



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL

ANÁLISE DO MICROCLIMA URBANO NA PERSPECTIVA DO
PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA A CIDADE DE POMBAL

EDUARDO ALENCAR SANTOS

POMBAL – PB

2016

EDUARDO ALENCAR SANTOS¹

ANÁLISE DO MICROCLIMA URBANO NA PERSPECTIVA DO
PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA A CIDADE DE POMBAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira

POMBAL – PB

2016

¹ Aluno regularmente matriculado no curso de Engenharia Ambiental pela UFCG/CCTA no período 2015.2, nº de matrícula: 913110269.

EDUARDO ALENCAR SANTOS

ANÁLISE DO MICROCLIMA URBANO NA PERSPECTIVA DO
PLANEJAMENTO AMBIENTAL PARA A CIDADE DE POMBAL

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira (Orientadora)
UFCG/UACTA

Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales (Examinador Interno)
UFCG/UACTA

Dr. Valner da Silva Nogueira (Examinador Externo)
Campina GEOTHEC

POMBAL – PB

2016

Dedico este trabalho a Maria Eloísa (Filha) e a minha família (Pai, Mãe e irmãos) por todo estímulo e paciência nessa importante etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida, e por estar permitindo esse importante acontecimento na minha vida, me concedendo forças pra que chegasse até aqui e concluir mais essa etapa.

Agradeço aos meus pais Edmilson Ismael dos Santos e Maria Silda da Silva Alencar Santos e aos meus irmãos pela dedicação, financiamento, incentivo, amor, orgulho, ao longo dessa caminhada.

A Talita Mirelle pelo incentivo, carinho e paciência ao longo de toda essa trajetória acadêmica.

A todos os Professores da Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental Campus de Pombal pelos conhecimentos que me foram transferidos.

Em especial aos professores Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira, Luís Gustavo de Lima Sales e Ricélia Maria Marinho Sales, por todo apoio, incentivo e oportunidade a mim concedido.

A todos que fizeram e fazem parte da Unidade de Ciências e Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologias Agroalimentar – Campus de Pombal.

A Divisão de Serviços Sociais e Restaurante Universitário pelo apoio quanto residente.

A toda equipe que faz parte do SEBRAE – Pombal, pelo experiência que pude adquirir quanto estagiário da entidade.

Aos meus parceiros de Residência em especial aos colegas de quarto

E a todos que contribuíram para a minha formação e a realização deste Trabalho de forma direta ou indiretamente.

Muito obrigado a todos!

LISTA DE SIGLAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ANA - Agência Nacional de Águas

AVC - Acidente Vascular Cerebral.

GIS - Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica)

GPS - Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC - Índice de Calor

IDT - Índice de Desconforto de Thom

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

ITU - Índice de Conforto e Umidade

NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration (Administração Oceânica e Atmosférica Nacional).

QGIS - Quantum GIS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estação meteorológica do INMET de Patos-PB.....	11
Figura 2 - Localização do ponto 1	13
Figura 3 - Localização do ponto 2	13
Figura 4 - Localização do ponto 3	14
Figura 5 - Localização do ponto 4	14
Figura 6 - Localização do ponto 5	15
Figura 7 - Localização do ponto 6	15
Figura 8 - Localização do ponto 7	16
Figura 9 - Localização do ponto 8	16
Figura 10 - Termo-Higrômetro.....	17
Figura 11 - Termo-Higrômetro e Relógio - HT 210.....	18
Figura 12 - Termo-Higroanemômetro-Luxímetro Digital - LM8000.....	19
Figura 13 - GPS de navegação e-Trex 30 Garmin	20
Figura 14 - Interface do Quantum 2.8	21
Figura 15 - Interface do Google Earth Pro	22

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Histograma dos valores mensais de precipitação pluviométrica de Pombal, PB, referente ao período histórico de 1911 a 1983 (ANA)	26
Gráfico 2 - Histograma dos valores mensais de precipitação pluviométrica de Pombal, PB, referente ao período histórico de 1994 a 2015 (AESAs)	27
Gráfico 3 - Índice de Desconforto de Thom com base na classificação de Giles 1990.	29
Gráfico 4 - Índice de Desconforto de Thom com base na classificação de Santos 2012	30
Gráfico 5 - Índice de Calor com base nos níveis de alerta e suas consequências a saúde humana.....	32
Gráfico 6 - Índice de Temperatura e Umidade com base nos Níveis de Conforto e na classificação de Nobrega e Lemos (2011)	33
Gráfico 7 - Índice de Desconforto de Thom Aplicado a Valores Extremos e com base na classificação de Silva et al., (2009)	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Localização dos pontos de coleta de dados.....	12
Tabela 2 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT).....	23
Tabela 3 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa-PB por Santos (2011).	23
Tabela 4 - Níveis de alerta e suas consequências a saúde humana	24
Tabela 5 - Critérios de Classificação do Índice de Temperatura e Umidade.....	24
Tabela 6 - Classes do desconforto térmico em função do índice de desconforto térmico (IDT)	25
Tabela 7 - Estatísticas da temperatura, umidade relativa (%) e do índice de desconforto de Thom	35

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização da área de estudo (Bairro Vida Nova, Pombal, PB)	10
Mapa 2 - Espacialização dos pontos de coleta dos dados meteorológicos.....	12
Mapa 3 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova às 06:00 horas...36	
Mapa 4 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova às 12:00 horas...36	
Mapa 5 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova às 15:00 horas...37	
Mapa 6 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova aplicado ao IDT _{mín}	38
Mapa 7 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova aplicado ao IDT _{médio}	38
Mapa 8 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova aplicado ao IDT _{máx}	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Geral	3
2.2	Específicos.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	Relação Homem – Meio Ambiente.....	4
3.2	O Clima Urbano	5
3.3	Conforto Térmico	6
3.4	Índices de Conforto (Desconforto)	7
3.4.1	Índice de Desconforto de Thom.....	7
3.4.2	Índice de Calor.....	7
3.4.3	Índice de Temperatura e Umidade	8
3.4.4	Índice de Desconforto de Thom Aplicado a Valores Extremos.....	8
3.5	Ilha de Calor.....	8
3.6	Planejamento ambiental urbano.....	9
3.7	Importância da vegetação na amenização climática urbana.....	9
4	MATERIAIS E MÉTODOS	10
4.1	Localização e Dados	10
4.2	Descrição dos Pontos	13
4.3	Equipamentos/Programas Utilizados	16
4.3.1	Termo-Higrômetro Digital com Cabo Extensor – TH 439	16
4.3.2	Termo-Higrômetro e Relógio – HT 210.....	17
4.3.3	Termo Hidro Anemômetro Luxímetro Digital LM-8000	18
4.3.4	GPS de Navegação eTrex 30 Garmin	19
4.3.5	Quantum GIS Desktop 2.8.....	20
4.3.6	Google Earth Pro	21
4.4	Metodologia.....	22
4.4.1	Índice de Desconforto de Thom.....	22
4.4.2	Índice de Calor.....	23
4.4.3	Índice de Temperatura e Umidade	24
4.4.4	Índice de Desconforto Aplicado a Valores Extremos	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5.1	Determinação dos Períodos Seco e Chuvoso (Climatologia).....	26

