantir o conforto climático de uma área urbana, sendo necessário que medidas sejam tomadas no que se refere a arborização de vias e ruas a fim de proporcionar o sombreamento e amenização climática dessas áreas.

Com isso, o Ponto experimental 8 foi definido como o de menor temperatura do ar no período seco em relação aos demais Pontos. O Ponto 8, além de ter apresentado uma representativa área verde (22,4% de vegetação arbórea e 19,1% de vegetação herbácea), apresentou também um importante dispositivo de amenização climática: a presença de um corpo hídrico dentro da área de abrangência do termo-higrômetro. O leito do rio canaliza os ventos e facilita sua circulação, aumentando a sensação de conforto térmico (MUNIZ & CARACRISTI, 2014). Apesar disso, a temperatura alcançada

pelo Ponto 8 no período seco, mesmo sendo mais amena do que aquelas encontradas nos demais Pontos, é considerada elevada (27,9 °C).

Assim, a simples presença de um dispositivo de amenização climática não é, por si só, suficiente para tornar uma área termicamente agradável mediante a intensa quantidade de insolação recebida pela superfície terrestre no período seco associada a um ambiente urbano desordenado e carente de dispositivos de sombreamento. 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.

Os Pontos experimentais 5 (Tambay); 6 (Centro); e 7 (Sesi) apresentaram temperaturas acima da média, com destaque para o Ponto experimental 5, o qual apresentou a maior temperatura do ar.

Com relação a ao Ponto experimental 6, os resultados são considerados reveladores, visto que, na maioria dos trabalhos realizados na temática do clima urbano, o centro da cidade (por ser hipoteticamente mais urbanizado) geralmente apresenta as temperaturas mais elevadas. Todavia, é possível observar através do monitoramento microclimático dos Pontos experimentais, que o Ponto experimental 6, apesar de ter apresentado valores de temperatura acima da média geral para o período seco, ocupou a terceira posição em termos absolutos de temperaturas com relação aos demais (29,7°C), sendo considerado termicamente mais ameno do que os Pontos 7 (29,9°C), localizado no bairro do Sesi; e 5 (30,8°C) localizado em Tambay. Neste caso, outros pontos localizados em bairros da periferia da cidade de Bayeux - PB também apresentaram valores similares. Santos (2011) em seu trabalho realizado na cidade de João Pessoa - PB encontrou resultados semelhantes, pois os bairros afastados do centro da cidade – Manaíra, Cabo Branco e Bancários - foram os que apresentaram as maiores temperaturas do ar. O autor atribuiu este resultado às características físicas do ambiente de cada amostra experimental. No estudo verificou-se que os bairros mais urbanizados localizados na orla da cidade de João Pessoa apresentam as mais elevadas temperaturas.

Dessa forma, verificando os resultados dos Pontos de monitoramento observou-se que o mesmo aconteceu para a cidade de Bayeux - PB. As características do entorno, os diversos tipos de materiais de revestimento do solo e a rugosidade do lugar que permite o sombreamento e a “entrada” dos ventos Alísios de Sudeste no Ponto experimental 6 contribuíram para amenização da temperatura (em comparação aos Pontos 5 e 7 localizados na periferia da cidade), tomando como referências os demais Pontos.

Neste mesmo sentido, Silva Júnior et al. (2013) destacam que o sombreamento produzido pelas edificações é um dos fatores que amenizam a sensação de desconforto térmico de áreas urbanas, mesmo que estas áreas constituam o centro da cidade.

Analisando o Ponto experimental 7, verifica-se que o mesmo apresentou a segunda temperatura média mais elevada para o período seco da área de estudo. Este fato deve-se ao tipo de material de revestimento do solo encontrado nesse Ponto, o qual apresentou o maior percentual de cobertura do tipo telhados quando comparado aos demais (Tabela 4). Vale destacar, também, que tal amostra encontra-se próxima a área de influência climática de um manguezal, o que não foi suficiente para torná-la termicamente confortável visto a expressiva influência do tipo de revestimento do solo predominante no entorno da mesma.

No que diz respeito ao Ponto mais crítico para as médias de temperatura no período seco da área de estudo (Ponto experimental 5), Nimer et al. (1989) destacam que a porção litorânea do Nordeste brasileiro (onde se insere o município de Bayeux) é favorecida em termos climáticos pela atuação predominante dos ventos Alísios de Sudeste. Diante disso, observa-se que o Ponto experimental 5 é o menos favorecido em termos de ventilação quando comparado aos demais Pontos monitorados. Ele está localizado na porção Oeste do município, de modo que os ventos Alísios, antes de chegarem a tal Ponto experimental, enfrentam o efeito de balarvento devido a rugosidade do terreno na área de estudo. Além disso, o Ponto 5 apresentou o segundo maior percentual de cobertura de telhados (63,3%), associado ao maior percentual de asfalto (8,4%), sendo pouco favorecido por áreas verdes (2,8% de cobertura arbórea e 6,4% de cobertura herbácea, totalizando 9,2% de áreas verdes, o menor percentual encontrado dentre as demais amostras).

Outra questão importante de se avaliar na cidade de Bayeux é a influência da altitude sobre o clima, visto que a mesma se encontra disposta sobre dois planos altimétricos. Neste sentido, foi avaliada a variação de temperatura do ar nos Pontos de monitoramento em função da altitude a fim de verificar o nível de influência dessa variável sobre os totais de temperatura média do ar conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Relação entre altitude e temperatura do ar no período seco para a cidade de Bayeux – PB.

Ponto de monitoramento	Altitude (m)	Temperatura (°C)
Ponto 1	58	28,2
Ponto 2	56	28,9
Ponto 3	20	28,2
Ponto 4	19	28,8
Ponto 5	39	30,8
Ponto 6	11	29,7
Ponto 7	13	29,9
Ponto 8	15	27,9

Ayoade (1996) destaca que apesar do relevo exercer um papel atenuante da temperatura, esta variável diminui a uma taxa de cerca de 0,6°C a cada 100 metros de altitude. Porém, o Ponto mais elevado é o Ponto 1 que apresentou apenas 58 metros de altitude. Além disso, verifica-se, por exemplo, que o Ponto experimental 8 no período seco, com uma altitude de 15 m apresentou temperatura mais amena que o Ponto experimental 1 (o mais elevado dentre os demais). Outro destaque é o Ponto experimental 3 no período seco, com 20 m, que apresentou temperatura idêntica ao Ponto experimental 1 com altitude de 58 metros. Anomalias semelhantes no período seco também ocorreram nas análises binárias realizadas entre os Pontos experimentais 2-3; 2-4; 2-8; 3-5; 3-8; 4-5; 4-8; 5-6; 5-7; 5-8 e 6-7.

Neste sentido, é possível afirmar que a cidade de Bayeux não sofreu influências significativas na temperatura média do ar em função da altitude dos Pontos monitorados no período seco.

Avaliando a temperatura do ar ao longo das 12 semanas de monitoramento (Figura 39), observa-se que, no período seco, o Ponto experimental 5 sempre foi o que apresentou as maiores temperaturas do ar ao longo das semanas; em contrapartida os Pontos experimentais 1 e 8 apresentaram as menores temperaturas no comportamento semanal da temperatura do ar.

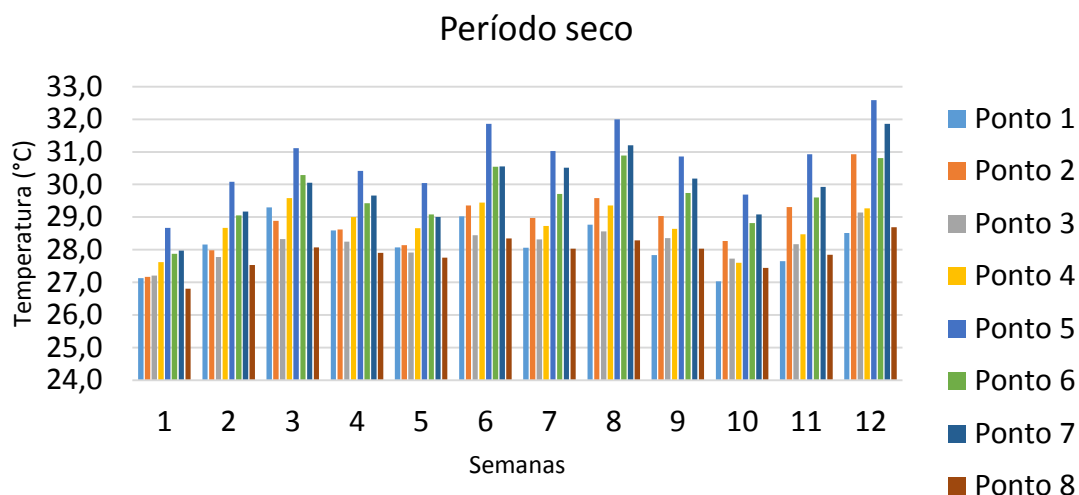


Figura 39. Temperatura média semanal no período seco para todos os Pontos experimentais.

Nesta análise, mais uma vez fica evidenciada a situação climática comprometida do Ponto 5, o que revela um cenário de desconforto experimentado pela população residente nesta área. Associa-se este resultado ao percentual elevado de cobertura do solo do tipo Telhados combinado com o ínfimo percentual de cobertura vegetal.

No que se refere a análise da temperatura para o comportamento horário – Figura 40 - pode-se dizer que o período crítico do dia em relação às temperaturas mais elevadas no período seco se estabelece entre às 11:00 e às 14:00 horas. Em contrapartida, para todos os Pontos experimentais do referido período, o horário com as temperaturas mais amenas ocorreu no início da manhã às 06:00 horas.

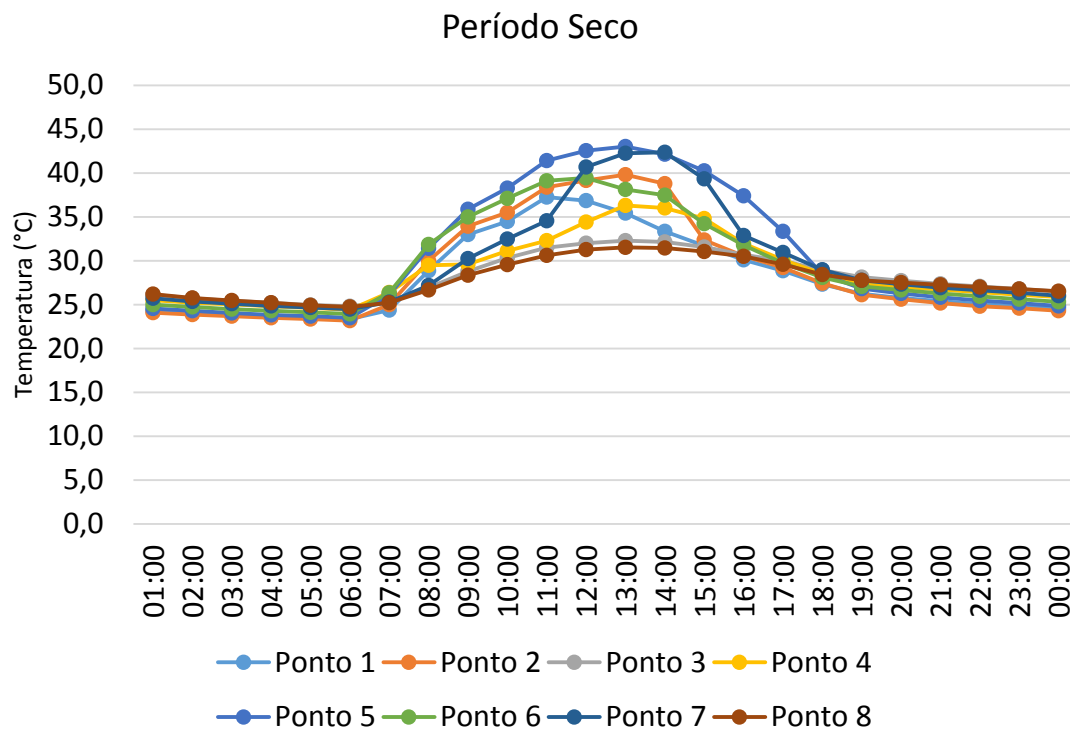


Figura 40. Análise horária da temperatura (°C) para todos os Pontos de monitoramento no período seco.

Através da análise mais detalhada dessa Figura é possível observar que seis dos oito Pontos experimentais atingiram as maiores temperaturas do ciclo diário na parte da tarde. Apenas o Ponto 1 atingiu esse marco ainda no horário da manhã. O Ponto 6 atingiu a temperatura mais crítica ao meio dia. Os referidos horários que apresentam os picos de temperatura média do ar são tidos como aqueles em que a população mais sofre com o desconforto térmico, pois neles os materiais de revestimento do solo com características termofísicas peculiares ao ambiente urbano atingem seu apce de aquecimento, revelando a influência do uso e recobrimento do solo na sensação térmica sentida pelos cidadãos.