5.2	Determinação do IDT	27
5.3	Determinação do IDT (condições climáticas de João Pessoa)	29
5.4	Determinação do Índice de Calor	30
5.5	Determinação do ITU	32
5.6	Determinação do IDT Aplicado a Valores Extremos	33
5.7	Espacialização do Conforto / Desconforto Térmico.....	35
5.8	Espacialização dos índices de conforto aplicado a valores extremos	37
6	CONCLUSÃO	40
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

RESUMO

O crescimento urbano desordenado resulta em transformações no microclima, principalmente em virtude à substituição da vegetação nativa por construções e pavimentações. A análise de variáveis meteorológicas como temperatura do ar, umidade relativa do ar e a velocidade dos ventos, associado à modificações antrópicas permite entender as reais condições ambientais vivida pela população em um espaço urbanizado. Diante do exposto este estudo tem como objetivo determinar o conforto ambiental da cidade de Pombal-PB para que auxilie as Secretarias de Meio Ambiente e de Infraestrutura no processo de arborização da mesma, contribuindo para um futuro mais confortável ambientalmente e paisagisticamente. Utilizou-se quatro índices de conforto térmico: IDT, IC, ITU e o IDT aplicado a valores extremos, além de técnicas de geoprocessamento. Os dados climatológicos foram medidos através dos aparelhos Termo-Higrômetro Digital com Cabo Extensor – TH 439, Termo-Higrômetro – HT 210 e o Termo Hidro Anemômetro Luxímetro Digital LM-8000. Pôde-se perceber a partir dos resultados dos índices de conforto térmico que no bairro Vida Nova a população sente desconforto durante grande parte do dia e sente extremo desconforto nos horários mais quentes. Comprova-se, portanto, a importância da cobertura vegetal quanto ao conforto térmico e na amenização da temperatura nas cidades. Conclui-se ainda que as formas de uso e ocupação do solo têm provocado alterações no conforto térmico na área em estudo. Portanto, a espacialização dos índices de conforto térmico certamente contribuirá para um melhor planejamento urbano, visando à melhoria da qualidade ambiental.

Palavras-chave: Conforto Térmico; Clima Urbano; Planejamento Ambiental.

ABSTRACT

The urban sprawl results in changes in the microclimate, mainly due to the replacement of native vegetation by buildings and pavements. The meteorological variables analysis as air temperature, relative humidity and wind speed, linked to anthropogenic modifications allows us to understand the actual environmental conditions experienced by the population in an urbanized area. Given the above this study aims to determine the environmental comfort of the city of Pombal-PB to assist the Departments of Environment and Infrastructure in the forestation process of the same, contributing to a more comfortable future environmentally and scenically. We used four indices of thermal comfort: IDT, IC, ITU and the IDT applied to extreme values, and geoprocessing techniques. Climatological data were measured by the Digital Thermo-hygrometer devices with Extension Cable - TH 439, thermo-hygrometer - HT 210 and Hydro Term Anemometer Luxmeter Digital LM-8000. Could be seen from the results of thermal comfort indices in New Life neighborhood population feels discomfort for much of the day and feel extreme discomfort in warmer times. is proved, therefore, the importance of vegetation cover on the thermal comfort and temperature amelioration in cities. It also concludes that the forms of use and occupation have caused changes in the thermal comfort in the study area. Therefore, the spatial distribution of thermal comfort indices will certainly contribute to a better urban planning in order to improve environmental quality.

Keywords: Thermal Comfort; Urban Climate; Environmental planning.

1 INTRODUÇÃO

Durante muitos séculos o homem e a natureza se relacionaram relativamente de forma harmônica, no qual a ação do homem não chegava a influenciar ou comprometer a renovação dos recursos naturais disponíveis para a época. O agrupamento de pessoas não era um fator preocupante visto que os recursos naturais existentes eram suficientes para manutenção e sobrevivência dos seres vivos (VIANA, 2006).

Principalmente a partir do século XVIII, com a Revolução Industrial, os espaços naturais passaram por grandes transformações, no qual até o momento é vegetação passa a dar lugar as indústrias e conseqüentemente ao surgimento de grandes cidades (SANTOS et al., 2011a).

A poluição produzida pela queima de carvão provocava alterações na temperatura das cidades. Em 1833 Howard realizou em Londres os primeiros estudos sobre clima e percebeu que os registros meteorológicos já mostravam diferenças quando comparado o microclima da cidade com o do campo (SANTOS et al., 2011a).

O clima das cidades começou a despertar interesse científico a partir de meados do século XIX quando as cidades industrializadas, especialmente na Inglaterra e França, apresentaram ambientes fortemente degradados, com solos expostos e compactados, ocasionando uma forte alteração das características naturais do espaço antes ocupado por vegetação (LIMA; PINHEIRO; MENDONÇA, 2012).

Diante desse contexto, estudos são necessários para compreender as reais alterações nas características do espaço urbano proveniente da relação deste com o homem, como também para criação e aplicação de medidas sejam elas de cunho preventivo e ou corretivo para amenizar os impactos decorrentes dessa relação. Neste sentido, a análise de dados climatológicos em espaço urbano fazem necessário para entender os reais danos à sociedade proveniente da alteração do microclima das cidades, no que diz respeito ao conforto térmico (FREITAS; SANTOS; ALMEIDA, 2014).

Uma das ferramentas de compreensão dos efeitos da relação homem-natureza-espaço urbano é a espacialização por meio de mapas no qual tem sido

utilizado por vários estudiosos ao longo do tempo para visualizar informações espaciais (LOPES, 2009).

Uma contribuição substancial desse trabalho diz respeito a confecção de mapas, que auxiliam na compreensão das relações do homem com o espaço urbano, que permitam a obtenção de informações para subsidiar os gestores públicos municipais em um planejamento urbano adequado. Dentro dessa lógica, surge a necessidade da obtenção de dados espaciais referentes a elementos que determinam o microclima local tais como temperatura, umidade, vento, dentre outros.

A espacialização desses elementos, sua compreensão e análise pode permitir um “norte” para o processo de arborização das cidades. Este trabalho parte da premissa de que se as Secretarias de Meio Ambiente e de Infraestrutura do Município de Pombal tiverem informações espacializadas sobre os índices de conforto (desconforto) dos bairros da cidade, essas informações poderão auxiliar no processo de planejamento e de gerenciamento da arborização urbana, contribuindo assim para uma melhor qualidade de vida dos cidadãos e cidadãs, no tocante ao conforto ambiental.

Quanto ao pressuposto básico do projeto é de que quanto mais informação sobre conforto ambiental tiverem as secretarias supracitadas melhor e mais rápido será as ações para minimizar os impactos gerados pela urbanização da cidade frente ao bioma caatinga.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar o conforto ambiental da cidade de Pombal para auxiliar as Secretarias de Meio Ambiente e de Infraestrutura no processo de arborização da mesma, contribuindo assim para um espaço urbano mais confortável ambientalmente e paisagisticamente.

2.2 Específicos

Compõem os objetivos específicos:

- a) Escolha de um bairro do município de Pombal-PB e dos pontos de coleta dos dados climatológicos (Temperatura, Umidade e Velocidade do Vento) e a realizar as medições das variáveis meteorológicas;
- b) Determinação da climatologia com dados de precipitação;
- c) Determinar o conforto ambiental do bairro escolhido, com base em vários índices de conforto;
- d) Realizar a espacialização do conforto ambiental usando técnicas de geoprocessamento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Relação Homem – Meio Ambiente

A partir do século XVIII, com a chegada da Revolução Industrial, os espaços naturais foram comprometidos pela expansão das indústrias e conseqüentemente pelo surgimento e crescimento dos centros urbanos (SANTOS et al., 2011a).

No período pós-revolução modificações relevantes foram constatadas na dinâmica do microclima de inúmeras centros urbanos no mundo, sendo atribuído a construção de cidades e a concentração de poluentes lançados no solo, nos corpos d'água e no ar. (MENDONÇA, 2001; SANTOS et al., 2011a).

De acordo com o último Censo Brasileiro (2010), 84,36% da população reside nas cidades. Fernandes (2004) destaca que na maioria destas áreas, ao longo do século passado, foi empregado um modelo urbano-industrial intensivo e agressivo, que provocou mudanças sócio espaciais drásticas no território com conseqüências ambientais graves, cujos impactos são equiparados aos efeitos de grandes catástrofes naturais.

O processo de urbanização mundial gera uma sobrecarga na natureza, alterando significativamente a ecologia das cidades, causando verdadeira preocupação para todos os profissionais e setores ligados às questões ambientais. Sendo que na maioria dos espaços urbanos o planejamento não está atrelado ao processo de construção de uma cidade (LOMBARDO 1985).

Neste sentido, são muitos fatores que influenciam nas mudanças climáticas principalmente quando se trata de microclima urbano entre eles a falta de planejamento urbano, a ocupação desordenada, o avanço sobre as áreas verdes, o uso indiscriminado dos recursos naturais, entre outros que vem alterando significativamente o clima local (SANTOS et al., 2011a).

Santos et al., (2012) afirmaram que as diferenciações no uso e cobertura do solo associadas à dinâmica climática local geram implicações socioambientais em ambientes urbanos, onde os elementos naturais foram transformados segundo os interesses e a necessidade da sociedade pós-moderna capitalista.

As intervenções na paisagem e as alterações no campo térmico do sistema climático urbano, por meio de vários modos de uso e ocupação do solo tem gerado mudanças significativas no micro clima local de cidades, algumas dessas alterações são atribuídas a fenômenos como: formação de ilhas de calor, inversão térmica,

poluições atmosféricas, dentre outros processos ocasionados principalmente pelas atividades humanas em função das transformações no meio urbano, conseqüentemente têm comprometido e agravado cada vez mais a qualidade de vida e o conforto térmico das pessoas que residem nesses locais (SANTOS et al., 2012).

Assim como o excesso de ruído, emissão de poluentes no ar e na água, falta de tratamento adequado dos resíduos, alterações no regime de chuvas e do vento, são alguns dos impactos ambientais decorrente pela ação antrópica em ambientes urbanizados (DUARTE, SERRA, 2003; SANTOS J, SANTOS G, 2013).

A urbanização causa mudanças nos padrões de vida humana e a transformação física do espaço natural para espaço geográfico, palco das realizações humanas. Neste sentido, a paisagem natural dá lugar a paisagem urbanizada ou modificada, caracterizada pela impermeabilização do solo, contribui significativamente para variações térmicas nesse ambiente (MILLS et al., 2010; SANTOS J, SANTOS G, 2013).

Tais mudanças no uso e cobertura do solo geram alterações no balanço de energia e na atmosfera sobrejacente, tornando um lugar de clima modificado, o chamado clima urbano (SANTOS J; SANTOS G, 2013).

A falta de um adequado planejamento urbano aliado ao crescente aumento da população tem gerado diversos problemas no contexto socioambiental, dentre os quais estão às alterações climáticas, que alteram os índices de conforto térmico, prejudicando a qualidade de vida da população. O uso da vegetação tem sido uma das ferramentas mais indicadas para amenizar essas questões (MARTINI 2013).

3.2 O Clima Urbano

Clima Urbano é um processo resultante de modificações que a urbanização produziu na superfície e nas proximidades atmosféricas de um dado local. Ou seja, um espaço modificado por ações antrópicas é a geração de um clima próprio, atrelado às características geourbanas e geoambientais no espaço modificado e habitado (OKE, 1978).

O clima urbano é resultado da interação entre a sociedade e a natureza na cidade, as alterações do ambiente decorrentes principalmente das atividades humanas (MENDONÇA e DUBLEUIL,2005).

Um dos impactos ocasionados nas cidades é a chamada “Ilha de Calor”, fenômeno caracterizado pelo aumento da temperatura do ar nos centros urbanos quando comparado ao meio rural (AMORIM, 2005).

A alteração no clima pode ser considerada um dos impactos significativos no ambiente urbano. Nessas localidades é possível perceber que as áreas densamente construídas apresentam temperaturas mais elevadas quando comparadas ao seu entorno no qual foram pouco descaracterizadas, criando “ilhas de calor” (LEAL, 2012).

O planejamento em prol da arborização urbana é uma das medidas mais eficientes e eficazes para favorecer mudanças positivas no aspecto visual e no microclima urbano, principalmente no que se refere ao conforto, contribuindo para o bem estar humano nas cidades. Neste planejamento devem-se dar uma atenção especial para espaços asfaltados e com grandes aglomeração e compactação de estruturas da construção civil, que geram microclimas característicos das ilhas de calor, pois nestes locais há maior necessidade de áreas arborizadas (EMBRAPA, 2009).