Como todas as amostras apresentaram temperatura mínima às 06:00 horas, significa dizer que após este horário, todas passaram a apresentar um comportamento ascendente da temperatura média do ar, até atingirem a temperatura máxima, que representa o ponto de inflexão, após o qual as temperaturas passam a diminuir até atingir a temperatura mínima novamente. Percebe-se, com isso, que o Ponto 7 tem o

maior período de ascensão da temperatura (8 horas) e o Ponto 1 tem o menor período (5 horas) quando comparados aos demais.

Com isso, a amplitude térmica estabelecida através das temperaturas máximas e mínimas em cada Ponto experimental no período seco baseando-se no comportamento horário das temperaturas médias do ar variou de 6,7 °C (Ponto experimental 8) a 19,5 °C (Ponto experimental 5). Destaca-se que quanto maior a amplitude térmica, maior é a probabilidade da população estar se sentindo desconfortável, além de estar mais vulnerável a doenças respiratórias.

A situação climática da cidade no período seco é claramente observada na Figura 41 que apresenta a espacialização da temperatura média do ar encontrada em cada Ponto experimental na cidade de Bayeux. Tal imagem foi confeccionada com o auxílio de um software interpolador (Surfer 8.0) que efetuou a extrapolação dos dados de temperatura média do ar a fim de avaliar a situação climática do município como um todo.

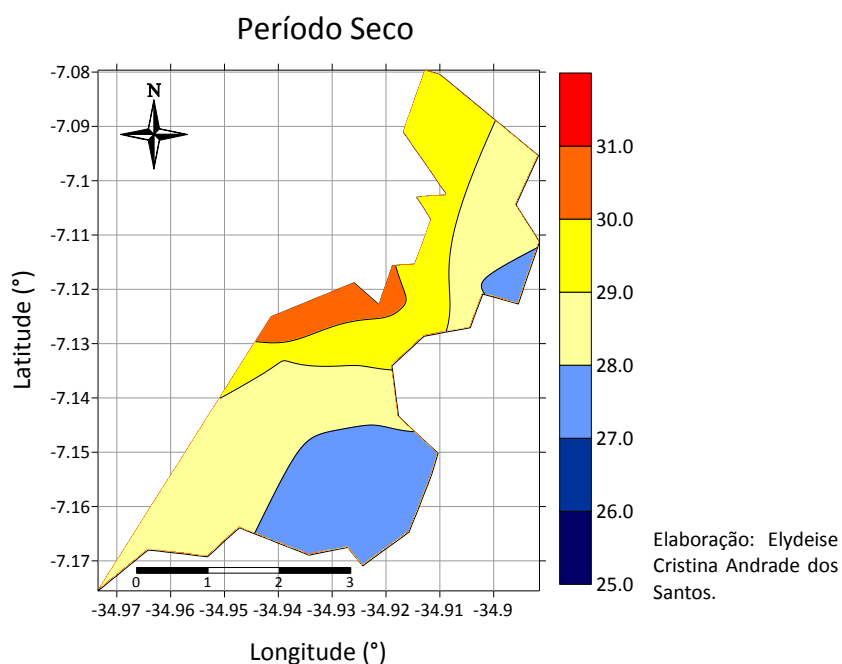


Figura 41. Espacialização da temperatura média do ar do período seco em Bayeux - PB.

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 a influência microclimática promovida 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 Sudeste no sentido de Leste para Oeste na cidade de Bayeux.

5.2.2.2. Avaliação da umidade relativa do ar

Para a cidade de Bayeux a umidade relativa do ar média estabelecida para o período seco foi de 76,6 % (Figura 42).

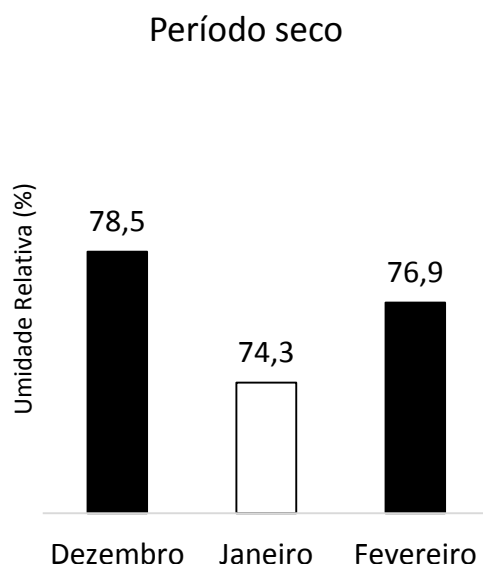


Figura 42. Avaliação da umidade relativa do ar mensal do período seco.

Ressalta-se que a umidade relativa do ar acima dos 70% torna o processo de evaporação mais lento, o que prejudica o controle da temperatura corporal através da transpiração, conforme a OMS.

Ayoade (1996) destaca que o conforto térmico humano é determinado mais pela umidade relativa do ar do que pela temperatura 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 alto percentual de umidade presente no ar.

Comparado ao gráfico da temperatura média (Figura 37) é possível constatar na Figura 42 que o nível de umidade relativa do ar é inversamente proporcional ao aumento das temperaturas (AYOADE, 1996) no período seco.

Do mesmo modo, ao analisar a umidade relativa de cada Ponto de monitoramento para o período seco – Figura 43 – nota-se que a umidade relativa do ar segue a tendência geral de que a mesma é inversamente proporcional a temperatura. Verifica-se também a influência dos percentuais dos diferentes tipos de uso e cobertura do solo nesses resultados, visto que os Pontos com maiores percentuais de áreas verdes apresentaram os maiores valores de umidade e, em contrapartida, os Pontos com baixo percentual de áreas verdes associados a altos percentuais de coberturas impermeáveis apresentaram os menores percentuais de umidade relativa do ar (Tabela 4).

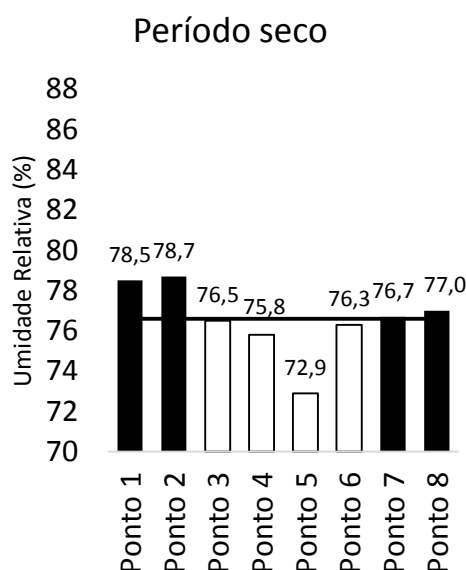


Figura 43. Umidade relativa do ar do período seco para todos os Pontos.

Todavia, o Ponto experimental 7, o qual apresentou a segunda maior temperatura acima da média, atingiu um percentual de umidade relativa do ar também acima da média estabelecida, o que, pela regra geral, seria uma anomalia, visto que a umidade relativa do ar é inversamente proporcional a temperatura, conforme Ayoade (1996). Contudo, não se deve desconsiderar o fato de que esta amostra experimental se encontra próxima a área de influência climática do manguezal, o que pode ter elevado a umidade relativa do ar devido ao processo de evapotranspiração.

A nível semanal, os percentuais de umidade relativa do ar são facilmente observados através da avaliação realizada para todos os Pontos experimentais (Figura 44).

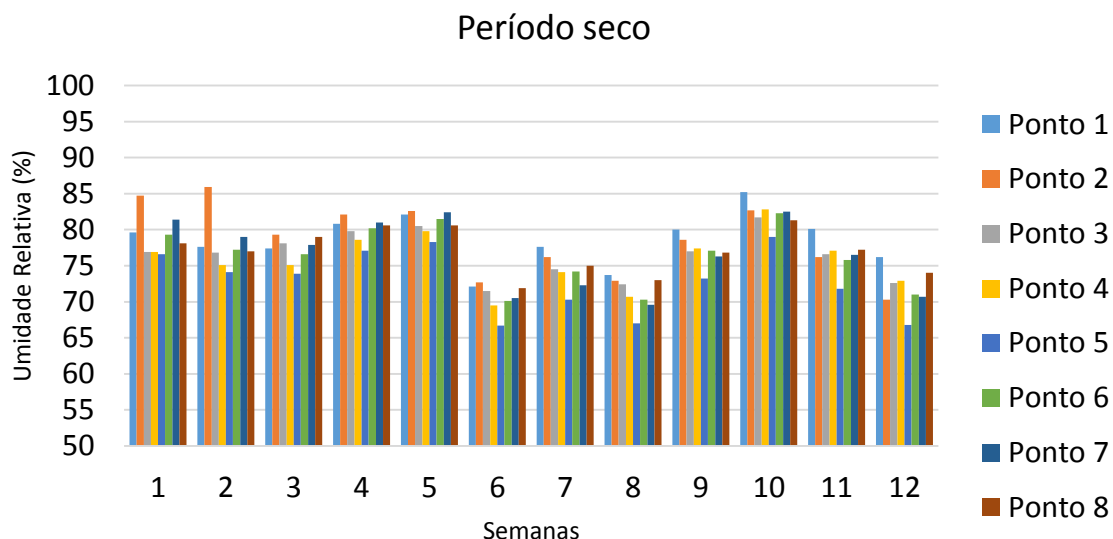


Figura 44. Umidade relativa do ar média semanal para todos os Pontos experimentais.

Através dessa Figura verificou-se que na semana 6 os Pontos experimentais 4 e 5 apresentaram percentuais de umidade relativa do ar de 69,5 e 66,7%, respectivamente; na semana 8 os Pontos experimentais 5 e 7 apresentaram percentuais de umidade relativa do ar de 67,0 e 69,6%, respectivamente, e; na semana 12 o Ponto experimental 5 apresentou percentual de umidade relativa de 66,8%, o que os deixou, nas citadas semanas, dentro da faixa recomendável pela OMS para o conforto humano (entre 40 e 70%). Todas as demais amostras apresentaram umidade relativa do ar acima dos 70%. Este resultado demonstra o efeito da maritimidade sobre os elevados percentuais de umidade relativa do ar mesmo no período seco.

Para melhor avaliar o comportamento da umidade relativa do ar na cidade de Bayeux foi realizada a avaliação horária dessa variável para o período seco (Figura 45).

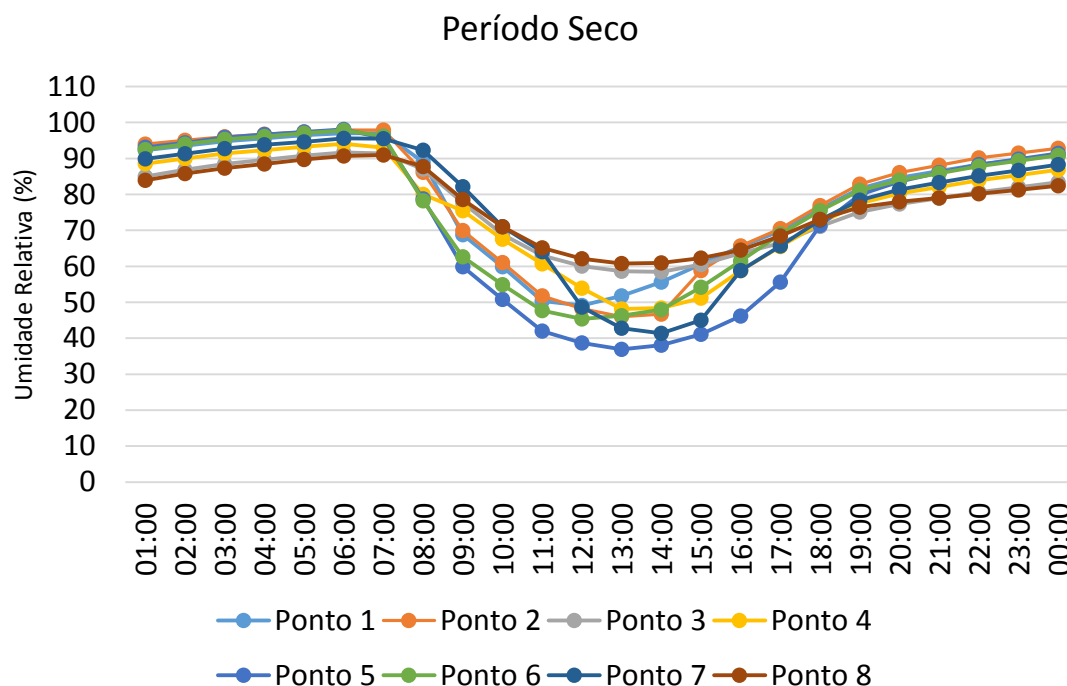


Figura 45. Análise horária da umidade relativa (%) para todos os Pontos de monitoramento no período seco.

No período seco os valores mínimos foram atingidos das 12:00 às 14:00 horas, sendo que o Ponto experimental 5 ficou abaixo da faixa recomendada pela OMS (entre 40 e 70%) no horário das 13:00 horas.