As temperaturas do ar estão aumentando gradualmente em toda as cidades do mundo. Isso significa que para as próximas décadas teremos temperaturas mais elevadas com a intensificação de ilhas de calor urbana e aumento do desconforto térmico associado à queda da umidade relativa do ar nos centros urbanos (SANTOS et al., 2012).

3.3 Conforto Térmico

O conforto térmico foi definido pela ISO 7730 como “um estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa”, logo é uma percepção subjetiva que vai depender dos aspectos fisiológicos e emocionais dos indivíduos (SILVA JÚNIOR et al., 2013).

O conforto térmico, junto com outros componentes como o ruído, a qualidade do ar e a luminosidade, constituem o conforto ambiental, uma importante área de investigação, onde se procura compreender de que forma as condições do meio influenciam, positiva ou negativamente na percepção de conforto humano (GONÇALVES et al., 2007).

No entendimento de Fanger (1970), Rivero (1985) e Coutinho (2014), há duas definições de conforto: “o conforto térmico de uma pessoa é aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico” e “o conforto térmico de um

indivíduo se alcança quando as condições do meio permitem que o sistema termorregulador esteja em estado de mínima tensão".

Lombardo (1985) define o conforto térmico como "um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização".

O conforto térmico consiste no conjunto de condições em que os mecanismos termorreguladores são mínimos, ou ainda, na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifeste se sentir satisfeito com o meio (GARCÍA 1995).

Já para Roaf, Crichton e Nicol (2009), o conforto térmico é uma resposta ao ambiente físico e ao estado psicológico do corpo, influenciado pela postura do indivíduo em relação ao ambiente que o cerca e suas experiências com ambientes térmicos.

3.4 Índices de Conforto (Desconforto)

3.4.1 Índice de Desconforto de Thom

Um dos índices mais estudados sobre os ambientes urbanos é o índice de desconforto de Thom, no qual, descreve a sensação térmica que uma pessoa experimenta devido às condições climáticas de um ambiente, oferece uma medida razoável do grau de desconforto para várias combinações de temperatura e umidade relativa do ar (SANTOS et al., 2011b).

No entanto para Coutinho et al., (2014) este índice não é o mais adequado para ser aplicado à regiões tropicais devido ter sido desenvolvido para latitudes médias. Porém, segundo Jauregui (1991) este índice tem sido muito útil quando se pretende indicar similaridades ou contrastes entre cidades com diferentes características.

Porém, Santos (2011) ajustou a classificação de Giles (Tabela 2) a condições de João Pessoa utilizando questionários de sensação térmica aplicado a população pessoense.

3.4.2 Índice de Calor

O Índice de Calor (IC) é um índice que combina a temperatura e a umidade relativa do ar para determinar uma temperatura aparente, que representa o quanto quente sentimos realmente (NÓBREGA; LEMOS, 2011).

O IC foi elaborado a partir de medidas subjetivas de quanto calor se sente para dados valores de temperatura e umidade relativa do ar, em situações em que as

temperaturas estão elevadas, estando a pessoa à sombra em condições de vento fraco (SILVA JÚNIOR et al., 2013).

Neste trabalho será seguida a metodologia do IC, porém, para melhor a efetividade na determinação do índice, Silva Júnior et al., (2013) apresentam algumas correções que devem ser aplicadas, quando necessário. Os ajustes para tal, estão apresentados nas equações 1 e 2 (pág. 35).

3.4.3 Índice de Temperatura e Umidade

Segundo Barbirato et al., (2007) o índice de temperatura e Umidade (ITU) é comumente utilizado nos trópicos pela sua praticidade. Combina essas variáveis meteorológicas para estimar o “estress” sentido pela população em ambientes abertos.

3.4.4 Índice de Desconforto de Thom Aplicado a Valores Extremos

A adaptação do cálculo se fez necessária tendo em vista que a temperatura do ar máxima ($T_{m\acute{a}x}$) ocorre em horários muito próximos aos valores da umidade relativa do ar mínima ($UR_{m\acute{i}n}$) e, analogamente, a temperatura do ar mínima ($T_{m\acute{i}n}$) ocorre em horário muito próximo daquele em que incide a umidade relativa do ar máxima ($UR_{m\acute{a}x}$), possibilitando a geração de índices de conforto térmico distintos, além de representar uma melhor leitura do conforto térmico sentido pela população. (BEZERRA; LEITÃO; AZEVEDO, 2013).

3.5 Ilha de Calor

O fenômeno ilha de calor é resultante das modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera oriundas da urbanização (Oke 1978).

Amorim, (2005) aponta que há vários motivos que originam as ilhas de calor e as principais características são: o armazenamento de calor durante o dia na cidade, devido às propriedades térmicas e caloríficas dos materiais construtivos assim como sua devolução para a atmosfera no período noturno; a produção do calor de origem antrópica; diminuição da evaporação em virtude de maior superfície impermeabilizada (concreto e asfalto e canalização fechada de rios e córregos) e também a diminuição da velocidade do vento devido a rugosidade das edificações.

As ilhas de calor constituem –se no aumento da temperatura do ar em centros urbanizados, comparados com a temperatura de ambientes mais amenos no seu entorno (SANTOS J; SANTOS G, 2013).

Alguns fatores são responsáveis por aumentar a intensidade da ilha de calor urbana, tais fatores são: a poluição do ar, emissão de calor, alterações na cobertura vegetal e distribuição da verticalização urbana (NOBREGA 2010; SANTOS J; SANTOS G, 2013).

A formação de ilha de calor e do desconforto térmico estão relacionados com a composição dos materiais constituintes do elemento urbano, sendo constituído principalmente de asfalto, cimento, cerâmicas, vidros e etc (SANTOS, 2012).

3.6 Planejamento ambiental urbano

A forma pela qual a cidade é planejada afeta diretamente o clima urbano e conseqüentemente a qualidade de vida de seus habitantes. Ausência do planejamento urbano resulta na transformação da paisagem natural em artificial, com isso traz conseqüências significativas no microclima de cidades e também na qualidade de vida das pessoas residentes nesses ambientes (SANTOS J; SANTOS G, 2013).

O planejamento urbano é o fator importantíssimo para inibir ou reduzir os impactos e potencializar os aspectos positivos das alterações climáticas urbanas (MOURA; ZANELLA, 2012).

Em regiões áridas, cidades com grandes quantidades de espaços verdes irrigados podem ser mais frias do que áreas rodeadas de espaços secos. O que significa que a falta de vegetação nas cidades, é um dos fatores que afeta o microclima urbano e favorece a formação de ilha de calor (SANTOS J; SANTOS G, 2013).

3.7 Importância da vegetação na amenização climática urbana

Na maioria dos espaços urbanos, grandes quantidades de vegetação estão concentradas em parques ou espaços de recreação, no entanto a vegetação deveria estar melhor distribuída ao longo do espaço interurbano, pois assim, a amenização do microclima possa torna-se mais eficaz se tratando do espaço urbano como um todo (SANTOS J; SANTOS G, 2013).

A vegetação tanto exerce um papel de amenizador da temperatura, como também, auxilia na retenção de poluentes como poeira e fuligem dispersos no ar além de melhorar o ambiente esteticamente. Além disso, serve também de refúgio para espécie de animais nos centros urbanos (SANTOS J; SANTOS G, 2013).

A vegetação contribui para obter uma ambiência urbana agradável, serve de barreira contra a radiação solar em ambientes como o semiárido onde se têm com forte intensidade, criando uma espécie de filtro (CARVALHO, 2011).

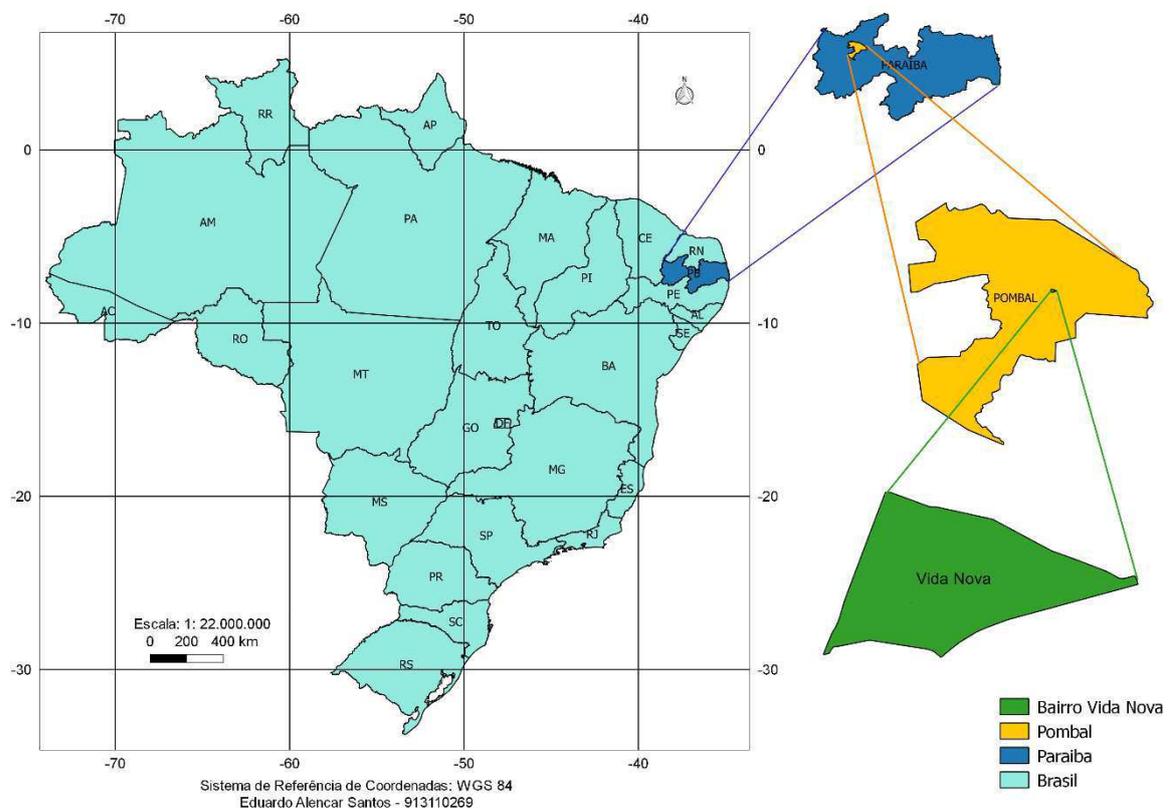
Santos J e Santos G, (2013) acrescentam que a vegetação também serve para reduzir a incidência de precipitação direta no solo e modificar a concentração da umidade na atmosfera e na superfície adjacente.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização e Dados

A pesquisa foi desenvolvida no município de Pombal, distante 387 quilômetros da capital do estado da Paraíba, João Pessoa, o município apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 6° 45' S e Longitude 37° 48' W. O mesmo é cortado por dois rios: Rio Piancó e Rio Piranhas, e o principal acesso é feito a partir da rodovia federal BR-230.

Mapa 1- Localização da área de estudo (Bairro Vida Nova, Pombal, PB)



Fonte: Autoria própria (2016)

A população de Pombal de acordo com o IBGE (2010) é de 32.110 habitantes, sendo 25.753 pessoas residentes da zona urbana. Área de unidade territorial de 888,807 Km² e uma densidade demográfica de 36,13 hab/Km².

O município de Pombal apresenta clima quente e seco, do tipo tropical semiárido, com temperatura mínima média de 23 °C e temperatura máxima média de 39 °C. (MOLION; BERNARDO, 2002).

A espacialização do conforto térmico da cidade de Pombal se iniciou com o bairro Vida Nova. As variáveis meteorológicas medidas em oito pontos do bairro foram: Temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos. O período de observação foi de 18 de Novembro à 12 de Dezembro de 2014, sendo realizadas em três dias por semana nos seguintes horários: 06:00, 09:00, 12:00, 15:00 e às 18:00 para os pontos de 1 a 6 e nos pontos 7 e 8 foi acrescentado o horário das 21 horas. Em cada horário de observação foram realizadas trinta medições durante cerca de cinco minutos, antes das medições esperou-se que os instrumentos se estabilizassem. Foi necessário realizar uma calibração, pois foram utilizados equipamentos diferentes. A calibração foi realizada na estação meteorológica do INMET da cidade de Patos-PB (Figura 1, abaixo).