Quanto aos valores máximos de umidade relativa do ar, estes ocorreram das 06:00 as 07:00 horas, sendo que todos os Pontos experimentais apresentaram, mesmo no período seco, percentuais acima dos 90% neste intervalo horário, o que também é considerado inadequado para o conforto térmico humano, de acordo com a OMS. Estes valores elevados mais uma vez apontam para o efeito da maritimidade mesmo no período seco da área de estudo.

No caso do período seco, a situação é alarmante nos horários de temperatura máxima para todos os Pontos, visto os elevados valores de temperatura associados aos baixos percentuais de umidade relativa do ar, em especial o Ponto 5 que às 13:00 horas atingiu os 43 °C (Figura 40) com umidade relativa do ar em 36,9%, abaixo do que é recomendado pela OMS, tornando o ambiente quente, seco e insalubre.

5.2.2.3. Índice de Desconforto Térmico (IDT)

O Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT) consiste em uma ferramenta capaz de produzir uma medida equilibrada aceitável do grau de desconforto térmico para as várias combinações encontradas de temperatura e umidade relativa do ar (SANTOS et al., 2012).

A Tabela 6 apresenta os valores e Faixa de Classificação do IDT ajustados por Santos (2011) para cidades de clima tropical úmido, em cada Ponto encontrado no período seco.

Tabela 6. Índice de Desconforto Térmico de Thom para o período seco da cidade de Bayeux.

Pontos de monitoramento	Temperatura	Umidade	IDT	Nível de desconforto térmico
Ponto 1	28,2	78,5	26,6	Desconfortável
Ponto 2	28,9	78,7	27,2	Desconfortável
Ponto 3	28,2	76,5	26,4	Desconfortável
Ponto 4	28,8	75,8	26,9	Desconfortável
Ponto 5	30,8	72,9	28,4	Muito Desconfortável
Ponto 6	29,7	76,3	27,7	Desconfortável
Ponto 7	29,9	76,7	27,9	Desconfortável
Ponto 8	27,9	77,0	26,2	Desconfortável

Através da Tabela 6 pode-se verificar que todos os Pontos são classificados como Desconfortável, com exceção do Ponto experimental 5, o qual foi classificado como Muito Desconfortável, levando em consideração as médias de temperatura e umidade relativa do ar apresentadas por cada Ponto.

Ressalta-se que de acordo com Santos et al., (2012), o IDT é fortemente influenciado por fatores microclimáticos como o uso e cobertura do solo, o que indica, de forma geral, o excesso de materiais impermeáveis e com baixo albedo no recobrimento do solo urbano da área de estudo.

Por outro lado, no período seco, se levados em consideração os valores de temperatura do ar horários, os Pontos experimentais 1, 2, 5 e 6 são classificados como

Confortáveis em determinados horários do dia. O Ponto 8 foi o único que não recebeu classificação de Muito Desconfortável em nenhum horário do dia (Tabela 7).

Tabela 7. Índice de Desconforto Térmico de Thom das temperaturas horárias para o período seco da cidade de Bayeux.

Classificação do Índice de Desconforto Térmico								
Hora	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
01:00	23,9	23,8	25,2	24,8	24,2	24,6	25,1	25,2
02:00	23,7	23,6	24,9	24,6	24,0	24,4	24,9	24,9
03:00	23,6	23,5	24,7	24,5	23,8	24,2	24,7	24,7
04:00	23,5	23,4	24,6	24,4	23,7	24,1	24,5	24,5
05:00	23,4	23,2	24,4	24,2	23,6	24,0	24,4	24,3
06:00	23,2	23,0	24,3	24,1	23,4	23,8	24,2	24,2
07:00	24,2	24,9	24,9	25,9	25,8	26,1	25,0	24,7
08:00	28,0	28,8	26,0	27,8	29,4	29,8	26,7	25,9
09:00	29,8	30,7	27,0	27,5	31,1	30,8	28,7	26,7
10:00	30,1	31,0	27,6	28,2	31,8	31,5	29,6	27,1
11:00	31,0	32,1	28,0	28,5	32,8	32,0	30,6	27,5
12:00	30,6	32,1	28,2	29,4	33,1	32,0	33,3	27,8
13:00	29,9	32,3	28,3	30,1	33,1	31,2	33,5	27,9
14:00	28,7	31,7	28,1	29,9	32,7	30,9	33,4	27,8
15:00	28,0	28,3	27,9	29,3	31,9	29,3	31,8	27,6
16:00	27,1	27,5	27,4	28,0	30,6	28,1	28,7	27,4
17:00	26,5	26,8	27,1	27,1	28,7	27,1	27,8	27,0
18:00	25,6	25,8	26,7	26,3	26,3	26,3	26,8	26,4
19:00	25,0	25,0	26,3	25,9	25,5	25,8	26,2	26,1
20:00	24,8	24,8	26,1	25,7	25,2	25,6	26,0	25,9
21:00	24,6	24,5	25,9	25,5	24,9	25,4	25,8	25,8
22:00	24,4	24,3	25,7	25,4	24,8	25,2	25,6	25,7
23:00	24,2	24,1	25,5	25,2	24,6	25,0	25,5	25,5
00:00	24,1	23,9	25,4	25,1	24,3	24,8	25,3	25,4

	Confortável
	Parcialmente Confortável
	Desconfortável
	Muito Desconfortável

Percebe-se através desta análise horária que sete das oito amostras atingiram o nível mais crítico na classificação do IDT. Além disso, no horário do dia com as temperaturas mais amenas, apenas quatro das oito amostras foram classificadas como Confortáveis. Esta avaliação reflete os percentuais de uso e cobertura do solo mencionados na Tabela 4, de modo que as amostras com percentuais elevados de coberturas impermeáveis e baixos percentuais de áreas verdes apresentaram os resultados mais críticos, como é o caso da amostra 5, por exemplo. Estes resultados corroboram com aqueles encontrados por Santos (2011), o qual associou os níveis mais críticos do IDT aos percentuais de uso e cobertura do solo artificiais, impermeáveis e com um baixo albedo, inerentes ao ambiente urbano.

A situação climática preocupante pela qual a cidade de Bayeux tem passado apresenta uma ampla faixa de diferentes sensações térmicas experimentadas pelos cidadãos ao longo do dia.

5.2.2.4. Ilhas de calor

A condição de desconforto nos ambientes urbanos tem levado a uma série de prejuízos à saúde (SANTOS et al., 2011), econômicos, sociais e de qualidade de vida às comunidades urbanas (SHAMS et al., 2009).

Essa sensação de desconforto é provocada principalmente nas áreas mais afetadas pelo fenômeno das ilhas de calor urbano.

A formação da ilha de calor se dá pela presença de materiais de recobrimento do solo, como por exemplo, cimento, telhas, amianto, asfalto, etc., os quais apresentam a característica de armazenar energia térmica que é sentida pela população na forma de calor, conforme Coltri et al. (2007).

Neste sentido, a fim de identificar as áreas que apresentam ilhas de calor, bem como identificar suas intensidades, foi realizada a classificação das ilhas de calor, conforme observado na Tabela 8 para o período seco.

Ressalta-se que o Ponto experimental 1 foi utilizado como ponto de referência para o cálculo da ilha de calor, devido suas características físicas serem semelhantes às de um ambiente natural.

Tabela 8. Ilhas de calor nas amostras experimentais da área de estudo durante o período seco.

Ponto	Ilha de calor	Ilha de frescor	Classificação
Ponto 2/Ponto 1	0,7	-	Fraca Magnitude
Ponto 3/Ponto 1	0	-	Neutra
Ponto 4/Ponto 1	0,6	-	Fraca Magnitude
Ponto 5/Ponto 1	2,6	-	Média Magnitude
Ponto 6/Ponto 1	1,5	-	Fraca Magnitude
Ponto 7/Ponto 1	1,7	-	Fraca Magnitude
Ponto 8/Ponto 1	-	-0,3	Ilha de Frescor

Fonte: Classificação adaptada de García (1996).

Neste direcionamento, as análises binárias realizadas entre os Pontos experimentais 2-1, 4-1, 6-1 e 7-1 apresentaram ilhas de calor de Fraca Magnitude, com valores que vão de 0,7 a 1,7 °C. Já a análise entre os Pontos 5-1 foi classificada como uma ilha de Média Magnitude com valor de ilha de calor de 2,6 °C.

A análise entre o Ponto experimental 1 e o 3 foi classificada como Neutra, apesar da discrepância existente entre o uso e cobertura do solo das duas amostras. Contudo, vale ressaltar que o Ponto experimental 3 localiza-se na porção mais a Leste da cidade quando comparado aos demais Pontos experimentais, uma área relativamente aberta para a livre circulação dos ventos Alísios de Sudeste, o que pode ter equiparado os valores deste Ponto experimental ao Ponto experimental 1 de referência, no que se refere a variável temperatura média do ar.

Através da ilha de frescor apresentada pelo Ponto 8, é possível destacar, além da presença da vegetação, a existência de um corpo hídrico como excelente recurso de amenização climática. Contudo, é importante frisar que a ilha de frescor apresentada pelo Ponto 8 é proveniente de uma análise comparativa entre este e o Ponto experimental 1, o que não significa que as temperaturas do Ponto 8 tenham sido consideradas amenas e confortáveis ao ser humano, visto que tal amostra foi considerada termicamente desconfortável (ver Tabela 6).

O comportamento das temperaturas no ciclo horário do período seco é analisado na Tabela 9.

Tabela 9. Ilhas de calor horárias nas amostras experimentais da área de estudo durante o período seco.

Hora	Pontos 2-1	Pontos 3-1	Pontos 4-1	Pontos 5-1	Pontos 6-1	Pontos 7-1	Pontos 8-1
01:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
02:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
03:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
04:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
05:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
06:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
07:00	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
08:00	Fraca	Frescor	Fraca	Média	Média	Frescor	Frescor
09:00	Fraca	Frescor	Frescor	Média	Fraca	Frescor	Frescor
10:00	Fraca	Frescor	Frescor	Média	Média	Frescor	Frescor
11:00	Fraca	Frescor	Frescor	Forte	Fraca	Frescor	Frescor
12:00	Média	Frescor	Frescor	Forte	Média	Média	Frescor
13:00	Forte	Frescor	Fraca	Muito Forte	Média	Muito Forte	Frescor
14:00	Forte	Frescor	Média	Muito Forte	Forte	Muito Forte	Frescor
15:00	Fraca	Frescor	Média	Muito Forte	Média	Muito Forte	Frescor
16:00	Fraca	Fraca	Fraca	Muito Forte	Fraca	Média	Fraca
17:00	Fraca	Fraca	Fraca	Forte	Fraca	Média	Fraca
18:00	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
19:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
20:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
21:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
22:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
23:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
00:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca

Esta situação momentânea apresentada nas análises binárias dos Pontos 2-1, 3-1, 4-1, 7-1 e 8-1 classificados como Ilhas de Frescor, reflete o efeito térmico desempenhado por uma área de vegetação de grande porte adensada que eleva seu nível de evapotranspiração aprisionando calor em determinadas horas do dia, invertendo assim, o gradiente de temperatura em relação ao núcleo urbano. Assim, as ilhas de frescor encontradas no ciclo diário de alguns Pontos são resultantes do maior aquecimento do Ponto de referência em comparação aos referidos Pontos que apresentaram ilhas de frescor em determinados momentos do dia, o que não significa,

que os mesmos tenham apresentado temperaturas amenas e confortáveis, mas sim menores do que as do Ponto de referência temporariamente.

A análise realizada entre o Ponto 1 de referência e os Pontos 3 e 8 demonstra que estes Pontos são os que menos sofrem com os efeitos das ilhas de calor no período seco da cidade de Bayeux quando comparados aos demais Pontos, visto que suas classificações variaram de Ilha de Frescor à Ilha de Calor de Fraca Magnitude no ciclo diário. Em contrapartida, os Pontos 5 e 7 apresentaram os piores resultados, sendo registradas ilhas de calor classificadas como de Muito Forte Magnitude.

Estes resultados refletem os percentuais de uso e cobertura do solo da área de estudo, variável esta que, associada aos fatores macroclimáticos acabam por originar as ilhas de calor urbano, conforme Santos (2011).

Outro ponto a ser observado é que, apesar das ilhas de calor terem se manifestado, de forma geral, durante todo o ciclo diário, foram mais pronunciadas, em média, das 08:00 às 17:00, corroborando com Santos (2011) quando fala que as ilhas de calor no período seco se manifestam principalmente durante o dia (Figura 46).