Figura 1 – Estação meteorológica do INMET de Patos-PB



Fonte: Autoria própria

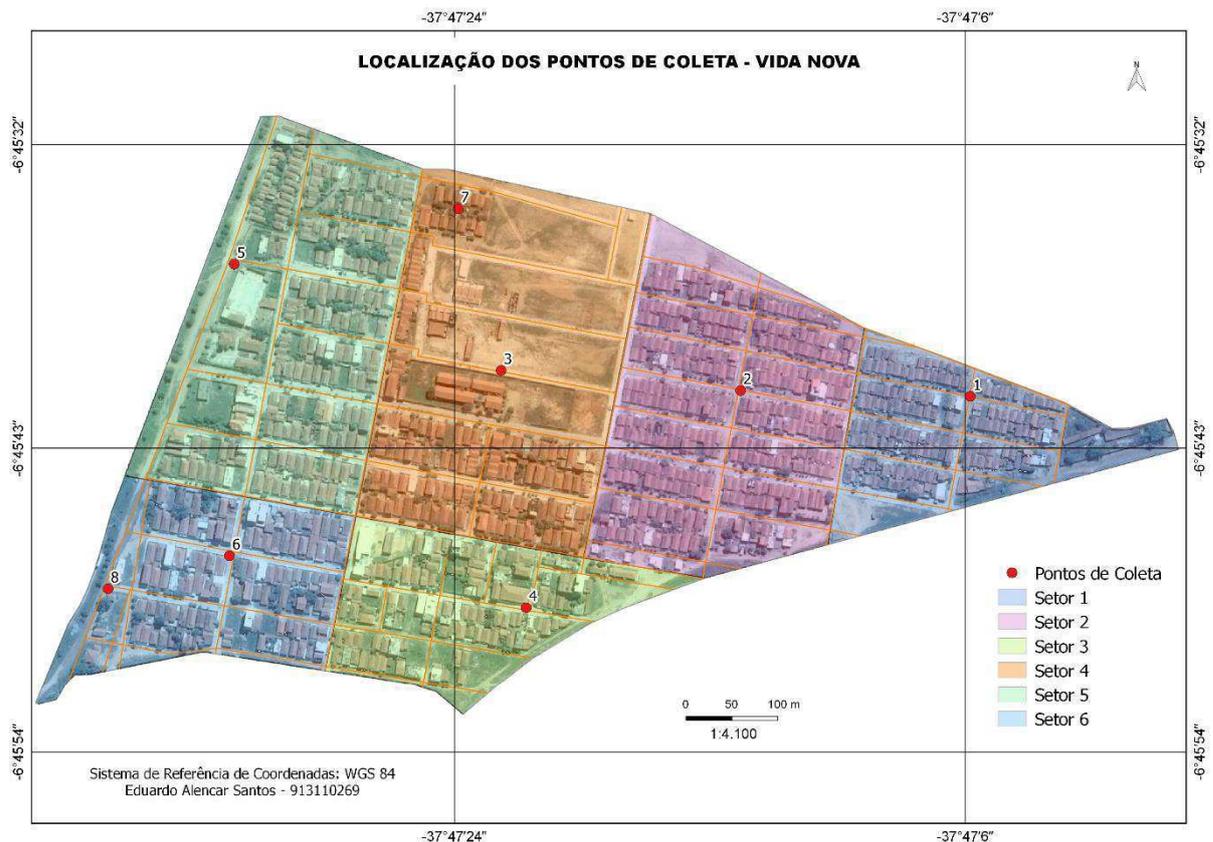
Os oito pontos de coleta foram distribuídos no bairro, a localização dos pontos está na Tabela 1, e a especialização pode ser observada no mapa 2.

Tabela 1 - Localização dos pontos de coleta de dados

Pontos	Coordenadas	
	Latitude	Longitude
1	- 6° 45' 42,66"	- 37° 47' 6,09"
2	- 6° 45' 41,16"	- 37° 47' 13,96"
3	- 6° 45' 40,43"	-37° 47' 22,60"
4	- 6° 45' 48,85"	- 37° 47' 21,47"
5	- 6° 45' 36,58"	- 37° 47' 31,55"
6	- 6° 45' 46,98"	- 37° 47' 31,96"
7	- 6° 45' 34,71"	- 37° 47' 23,96"
8	- 6° 45' 48,26"	- 37° 47' 36,26"

Fonte: A autoria própria

Mapa 2 - Espacialização dos pontos de coleta dos dados meteorológicos



Fonte: A autoria própria

4.2 Descrição dos Pontos

Ponto 1- Localizado na Rua Raimundo José de Sousa, próximo do loteamento “Alti Plano”, onde foi desmatado recentemente para construção de casas; característica do entorno: aglomeração de casas, solo permeável, sem pavimentação e com poucas árvores; ponto mais elevado do bairro.

Figura 2 - Localização do ponto 1



Fonte: Autoria própria

Ponto 2- Localizado na rua José Ferreira de Lima, com solo permeável, presença de vegetação e sem pavimentação; local com grande concentração de casas e rua larga.

Figura 3 - Localização do ponto 2



Fonte: Autoria própria

Ponto 3- localizado na rua Maria Almeida Ângelo, por trás do colégio estadual Joana Ivonildes Bandeira, local com solo impermeável, pavimentação em

paralelepípedo e quase sem arborização, com várias casas recentemente construídas e outras em processo de construção.

Figura 4 - Localização do ponto 3



Fonte: Autoria própria

Ponto 4- Localizado na rua Olivia Arruda de Assis, próximo ao açude Nova Vida. Rua com pavimentação em paralelepípedo, calçadas cimentadas, grande concentração de casas e estabelecimentos comerciais, além disso, área sem arborização.

Figura 5 - Localização do ponto 4



Fonte: Autoria própria

Ponto 5- Localizado na esquina da quadra de esporte do Centro de Educação Integral - Cemar e ao lado da BR 230, rua Margarida Pereira da Silva, localidade sem pavimentação e com pouca arborização, este ponto encontra-se em um dos locais mais baixos e mais abertos do bairro.

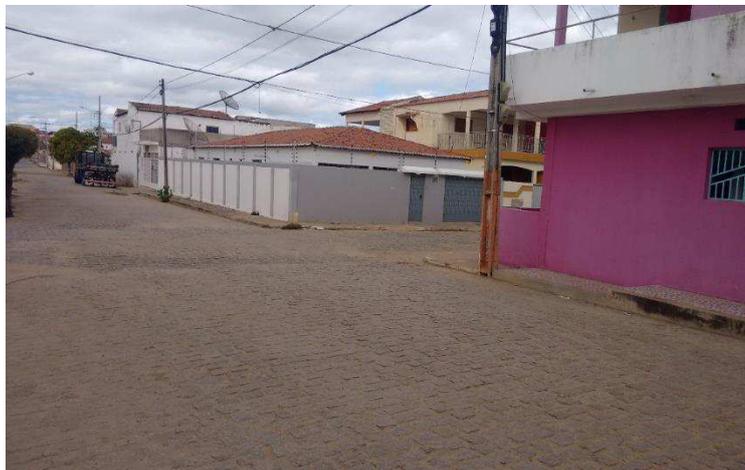
Figura 6 - Localização do ponto 5



Fonte: Autoria própria

Ponto 6- localizado no cruzamento da rua Antônio Kenves Gomes Pereira com a rua Olivia Arruda de Assis, local com solo impermeável, constituído de calçadas concretadas e pavimentação em cimento/paralelepípedo nos quatro sentidos; local sem arborização, além de grande concentração de casas.