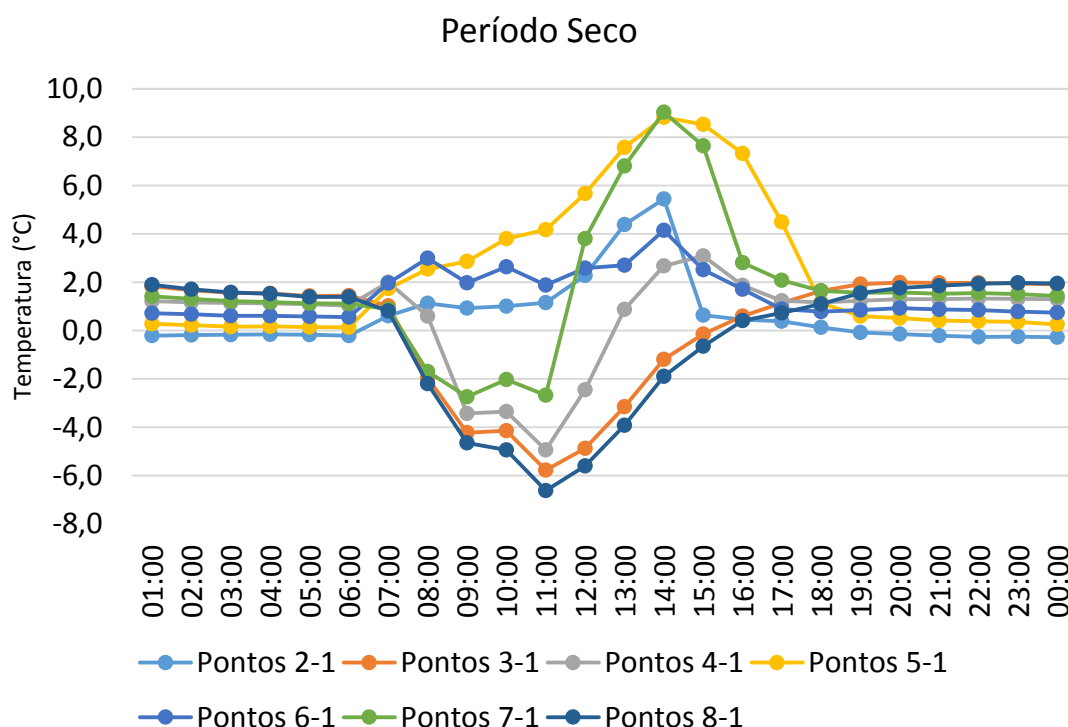
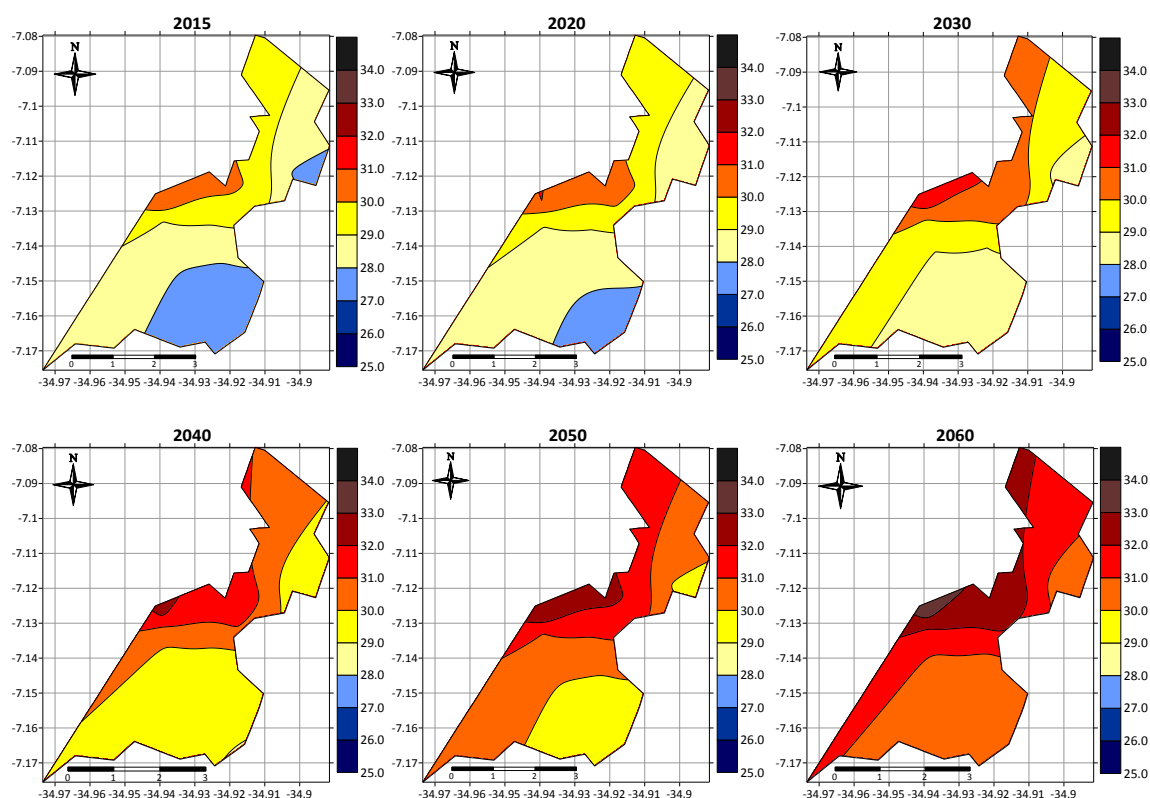


Figura 46. Comportamento gráfico das ilhas de calor horárias no período seco.

O que se observa em todas as análises binárias é que ao longo do dia há uma significativa variação na intensidade das ilhas de calor, proporcionando aos cidadãos diferentes sensações térmicas adversas ao longo do ciclo diário.

5.2.2.5. Projeções futuras de temperatura do ar

Diante de toda a problemática urbano-ambiental mediante o cenário climático atual da cidade de Bayeux, foram elaboradas 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. Especificamente, para o cenário mais assolador, projeta-se um aumento de até 4,8 °C nas temperaturas médias do ar, o que gera uma taxa de até 0,057 °C de aumento ao ano ou 0,57 °C por década, quando dividido o valor de 4,8 °C por 84 anos, levando em consideração o período compreendido entre 2016 e 2100. Neste sentido, foram confeccionados cenários de aumento na temperatura, a partir das projeções do IPCC, para as próximas cinco décadas: 2020, 2030, 2040, 2050 e 2060 para a cidade de Bayeux no período seco com acréscimo de 0,57°C por década, conforme observa-se na Figura 47.



Elaboração: Elydeise Cristina Andrade dos Santos.

Figura 47. Cenários futuros de temperatura média do ar para o período seco.

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.

O aumento das temperaturas para as décadas vindouras pode significar uma redução significativa na umidade relativa do ar no período seco, o que fará 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, conseqüentemente, sadia qualidade de vida para a população.

5.2.3. Período chuvoso

5.2.3.1. Avaliação da temperatura do ar

A avaliação do período chuvoso se estendeu de maio a julho de 2016, meses representativos desse período para a região.

Através da Figura 48 é possível observar o comportamento dos referidos meses no que se refere a temperatura média do ar.

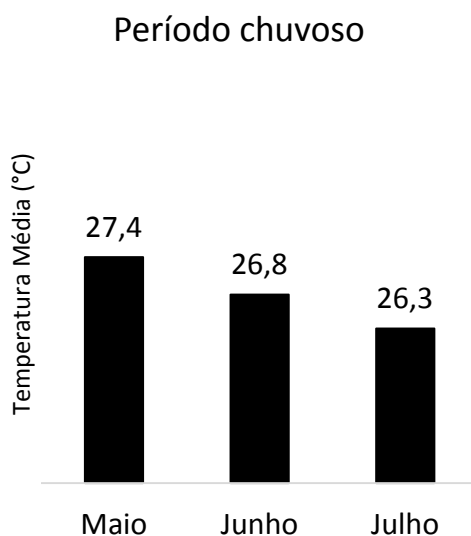


Figura 48. Avaliação da temperatura média mensal do período chuvoso.

Através desta Figura é possível observar um comportamento decrescente da temperatura média do ar, com o mês de maio apresentando os valores mais altos (média de 27,4 °C) e julho, o mês mais ameno (26,3 °C). A temperatura média do ar para o período chuvoso nos três meses analisados é de 26,8 °C.

Analisando os resultados de temperatura do ar, ao considerar todos os Pontos experimentais é possível avaliar o comportamento da referida variável climática dentro dos três meses do período chuvoso em cada Ponto de monitoramento (Figura 49).

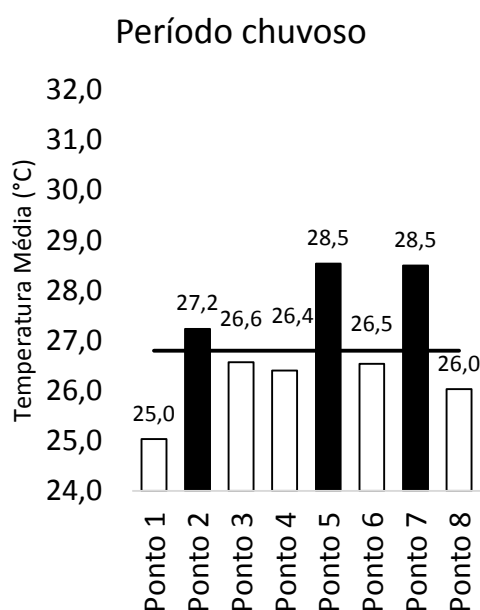


Figura 49. Temperatura média do período chuvoso para todos os Pontos experimentais.

Na análise dos dados, verifica-se que cinco dos oito Pontos apresentaram temperatura abaixo da média estabelecida para o período chuvoso da região: Ponto 1 (Jardim Aeroporto); Ponto 3 (Mário Andreazza); Ponto 4 (Imaculada); Ponto 6 (Centro) e; Ponto 8 (Baralho).

No caso dos Pontos 1 e 8, ambos apresentam importantes dispositivos de amenização climática (Mata do Xém-Xém e corpo hídrico, respectivamente) capazes de incrementar significativamente a umidade relativa do ar, variável determinante na sensação de conforto/desconforto térmico sentida pela população (AYOADE, 1996).

Semelhantemente, os Pontos 3 e 4 são favorecidos pelos ventos Alísios de Sudeste predominantes na região, de modo a reduzir os totais de temperatura média do ar no período chuvoso. É importante destacar que de abril a julho a Zona de Convergência

Intertropical (formada pela confluência dos Alísios de Nordeste e de Sudeste) se posiciona mais para o Sul, de modo a favorecer climatologicamente o Leste do Nordeste, constituindo-se no principal mecanismo de produção de chuvas nessa região no referido período (MOLION & BERNARDO, 2002) o que, conseqüentemente, contribui para a amenização dos totais de temperatura média do ar nos Pontos de monitoramento.

O Ponto 6, apesar de se configurar no centro da cidade, apresentou totais de temperatura do ar abaixo da média. Este resultado reflete a configuração espacial da referida amostra (rugosidade), a qual é composta por edificações que propiciam o sombreamento, além de contribuírem para a circulação dos ventos através de ruas largas. Corroborando com estes resultados, mais uma vez é importante fazer menção ao trabalho de Santos (2011) sobre o clima da cidade de João Pessoa – PB, no qual ressaltou que alguns bairros da periferia da cidade apresentaram valores de temperatura média do ar mais elevados do que o centro da cidade, devido aos diferentes tipos de uso e cobertura do solo e rugosidade encontrados em cada Ponto monitorado.

O Ponto 2 apresentou temperatura média do ar acima da média do período avaliado. Ressalta-se, que apesar de apresentar significativa cobertura vegetal, o seu percentual de classe de cobertura do solo do tipo telhado é bastante expressivo (Tabela 4) o que pode estar influenciando nos resultados. Resultado semelhante foi encontrado por Santos (2011) na cidade de João Pessoa onde o bairro dos Bancários, localizado nas adjacências de um significativo fragmento de mata Atlântica apresentou desconforto térmico local devido ao seu elevado percentual de coberturas impermeáveis e com características termofísicas propícias a retenção de calor.

Os Pontos experimentais 5 e 7 também apresentaram valores acima da média estabelecida no período chuvoso, sendo estes, considerados os Pontos mais críticos no que se refere às elevadas temperaturas, visto que, mesmo no período chuvoso apresentaram valores médios de temperatura considerados elevados em relação aos demais pontos e média do período. Atribue-se este resultado aos percentuais de uso e cobertura do solo do tipo telhado (Tabela 4) e a redução da cobertura vegetal nestas amostras experimentais que contribuem para o aumento da temperatura do ar mesmo no período chuvoso.

Com relação a variação da temperatura em função da altitude, os resultados encontrados para o período chuvoso podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10. Relação entre altitude e temperatura do ar no período chuvoso para a cidade de Bayeux – PB.

Ponto de monitoramento	Altitude (m)	Temperatura (°C)
Ponto 1	58	25,0
Ponto 2	56	27,2
Ponto 3	20	26,6
Ponto 4	19	26,4
Ponto 5	39	28,5
Ponto 6	11	26,5
Ponto 7	13	28,5
Ponto 8	15	26,0

Ressalta-se que para Ayoade (1996) o relevo exerce um papel atenuante sobre a temperatura média do ar, de modo que esta variável diminui a uma taxa de cerca de 0,6°C a cada 100 metros de altitude. Contudo, a maior altitude registrada entre os Pontos analisados é de 58 metros no Ponto 1.

Neste sentido, analisando a supracitada Tabela é possível citar anomalias no que se refere à relação de influência da altitude sobre a temperatura média do ar nas análises binárias realizadas nos ponto experimentais 2-3; 2-4; 2-6; 2,8; 3-4; 3-5; 3-6; 3-8; 4-5; 4-8; 5-6; 5-7; 5-8 e 6-7.

Tal comportamento demonstra que para a cidade de Bayeux, a variável altitude não tem significativa influência sobre a temperatura média do ar no período chuvoso. Infere-se que outras variáveis possam estar atuando com maior significância nos totais de temperatura média do ar, como por exemplo, o uso e cobertura do solo.

Na análise semanal, é possível observar na Figura 50 que no período chuvoso, o Ponto experimental 1 foi o que apresentou as menores temperaturas para todas as semanas e os Pontos 5 e 7 se revezaram com as temperaturas mais elevadas ao longo das semanas analisadas.

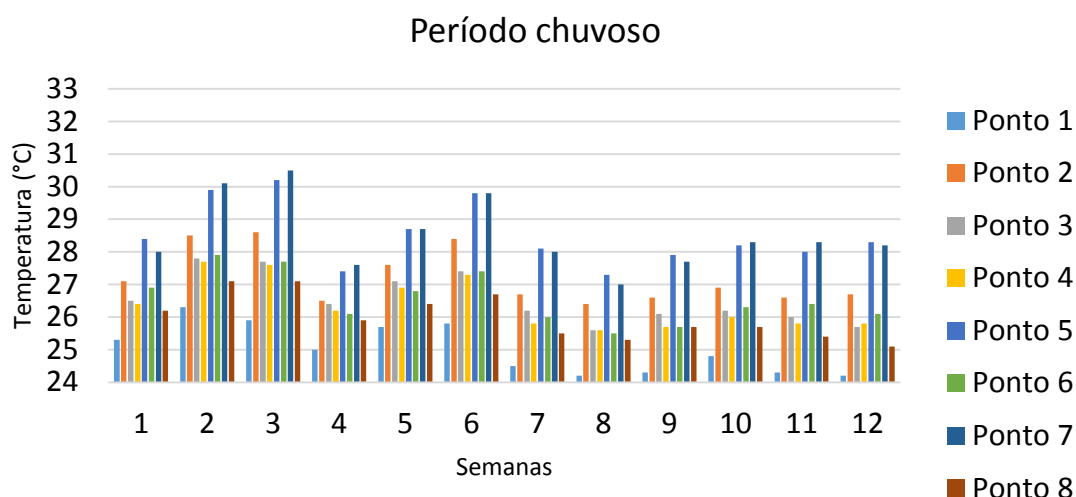


Figura 50. Temperatura média semanal no período chuvoso para todos os Pontos experimentais.

Tal comportamento revela a necessidade de se direcionar uma maior atenção para os Pontos 5 e 7 que, mesmo em face do período do ano com maior sombreamento provocado por nuvens e aumento da precipitação e consequente umidade relativa do ar, continuam a inspirar preocupação no que se refere as temperaturas mais elevadas.

Na análise horária da temperatura média do período chuvoso, a temperatura mínima varia das 04:00 às 06:00 horas e a máxima varia das 09:00 às 13:00 horas, como pode ser observado na Figura 51.

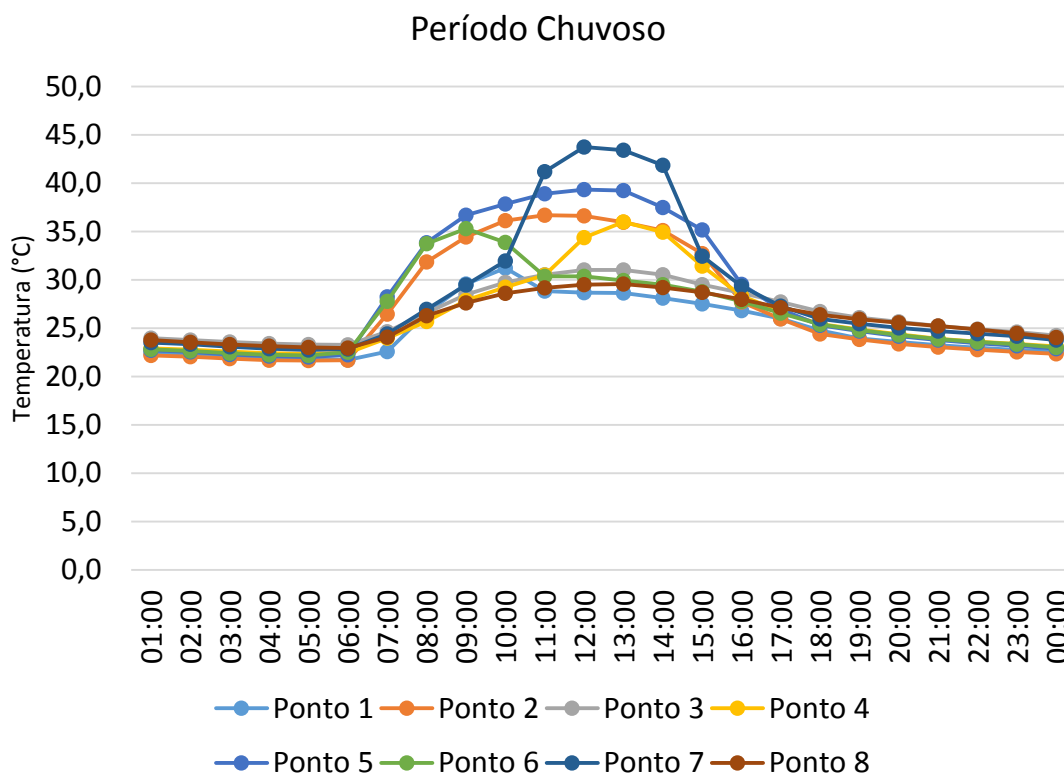


Figura 51. Análise horária da temperatura (°C) para todos os Pontos de monitoramento no período chuvoso.

A amplitude térmica no período chuvoso variou de 6,7 °C à 21,0 °C para os Pontos 8 e 7, respectivamente.

Essa faixa de amplitude térmica da temperatura experimentada pela população ao longo do dia, inspira cuidados na área da saúde, visto que esta realidade pode acarretar em problemas respiratórios, especialmente na parcela da população mais vulnerável: crianças e idosos.

Através dos dados de temperatura média do ar do período chuvoso foi realizada a extrapolação espacial desses dados a fim de que se possa melhor avaliar a situação da cidade no referido período (Figura 52).

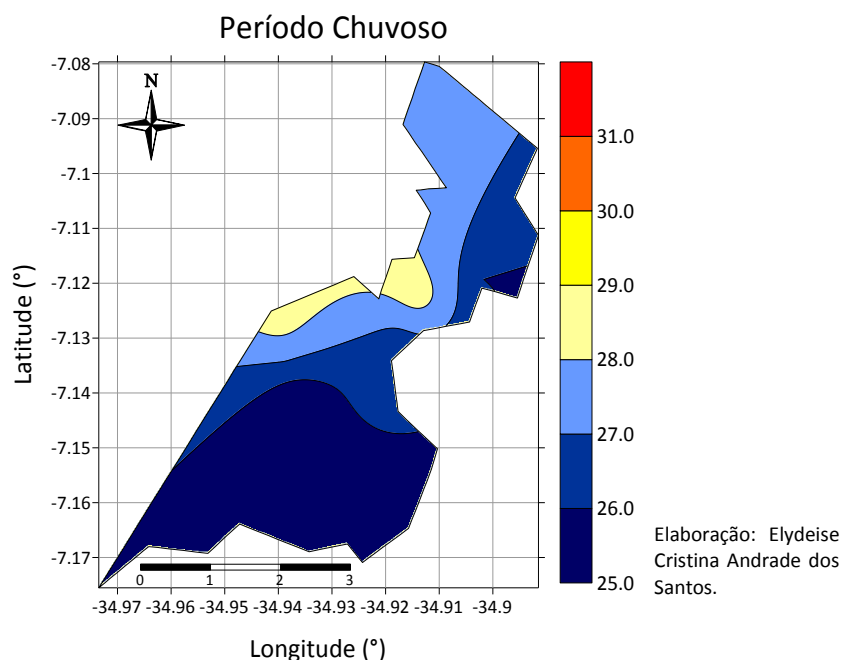


Figura 52. Espacialização da temperatura média do ar do período chuvoso em Bayeux - PB.

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.

5.2.3.2. Avaliação da umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar média para o período chuvoso foi de 80,9 %. O fato é que de acordo com a Organização Mundial de Saúde, a umidade do ar deve estar entre 40% e 70% para que se obtenha o conforto térmico humano. Acima ou abaixo desta faixa de variação de umidade o ambiente é considerado inadequado para o conforto térmico humano, podendo se tornar insalubre e propiciar problemas respiratórios para os cidadãos. Além disso, é preciso lembrar que as médias de temperatura do ar para o período chuvoso nos três meses analisados estão acima dos 26,0°C, o que pode agravar a situação climática local de modo a tornar o ambiente quente e úmido (Figura 53).

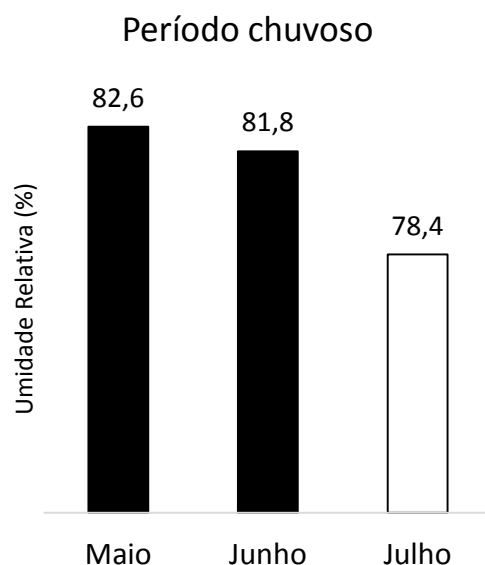


Figura 53. Avaliação da umidade relativa do ar mensal dos período chuvoso.

Para o período analisado observa-se um comportamento decrescente da umidade relativa do ar de maio a julho. Esta redução é um comportamento comum visto que as chuvas vão diminuindo gradativamente até o término do período chuvoso da região, o qual se concentra de abril a julho, de acordo com Molion & Bernardo (2002).

É possível observar claramente os totais de umidade relativa do ar elevados na análise realizada com todos os Pontos de monitoramento (Figura 54).

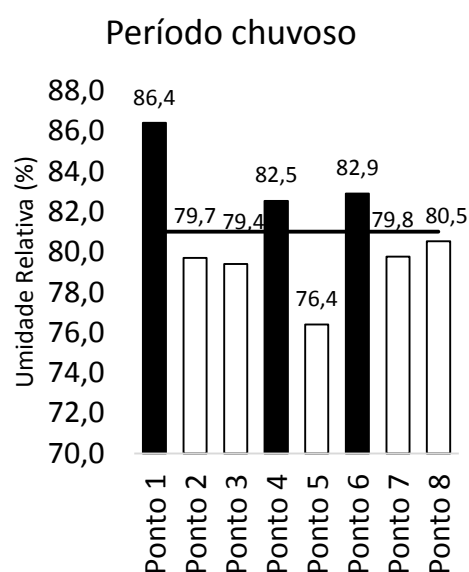


Figura 54. Umidade relativa do ar do período chuvoso para todos os Pontos.

Nesta análise, os Pontos 1, 4 e 6 apresentaram valores de umidade relativa do ar acima da média; e os demais, abaixo da média. Todavia, vale destacar que todos apresentaram valores acima do que é recomendado pela OMS para o conforto humano (entre 40 e 70%). Isso acontece devido ao efeito da maritimidade que se torna ainda mais pronunciado no período chuvoso.

A Figura 55 apresenta os percentuais de umidade relativa do ar durante as doze semanas monitoradas no período chuvoso.