Figura 7 - Localização do ponto 6



Fonte: Autoria própria

Ponto 7- Localizado na rua João Josias de Sousa, solo permeável sem pavimentação e com presença de arborização; próximo a construções de casas.

Figura 8 - Localização do ponto 7



Fonte: Autoria própria

Ponto 8- localizado na rua Margarida Pereira da Silva, espaço sem pavimentação, ao lado da BR 230 com presença de arvores, presença de pontos alagados por ser o ponto mais baixo do bairro Vida Nova.

Figura 9 - Localização do ponto 8



Fonte: Autoria própria

4.3 Equipamentos/Programas Utilizados

4.3.1 Termo-Higrômetro Digital com Cabo Extensor – TH 439

Um Higrômetro ou Termo-higrômetro ilustrado na Figura 10, é um instrumento que serve para medir a temperatura e umidade. A área de abrangência da medição é 3m².

É utilizado principalmente em estudos do clima, mas também em locais fechados onde a presença de umidade excessiva ou abaixo do normal poderia causar danos, por exemplo em peças de museus, documentos de bibliotecas e elementos de laboratórios, CPD, cofres, ambientes controlados termicamente.

O Higrômetro também é um item utilizado como auxiliar na prevenção contra incêndios ou vazamentos de gases. De acordo com as especificações do fabricante a precisão desse equipamento para temperatura é de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Figura 10 - Termo-Higrômetro



Fonte: <http://www.fxbiometria.com.br>

4.3.2 Termo-Higrômetro e Relógio – HT 210

A umidade relativa do ar e as medições de temperatura e tempo são exibidos simultaneamente para comparação direta. A temperatura pode ser exibida tanto em $^{\circ}\text{C}$ ou $^{\circ}\text{F}$.

Especificações:

Temperatura:

- Escala de Temperatura interna: 0 a 50°C ou 32 a 122°F
- Escala de Temperatura externa: -50 a 70°C ou -58 a 158°F
- Precisão: $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ou $\pm 2^{\circ}\text{F}$
- Resolução: $0,1^{\circ}\text{C}$

Umidade Relativa do Ar (só interna):

- Escala de 20 a 99% RH;
- Resolução: 1% e
- Precisão: $\pm 3\%$.

Figura 11 - Termo-Higrômetro e Relógio - HT 210



Fonte: <http://www.vectus.com.br>

4.3.3 Termo Hidro Anemômetro Luxímetro Digital LM-8000

O termo hidro anemômetro luxímetro digital LM-8000, é aparelho multi função, pode ser usado na função anemômetro para medição de velocidade do ar, na função higrômetro para medição de umidade relativa do ar, na função luxímetro para medir a luz ou iluminância e na função termômetro para medir a temperatura através de um sensor termopar externo, ele também tem um sensor para temperatura ambiente incorporado para indicar a temperatura no modo anemômetro e higrômetro. O anemômetro multi função LM-8000 da Lutron possui um mostrador de cristal líquido duplo com possibilidade de visualizar a umidade e temperatura simultaneamente, ou a velocidade do ar e temperatura simultaneamente, ao se optar pelo modo luxímetro o display se inverte automaticamente. (IMPAC, 2016).

Anemômetro Digital – Medição de Velocidade do Ar: Quanto o Lutron LM 8000 é operado o modo anemômetro, é possível usá-lo para medir velocidades do ar entre 0,4 e 30 m/s, podendo visualizar a leitura em uma das 5 unidades de velocidade do ar: metro por segundo, quilômetros por hora, milhas por hora, nós (knots) e pés por minuto. Sempre que estiver no modo anemômetro ele também irá mostrar a temperatura ambiente na parte de baixo do mostrador LCD (IMPAC, 2016).

Higrômetro Digital – Medição de Umidade Relativa: Higrômetro é mais uma função deste instrumento permitindo medir a umidade relativa do ar funcionando como termo higrômetro digital. O sensor de umidade permite medições desde 10 até 95% UR, com uma precisão de 4% (UR<70%) e uma resolução de 0,1% UR. O sensor do higrômetro digital é incorporado ao corpo do instrumento, permitindo mediações de umidade relativa em uma ampla gama de aplicações (IMPAC, 2016).

Termômetro Digital – Medição de Temperatura: o medidor Lutron LM8000 também tem a função de termômetro digital, que na prática pode ser considerado dois termômetros, um com sensor interno que irá medir a temperatura ambiente nos modos higrômetro e anemômetro e outro no modo de medição de temperatura que irá medir com o sensor termopar tipo K opcional, quando operado com o sensor interno a escala é de 0 a 50 °C, já no modo termopar a escala (eletrônica) será de -100 a 1300 °C devendo ser considerado a escalas do sensor termopar que irá usar (IMPAC, 2016).

Figura 12 - Termo-Higroanemômetro-Luxímetro Digital - LM8000



Fonte: loja.akso.com.br

4.3.4 GPS de Navegação eTrex 30 Garmin

O eTrex 30 possui um visor de 2.2 com 65K de cores e legível sob a luz solar. Durável e à prova d'água, o eTrex 30 foi projetado para resistir aos elementos.

O eTrex 30 acrescenta uma bússola eletrônica interna de 3 eixos e compensação de inclinação, que mostra sua direção mesmo quando você está parado, sem precisar segurá-la na horizontal. Também conta com um altímetro barométrico que monitora as mudanças de pressão para definir sua altitude exata, e você pode usá-lo para monitorar a pressão barométrica de acordo com o tempo, o que pode ajudá-lo a perceber mudanças meteorológicas.