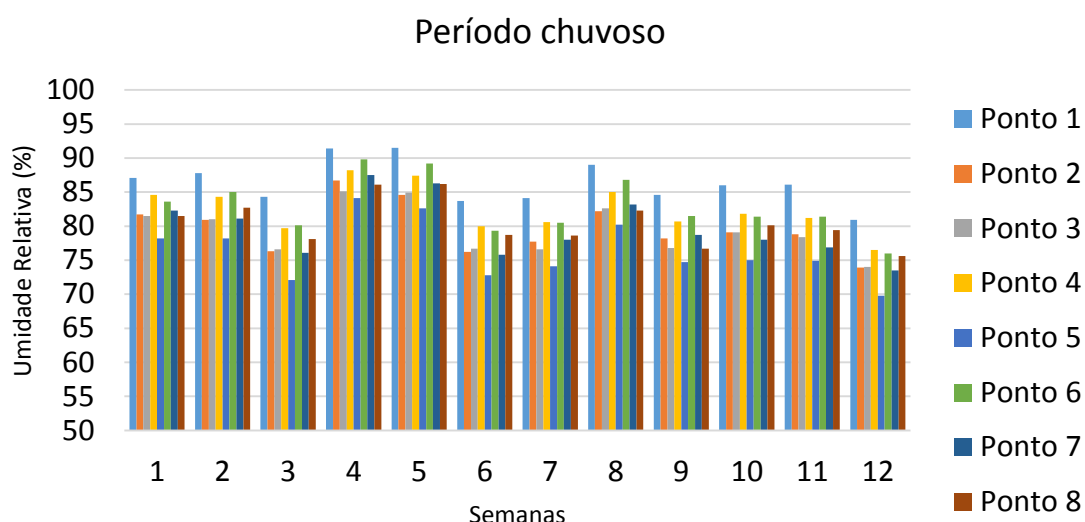


Figura 55. Umidade relativa do ar média semanal para todos os Pontos experimentais.

No período chuvoso, durante todas as semanas, os Pontos monitorados apresentaram valores de umidade relativa do ar acima dos 70%, ou seja, acima do que é recomendado pela OMS como ideal para o conforto humano, com destaque para o Ponto experimental 1 que apresentou os maiores percentuais em todas as semanas analisadas. Em contrapartida, o Ponto 5 apresentou os menores percentuais em todas as semanas analisadas. Este resultado está diretamente ligado aos percentuais de uso e cobertura do solo, que no Ponto 1 se mostrou com elevado percentual de áreas verdes, ao contrário do Ponto 5 que apresentou ínfimo percentual de áreas verdes, mas com elevado percentual de telhados e áreas impermeáveis.

O comportamento da análise horária da umidade relativa do ar no período chuvoso pode ser observada na Figura 56, a qual demonstra que os valores mínimos

foram atingidos das 10:00 às 13:00 horas. Neste caso, apenas o Ponto 7 apresentou valor de umidade relativa do ar abaixo do que é recomendado pela OMS.

Os valores máximos foram atingidos às 06:00 horas, com exceção do Ponto 1 que atingiu valor máximo de umidade relativa às 07:00 horas.

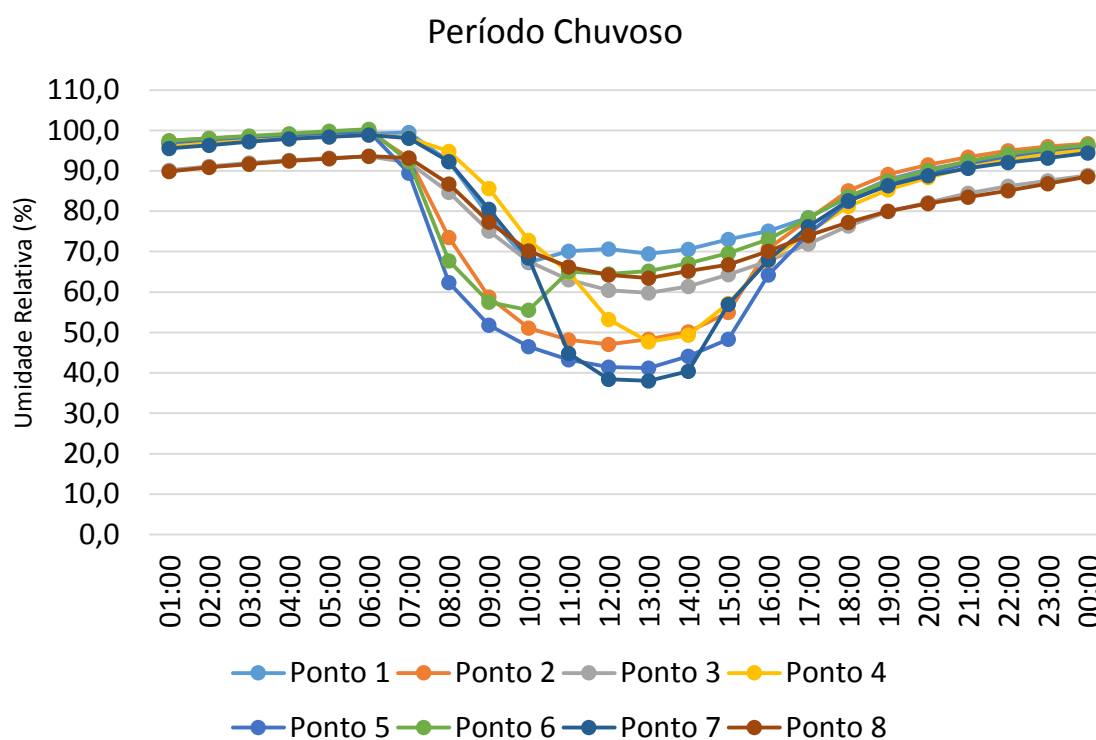


Figura 56. Análise horária da umidade relativa (%) para todos os Pontos de monitoramento no período chuvoso.

Ao cruzar tais dados com os de temperatura horária (Figura 51) nota-se que mesmo no período chuvoso a população encontra sensações térmicas desconfortáveis ao longo do dia, visto que, nos horários da umidade relativa do ar mínima, foram obtidas temperaturas a partir dos 29,6 °C (Ponto 8).

Destaca-se a situação alarmante do Ponto 7, que entre às 12:00 e às 13:00 horas atingiu 43,8 °C e 43,4 °C, respectivamente (Figura 51) com umidade relativa do ar de apenas 38,4% e 38,1%, respectivamente (abaixo do que é recomendado pela OMS). Isso contribui diretamente para o desconforto térmico da população.

5.2.3.3. Índice de Desconforto Térmico (IDT)

O Índice de Desconforto Térmico é uma ferramenta que permite produzir uma medida equilibrada aceitável do grau de desconforto térmico para as várias combinações encontradas de temperatura e umidade relativa do ar (SANTOS et al., 2012). Neste sentido, a Tabela 11 apresenta os valores e Faixa de Classificação do IDT, segundo Santos (2011), para os Pontos de monitoramento no período chuvoso.

Tabela 11. Índice de Desconforto Térmico de Thom para o período chuvoso da cidade de Bayeux.

Pontos de monitoramento	Temperatura	Umidade	IDT	Nível de desconforto térmico
Ponto 1	25,0	86,4	24,2	Parcialmente Confortável
Ponto 2	27,2	79,7	25,8	Parcialmente Confortável
Ponto 3	26,5	79,4	25,1	Parcialmente Confortável
Ponto 4	26,4	82,5	25,3	Parcialmente Confortável
Ponto 5	28,5	76,4	26,7	Desconfortável
Ponto 6	26,5	82,9	25,4	Parcialmente Confortável
Ponto 7	28,5	79,8	26,9	Desconfortável
Ponto 8	26,0	80,5	24,8	Parcialmente Confortável

Para a média do período os Pontos 1, 2, 3, 4, 6 e 8 foram classificados como Parcialmente Confortáveis e os Pontos 5 e 7 foram classificadas como Desconfortáveis.

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 que deveriam ocorrer em tal período. Contudo, o que se observa é que, com exceção do Ponto 1 (Ponto de referência) que obteve média de temperatura de 25,0°C, todos os demais apresentaram temperaturas a partir dos 26,0 °C, o que para Santos (2011) já é suficiente para se enquadrar na situação de desconforto. Assim, mesmo no período chuvoso (considerado o mais ameno da região), em nenhum Ponto foi encontrado IDT com a faixa de classificação Confortável.

Levando-se em consideração o comportamento horário da temperatura e umidade relativa do ar, observa-se que a amostra que apresentou a maior quantidade de horas do dia classificadas como Confortáveis foi o Ponto 1 (14 horas). Por outro lado,

os Pontos 2 e 5 apresentaram a maior quantidade de horas do dia classificadas como Muito Desconfortáveis (8 horas), conforme a Tabela 12.

Tabela 12. Índice de Desconforto Térmico de Thom das temperaturas horárias para o período chuvoso da cidade de Bayeux.

Classificação do Índice de Desconforto Térmico								
Hora	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8
01:00	22,2	22,1	23,5	22,7	22,6	22,7	23,3	23,3
02:00	22,1	22,0	23,3	22,7	22,5	22,6	23,2	23,1
03:00	22,0	21,8	23,2	22,5	22,2	22,4	22,9	22,9
04:00	21,9	21,7	23,0	22,3	22,1	22,2	22,8	22,8
05:00	21,8	21,6	23,0	22,3	22,0	22,2	22,7	22,7
06:00	21,7	21,7	23,0	22,4	22,3	22,5	22,8	22,6
07:00	22,6	26,0	24,2	23,9	27,4	27,2	24,3	23,7
08:00	26,1	29,3	25,6	25,4	29,8	30,3	26,4	25,4
09:00	27,8	29,9	26,6	26,8	30,8	30,4	27,9	26,0
10:00	28,2	30,3	27,0	27,0	31,0	29,1	28,9	26,3
11:00	26,5	30,4	27,3	27,4	31,3	27,3	33,1	26,5
12:00	26,4	30,2	27,4	29,3	31,3	27,3	33,9	26,6
13:00	26,3	29,9	27,4	29,8	31,2	27,0	33,6	26,5
14:00	25,9	29,4	27,1	29,2	30,4	26,8	32,9	26,4
15:00	25,6	28,2	26,6	27,4	29,3	26,4	28,2	26,1
16:00	25,1	25,6	26,1	25,9	26,6	25,8	26,7	25,8
17:00	24,6	24,6	25,7	25,0	25,2	25,1	25,6	25,3
18:00	23,8	23,6	25,1	24,3	24,3	24,4	24,9	24,9
19:00	23,3	23,3	24,8	24,0	24,0	24,1	24,6	24,7
20:00	23,1	23,0	24,6	23,7	23,6	23,8	24,4	24,5
21:00	22,9	22,7	24,3	23,4	23,4	23,5	24,2	24,3
22:00	22,7	22,5	24,1	23,2	23,1	23,3	24,0	24,0
23:00	22,5	22,4	23,9	23,1	22,9	23,1	23,8	23,7
00:00	22,4	22,2	23,6	22,9	22,7	22,9	23,5	23,4

	Confortável
	Parcialmente Confortável
	Desconfortável
	Muito Desconfortável

Mais uma vez fica evidente a relação do índice de recobrimento do solo nestes resultados, de modo que as áreas com os maiores percentuais de cobertura verde apresentaram os resultados mais agradáveis no que se refere ao conforto térmico, como é o caso do Ponto 1, por exemplo. Todavia, a situação climática comprometida da cidade de Bayeux ainda perdura mesmo no período chuvoso, visto que apenas os Pontos 3 e 8 não receberam classificação de Muito Desconfortável para nenhuma hora do dia. Contudo, os mesmos apresentaram um significativo período considerado termicamente Desconfortável. Esta situação é especialmente preocupante visto este se tratar do período chuvoso da área de estudo.

Logo, nota-se que as temperaturas elevadas registradas no período chuvoso associadas aos altos percentuais de umidade presente no ar acabam por tornar o ambiente quente e úmido.

5.2.3.4. Ilhas de calor

O termo ilha de calor (IC) se refere a uma anomalia térmica, cuja temperatura de superfície do ar urbano se caracteriza por ser superior a da vizinhança rural, podendo se manifestar em diferentes escalas, seja através de um “arquipélago” dentro da própria cidade, seja na diferença de temperatura entre a área urbana e rural, variando também temporalmente (COLTRI, et al., 2007).

A formação dessas ilhas é um dos fenômenos ocasionados pela ação antrópica através de transformações no campo térmico das cidades que tem comprometido cada vez mais a qualidade de vida dos cidadãos (SANTOS et al., 2012).

É importante esclarecer que, apesar desta denominação, este fenômeno também se manifesta no período chuvoso. Assim, diante da importância do monitoramento deste fenômeno, foi realizada a análise das ilhas de calor urbano para o período chuvoso da área de estudo (Tabela 13).

Tabela 13. Ilhas de calor nas amostras experimentais da área de estudo durante o período chuvoso.

Ponto	Ilha de calor	Ilha de frescor	Classificação
Ponto 1/Ponto 2	2,2	-	Média Magnitude
Ponto 1/Ponto 3	1,5	-	Fraca Magnitude
Ponto 1/Ponto 4	1,4	-	Fraca Magnitude
Ponto 1/Ponto 5	3,5	-	Média Magnitude
Ponto 1/Ponto 6	1,5	-	Fraca Magnitude
Ponto 1/Ponto 7	3,5	-	Média Magnitude
Ponto 1/Ponto 8	1,0	-	Fraca Magnitude

Para o referido período não foi detectada a presença de nenhuma ilha de frescor como é possível observar na supracitada Tabela. As ilhas de calor foram classificadas de Fraca a Média Magnitude, com valores que vão de 1 °C a 3,5 °C levando em consideração o Ponto 1 de referência.

Por outro lado, considerando as temperaturas horárias no período chuvoso foram encontrados valores bem mais expressivos de ilhas de calor, como observado na Tabela 14.

Tabela 14. Ilhas de calor horárias nas amostras experimentais da área de estudo durante o período chuvoso.

Hora	Ponto 2-1	Ponto 3-1	Ponto 4-1	Ponto 5-1	Ponto 6-1	Ponto 7-1	Ponto 8-1
01:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
02:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
03:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
04:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
05:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
06:00	Neutra	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
07:00	Média	Média	Fraca	Forte	Forte	Fraca	Fraca
08:00	Forte	Neutra	Frescor	Muito Forte	Muito Forte	Fraca	Frescor
09:00	Forte	Frescor	Frescor	Muito Forte	Forte	Frescor	Frescor
10:00	Forte	Frescor	Frescor	Muito Forte	Média	Fraca	Frescor
11:00	Muito Forte	Fraca	Fraca	Muito Forte	Fraca	Muito Forte	Fraca
12:00	Muito Forte	Média	Forte	Muito Forte	Fraca	Muito Forte	Fraca
13:00	Muito Forte	Média	Muito Forte	Muito Forte	Fraca	Muito Forte	Fraca
14:00	Muito Forte	Média	Muito Forte	Muito Forte	Fraca	Muito Forte	Fraca
15:00	Forte	Fraca	Média	Muito Forte	Fraca	Forte	Fraca
16:00	Fraca	Fraca	Fraca	Média	Fraca	Média	Fraca
17:00	Neutra	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
18:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
19:00	Frescor	Média	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
20:00	Frescor	Média	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
21:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
22:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
23:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca
00:00	Frescor	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca	Fraca

Mesmo no período chuvoso, fica evidenciado o efeito térmico provocado por uma área densamente vegetada (Ponto 1 de referência), de modo que ocorre uma intensificação no processo de evapotranspiração, o que favorece o aprisionamento de calor próximo a superfície, tornando o ar sobre essa área mais aquecido do que as áreas adjacentes, de modo a dar origem às ilhas de frescor.

De forma geral, Silva (2014) em seu trabalho acerca da influência da cobertura do solo sobre a temperatura de superfície da cidade de Curitiba, destaca que a intensidade da ilha de frescor está ligada a existência de espaços verdes. Em contrapartida destaca que a intensidade da ilha de calor está ligada aos períodos de exposição a intensidades altas de insolação da superfície urbana.

Alvarenga & Sales (2014) enfatizam dentre os problemas causados pela presença das ilhas de calor, o desconforto térmico humano, problemas de saúde, elevação na demanda de energia elétrica e aumento da poluição do ar.

Neste sentido, observa-se que o horário mais propício a tais efeitos vai, principalmente, das 07:00 às 16:00 horas (Figura 57). Santos (2011) relata que no período chuvoso as ilhas de calor se pronunciam principalmente à noite. Contudo, na cidade de Bayeux observa-se que as ilhas de calor se revelam durante todo o ciclo diário, porém, com maior intensidade no período diurno. Este fato revela a característica termofísica dos materiais de revestimento do solo, bem como as elevadas temperaturas que foram registradas mesmo no período chuvoso, fazendo com que as ilhas de calor de inverno se comportassem de maneira semelhante às do período seco, com a ressalva de serem ainda mais intensas do que as do período seco.

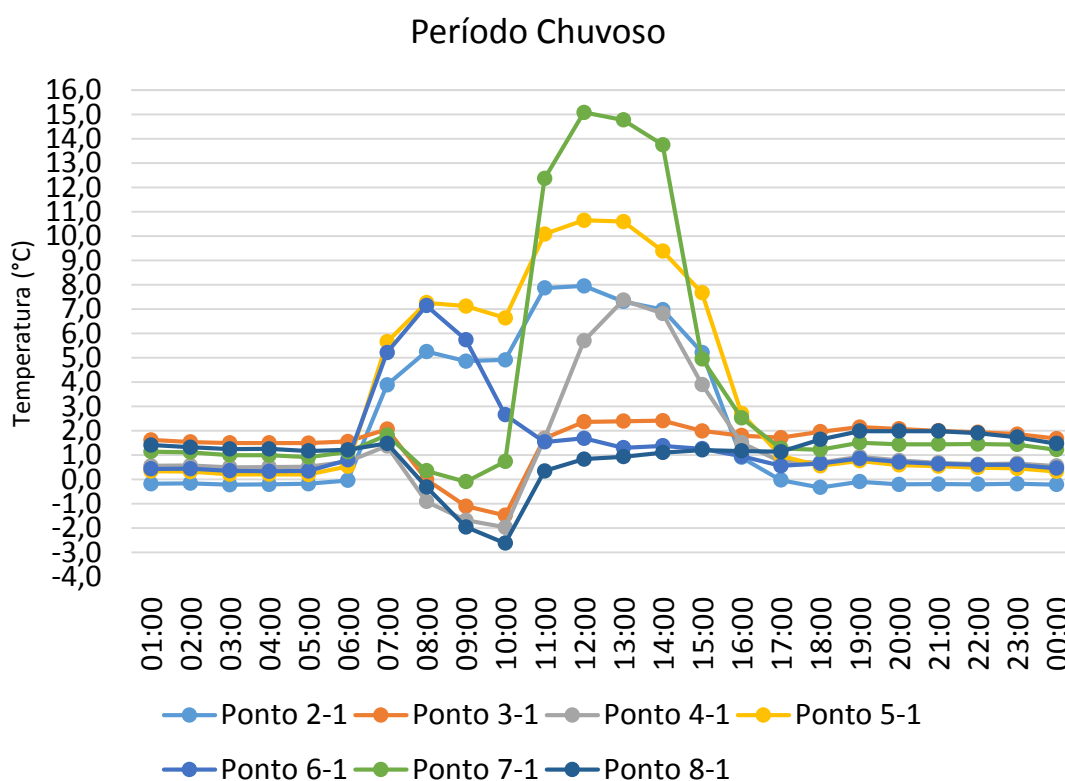


Figura 57. Comportamento gráfico das ilhas de calor horárias no período chuvoso.

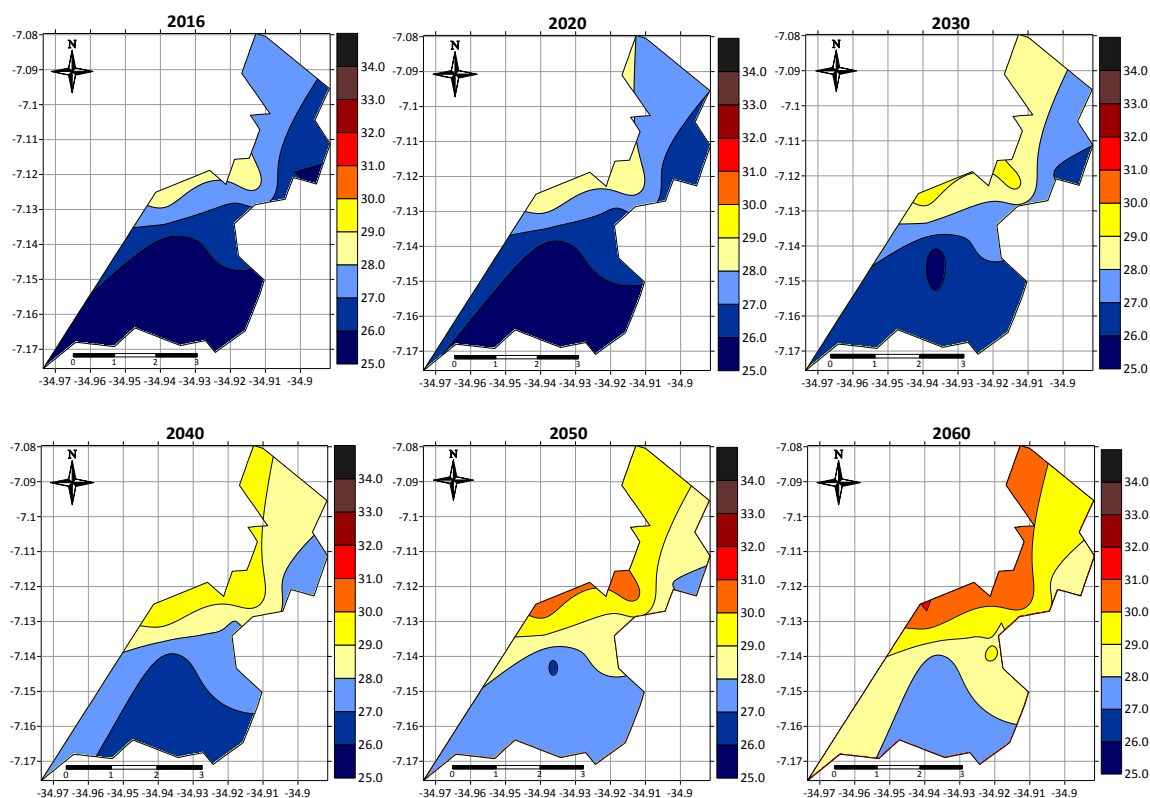
Neste sentido, infere-se que caso a cidade de Bayeux – PB continue a se expandir de forma desordenada, sem qualquer preocupação em tomar medidas de amenização

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.

5.2.3.5. Projeções futuras de temperatura do ar

Diante do exposto, percebe-se que mesmo em se tratando do período chuvoso, a situação climática da cidade de Bayeux inspira cuidados no que se refere ao seu campo térmico.

Neste sentido, foram elaboradas projeções para os 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. Especificamente, para o cenário mais assolador, projeta-se um aumento de até 4,8 °C nas temperaturas médias do ar, o que gera uma taxa de até 0,057 °C de aumento ao ano (ou 0,57 °C por década), valor este que foi utilizado nas projeções levando em consideração o período compreendido entre 2016 e 2100. Neste sentido, foram confeccionados cenários de aumento na temperatura do ar para as próximas cinco décadas: 2020, 2030, 2040, 2050 e 2060 para a cidade de Bayeux no período chuvoso, conforme observa-se na Figura 58.



Elaboração: Elydeise Cristina Andrade dos Santos.

Figura 58. Cenários futuros de temperatura média do ar para o período chuvoso.

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.

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.

5.2.4. *Análise comparativa: períodos seco e chuvoso*

5.2.4.1. Avaliação da temperatura do ar

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. Verificou-se que o aumento da umidade relativa do ar através da precipitação é diretamente proporcional ao declínio da temperatura na área de estudo. Contudo, vale salientar que a redução da temperatura no período chuvoso não foi suficiente para torná-lo termicamente agradável.

Neste sentido, foi pertinente analisar todas as amostras experimentais da área de estudo durante os dois períodos climáticos monitorados – seco e chuva - 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 na temperatura média, promovida pelo efeito térmico amenizador da precipitação sobre as temperaturas do ar. Assim, os valores encontrados no período chuvoso, apesar de mais amenos do que aqueles encontrados no período seco, são considerados elevados para o período chuvoso, uma vez que para Santos (2011) a sensação de desconforto térmico humano em cidades de clima tropical é alcançada com temperaturas a partir dos 26,0°C.

A análise comparativa dos dados de temperatura referentes aos dois períodos investigados apontam que do período seco para o chuvoso houve redução de 3,2 °C no Ponto experimental 1; no Ponto experimental 2 houve redução de 1,7 °C; no Ponto experimental 3 a redução foi de 1,6 °C; no Ponto experimental 4 essa redução foi de 2,4 °C; no Ponto experimental 5 houve redução de 2,3 °C; no Ponto experimental 6 a redução foi de 3,2 °C; no Ponto experimental 7 essa redução foi de 1,4 °C e no Ponto experimental 8 a redução foi de 1,9 °C. Assim, as reduções de temperatura média do ar do período seco para o chuvoso foram mais expressivas nos Pontos 1 e 6, e menos

expressivas no Ponto 7. Tais resultados estão diretamente associados aos diferentes tipos de uso e cobertura do solo das diferentes amostras experimentais.

No que se refere a influência da altitude sobre a temperatura do ar para ambos os períodos analisados, verificou-se que na cidade de Bayeux não houve significativa relação entre ambas as variáveis, ou seja, a altitude não exerceu influência sobre a temperatura nos Pontos monitorados, já que para Ayoade (1996), tal influência só é perceptível em áreas com altitudes de pelo menos 100 metros.

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 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.

Na análise semanal da temperatura média do ar, de forma geral, pode-se afirmar que no período seco todos os Pontos apresentaram valores de temperatura do ar elevados em todas as semanas analisadas, partindo dos 27 °C, exceto o Ponto experimental 8 na semana 1 que atingiu 26,8 °C (o que ainda é considerado elevado). Já no período chuvoso, apenas nas primeiras quatro semanas a maioria dos Pontos apresentou valores acima dos 27 °C, apresentando um comportamento decrescente das temperaturas ao longo das doze semanas, de modo que nas últimas quatro semanas, apenas as amostras 5 e 7 ultrapassaram os 27 °C. Este comportamento aponta para a amenização climática da cidade no mês de julho devido a influência dos totais pluviométricos que vem exercendo influência no ambiente ao longo de todo o período chuvoso.

Observando-se a análise horária da temperatura do ar em ambos os períodos de monitoramento miclimático observa-se que os Pontos 5 e 7 inspiram maior preocupação com relação as temperaturas máximas que ultrapassaram os 40 °C no período seco, bem como no período chuvoso (Ponto 7).

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.

5.2.4.2. Avaliação da umidade relativa do ar

O que causa maior preocupação no período seco é que temperaturas do ar elevadas associadas a totais de umidade relativa do ar também elevados podem tornar o ambiente ainda mais insalubre. Neste sentido, foi evidenciado acerca da umidade relativa do ar, de forma geral, que em ambos os períodos analisados os valores de umidade relativa do ar ficaram acima do que é recomendado pela OMS para o conforto térmico humano (entre 40 e 70%).

Por outro lado, a umidade relativa do ar mais elevada no período chuvoso também inspira cuidados visto que neste período, apesar de as temperaturas do ar registradas terem sido inferiores às do período seco, não é possível dizer que foram amenas na média de cada Ponto monitorado. Esta realidade pode tornar o ambiente quente e úmido.

Em síntese, os maiores percentuais de umidade relativa do ar no período seco foram alcançados pelos Pontos que apresentaram os maiores percentuais de cobertura vegetal, a saber: Ponto 1 (Jardim Aeroporto), Ponto 2 (Alto da Boa Vista) e Ponto 8 (Baralho) no período seco. Em contrapartida, neste mesmo período, o menor percentual de umidade relativa do ar foi apresentado pelo Ponto 5, 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 os Pontos experimentais 1, 4 e 6. Por outro lado, o Ponto experimental

5, semelhante a análise das amostras para o período seco, também apresentou o menor percentual de umidade relativa do ar quando comparada às demais amostras.

Semanalmente, quase todas as amostras apresentaram valores acima dos 70% de umidade relativa do ar, com exceção das amostras 4 e 5 (semana 6), 5 e 7 (semana 8) e 5 (semana 12) no período seco; e da amostra 5 (semana 12) no período chuvoso, as quais se apresentaram com valores dentro da faixa considerada como ideal pela OMS.

É possível notar também a variabilidade no nível de umidade relativa do ar ao longo do dia através da análise horária de ambos os períodos analisados, 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).

5.2.4.3. Índice de Desconforto Térmico (IDT)

A junção dessas duas variáveis (temperatura média do ar e umidade relativa do ar) permite a realização do cálculo do Índice de Desconforto Térmico sentido pela população. Assim, o que se observou no período seco foi que a combinação de temperaturas elevadas com percentuais de umidade relativa do ar também elevados (já que o efeito da maritimidade pode tornar o ar úmido mesmo no período seco) tornou o ambiente, como um todo, insalubre e desconfortável para a população, com destaque para o Ponto experimental 5 que apresentou os piores resultados. Esta realidade não mudou significativamente no período chuvoso, já que nenhuma das amostras foi considerada Confortável, o que aponta para a forte influência dos materiais de revestimento do solo urbano sobre estes resultados, de modo que o aumento da precipitação inerente ao período chuvoso não foi suficiente para tornar o ambiente termicamente agradável.

No que diz respeito a avaliação horária das amostras experimentais, verificou-se que no período seco todos os Pontos apresentam classificações preocupantes de IDT praticamente o dia inteiro, sendo que o período mais crítico se estende das 07:00 às 20:00 horas. Já no período chuvoso o período crítico é ainda mais extenso: das 07:00 às

22:00 horas. A partir deste horário até às 06:00 da manhã os Pontos monitorados foram classificados como Confortáveis.

5.2.4.4. Ilhas de Calor

A variação de temperatura no tempo e no espaço acaba por originar o fenômeno das ilhas de calor, as quais, no período chuvoso, foram mais expressivas do que àquelas encontrados no período seco da cidade de Bayeux em termos de valores absolutos (médias de cada Ponto experimental).

É válido ressaltar que houve redução da temperatura média do ar no período chuvoso em comparação ao período seco.

Todavia, no período chuvoso a temperatura do Ponto de referência reduziu de forma mais significativa quando comparada a redução de temperatura desse Ponto no período seco, fazendo com que a amplitude térmica entre o Ponto de referência e os demais Pontos espalhados no espaço intraurbano fosse maior no período chuvoso, o que acabou por caracterizar as ilhas mais intensas no período chuvoso,

Este fato pode estar relacionado a expressiva influência da precipitação na amenização climática de áreas vegetadas. No período seco devido ao baixo índice pluviométrico a amenização da temperatura nessas áreas vegetadas é menor. Assim, áreas com características semelhantes às de um ambiente natural como no caso do Ponto 1 tomado como de referência podem reduzir a temperatura mais facilmente mediante o aumento da precipitação e sombreamento produzido por nuvens. Isso faz com que a amplitude térmica entre o Ponto de referência e cada uma das demais amostras espalhadas no espaço intraurbano seja maior no período chuvoso do que no período seco, já que no período chuvoso o Ponto de referência reduziu a temperatura mais significativamente do que no período seco, fazendo com que as ilhas de calor de inverno fossem mais expressivas do que as do período seco.

Resultados semelhantes foram encontrados por Coltri et al. (2007), em sua análise realizada na cidade de Piracicaba (SP), na qual as ilhas de calor de inverno foram mais expressivas do que no outono. Para explicar tal resultado, estes autores reforçam que as estações do ano não tem significativa influência nas ilhas de calor de cidades de

pequeno e médio porte, mas que tal influência é exercida pelo uso e recobrimento do solo que tem incidência direta sobre o microclima local. Eles ressaltam a importante influência das áreas verdes na intensidade das ilhas de calor.

De modo similar, na análise horária as ilhas de calor no período chuvoso também foram bem mais expressivas do que as do período seco, reforçando ainda mais a ideia de que a maior precipitação do período chuvoso favorece uma maior amenização climática de áreas bem arborizadas, como no caso do Ponto 1 de referência, visto que o resultado da ilha de calor é proveniente da subtração dos valores de temperatura encontrados em diferentes Pontos da cidade com características inerentes ao meio urbano pelos valores encontrados no Ponto de referência, com características físicas semelhantes às de um ambiente natural.

Isso significa que cidades que apresentem uma cobertura verde significativa e bem distribuída no espaço intraurbano tendem a apresentar ilhas de calor mais amenas, visto que essa vegetação tornaria o microclima dos espaços intraurbanos próximos ou semelhantes ao do entorno da cidade com características naturais.

5.2.4.5. Projeções futuras de temperatura do ar

Por fim, com relação às projeções futuras de aumento na temperatura média do ar de ambos os períodos percebe-se uma tendência à 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 refletem os percentuais de 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.

6. Considerações finais

1. A cidade de Bayeux - PB apresenta alterações no seu campo térmico com resultados que apontam para cuidados específicos em alguns setores da cidade. Os resultados demonstram que os pontos experimentais 5 e 7 (localizados nos bairros de Tambay e Sesi, respectivamente) apresentam os resultados mais críticos, no que diz respeito, as elevadas temperaturas com a formação de ilhas de calor e consequentemente desconforto térmico. Esta realidade sugere urgência na implantação de medidas que visem o planejamento urbano e ambiental da cidade;
2. Os dois planos altimétricos da cidade não apresentaram efetiva influência sobre os resultados dos valores de temperatura média do ar, de modo que os principais fatores que determinam as condições do clima urbano da cidade de Bayeux estão diretamente relacionados as diferentes formas de uso e cobertura do solo.
3. Os dois importantes dispositivos de amenização climática, mata do Xém-Xém e manguezal, no entorno do ambiente urbano, não são suficientes para proporcionar a melhoria climática da cidade que apresenta excesso de material de revestimento impermeável e baixo albedo, além da má distribuição da cobertura vegetal no espaço intraurbano da malha urbana. Dessa forma, são necessárias medidas urgentes no que tange a arborização urbana e sua distribuição.
4. Todos os Pontos experimentais, em média, no que se refere a umidade relativa do ar, apresentaram valores acima daqueles ideais ao conforto humano sugeridos pela OMS (entre 40 e 70%) em ambos os períodos, o que aponta para o efeito da maritimidade que prevalece durante o ano inteiro. Estes valores elevados associados às temperaturas elevadas registradas na cidade de Bayeux (inclusive no período chuvoso) tornam o ambiente termicamente desconfortável.
5. 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 (na média de cada Ponto monitorado) para os cidadãos em ambos os períodos de monitoramento: seco e chuvoso.

6. A presença de ilhas neutras e ilhas de frescor em alguns pontos da cidade de Bayeux não supera o fato de que toda a cidade encontra-se com o clima comprometido de maneira adversa, visto que essa classificação retrata apenas o resultado de uma comparação entre diferentes Pontos experimentais. Além disso, vale destacar que estas ilhas são ainda mais expressivas no período chuvoso do que no período seco.
7. 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.
8. 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;
9. 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 associada ao planejamento urbano e ambiental.

7. Referências

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). **Ambi-Agua**, v.4, p.93-110, 2009.

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.

ASSIS, E. S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. Maceió, **VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**, p. 92-101, 2005.

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.

BAYEUX (Município). Prefeitura Municipal: Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia – Divisão de Geoprocessamento. **Zoneamento Municipal – 2014**. Bayeux, 2015.

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

BITTAN, A. The methodology of applied climatology in planning and building. **Energy and buildings**, v. 11, p. 1-10, 1988.

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.

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.

CLEMENTINO, M. L. M. Ordenamento e planejamento territorial: a falta que faz o plano metropolitano. **X Colóquio Internacional de Geocrítica**, Barcelona, 2008.

COLTRI, P. P.; VELASCO, G. D. N.; POLIZEL, J. L.; DEMETRIO, V. A.; FERREIRA, N. J. Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, 2007, 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.

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

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.

FERREIRA, A. G. Meteorologia prática. São Paulo. **Oficina de Textos**, 2006. 188 p.

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.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**, v.19, p.84-95, 2005.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial Síntesis. S. A. 1996.

GARCIAS, C. M.; SILVA, C. M. **Contribuição do Meio Urbano nas Mudanças Climáticas – Estudo de Caso do Município de Castro – PR.** V Encontro Nacional de Anmpas, Florianópolis, 2010.

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.

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.

GOMES, P. S. Clima e planejamento ambiental urbano: estudo preliminar para Montes Claros-MG. **Paisagem Ambientes: ensaios.** São Paulo, nº 23, p. 42-49, 2007.

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.

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.

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

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades (2010).**

Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250180&search=paraiba|bayeux>> Acesso em: 04 de jul. de 2015.

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: 25 de ago. de 2016.

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

KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; ROTTGEN, M. Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions. In: **Internacional Conference on Passive and Low Energy Architecture – PLEA**. France, v. 19, 2002.

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

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.

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, 2009. 146 p.

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.

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, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

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, 2003. p. 9-67.

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.

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.

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.

MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. Impactos (micro)climáticos 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.

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 (des)conforto 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.

ONE TEMP°. <http://www.hobodataloggers.com.au/hobo-u10-temperature-relative-humidity-data-logger-u10-003>. Data de acesso: 31/07/2017.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

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.

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, 2009.

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, 2010.

ROOY, M. P. VAN. A Rainfall anomaly index independent of time and space, **Notos**. v.14, p.43-48, 1965.

RUAS, A. C. Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho. **Ministério do Trabalho/FUNDACENTRO**. 96 p. São Paulo, 1999.

RUSSO, 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.

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, E. C. A.; ARAÚJO, L. E.; MARCELINO, A. S. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.19, n.1, p.9–14, 2015.

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, 2009.

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, G. R. **Características De vento da região Nordeste: análise, modelagem e aplicações para projetos de centrais eólicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

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.

SILVA, J. P. Análise de termo-cobertura de superfície do município de Curitiba para os anos de 1985 e 2010. **Anais do X Simpósio Brasileiros de Climatologia Geográfica**, Curitiba, p. 48-59, 2014.

SILVA, N. C. Telhado verde: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. **Monografia** (Especialização em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; PEZZUTI, J. C. B.; COSTA, R. F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém, PA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, 419 - 428, 2013.

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, 2012.

SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE (SUDEMA). **Parque Estadual Mata do Xém-Xém**. Disponível em:
<http://www.sudema.pb.gov.br/index.php?view=category&catid=11&option=com_joomgallery&Itemid=100034> Acesso em: 04 de jul. de 2015.

TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. Mudanças climáticas: algumas reflexões. **Revista Brasileira de Climatologia**, p. 25-35, 2008.

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

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.