Figura 13 - GPS de navegação e-Trex 30 Garmin



Fonte: <https://buy.garmin.com>

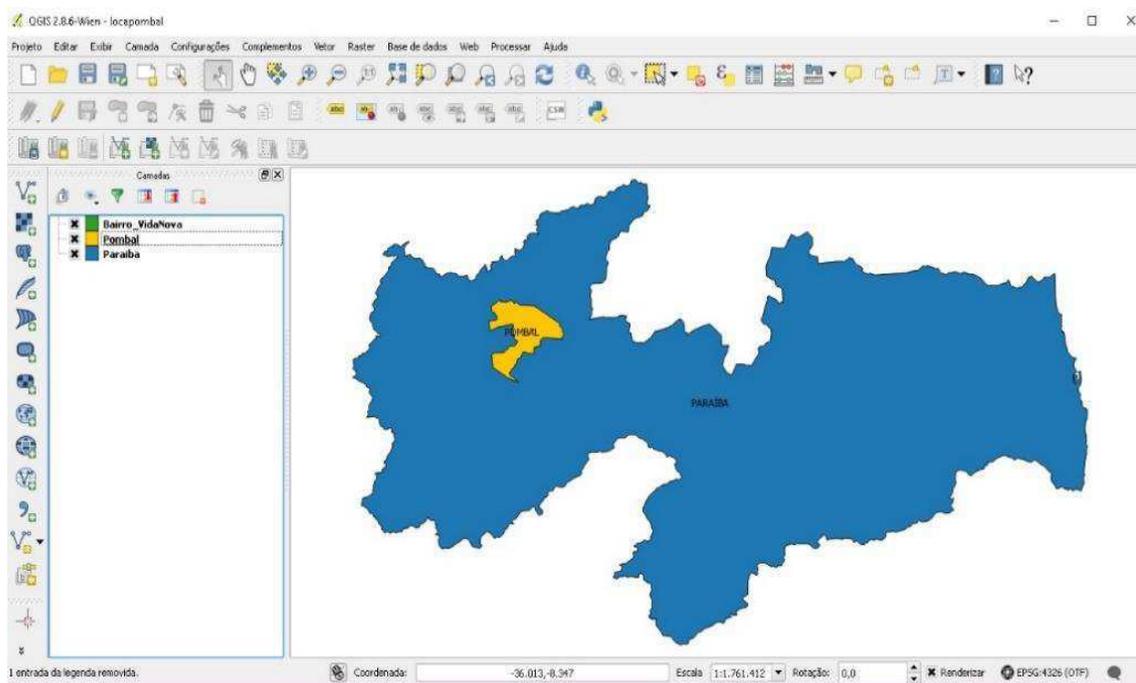
4.3.5 Quantum GIS Desktop 2.8

Utilizou-se o Quantum GIS que é um Sistema de Informação Geográfica de Código Aberto. Atualmente funciona na maioria das plataformas Unix, Windows e OSX. É desenvolvido usando o Qt toolkit (<http://qt.digia.com>) e C++. O QGIS é amigável e tem uma interface gráfica (GUI) agradável e fácil de usar (PROJECT, 2016).

O QGIS é um SIG de fácil utilização, fornecendo funções e feições comuns. O QGIS além de visualizar os dados SIG suporta um grande número de formatos de dados raster e vetoriais; suporta facilmente a sua adição de outros, usando a arquitetura de complementos (PROJECT, 2016).

Quantum GIS é distribuído sob a GNU General Public License (GPL)/Licença Publica Geral. O programa permite inspecionar e modificar o código-fonte, o que garantirá ter sempre acesso a um programa de SIG, que é livre de custos e podem ser livremente modificado (PROJECT, 2016).

Figura 14 - Interface do Quantum 2.8

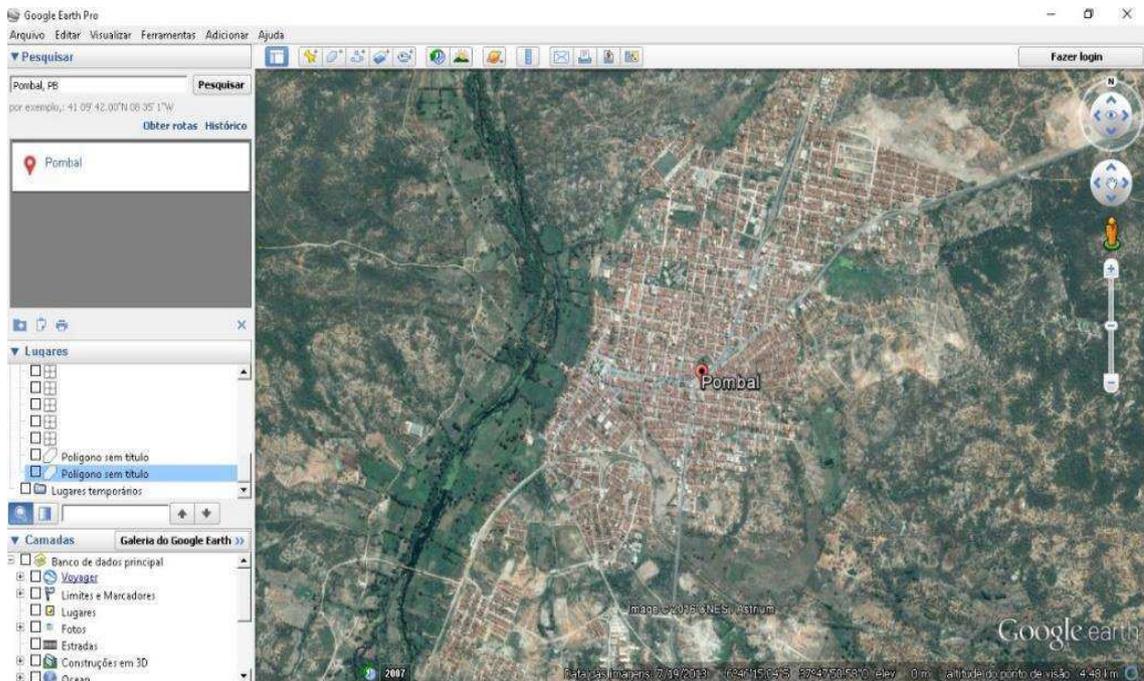


4.3.6 Google Earth Pro

Utilizou-se o Google Earth Pro, pois disponibiliza uma forma simples de manipulação de imagens de alta resolução e que possibilita, além da visualização dessas imagens, a vetorização de pontos, linhas e polígonos, e ainda, a sobreposição de pontos gerados por outros processos de levantamento, como por exemplo, pontos resultantes de sistemas de posicionamento global por satélite (LOPES, 2009).

O Google Earth é um aplicativo cliente-servidor para desktop que possibilita a visualização de imagens de sensores acoplados em satélites em um ambiente dinâmico, permitindo visualizações em duas e três dimensões.

Figura 15 - Interface do Google Earth Pro



4.4 Metodologia

O cálculo da climatologia de precipitação foi realizada usando as médias mensais de precipitação de Pombal em um período de 72 anos de observações fornecidos na plataforma HidroWeb da ANA, de 1911 a 1983. Com base nos dados de precipitação e no cálculo do desvio padrão médio determinou-se os períodos seco e chuvoso de Pombal.

Foram obtidos quatro índices que estão relacionados ao conforto/desconforto térmico, utilizando os dados observados, e em seguida os resultados foram espacializados utilizando recursos do geoprocessamento.

4.4.1 Índice de Desconforto de Thom

Para a avaliação do estresse térmico da população foi utilizado o índice de Thom (1959). Para aplicação em graus Celsius utilizou-se a seguinte equação:

$$(1) \quad \text{IDT } (^{\circ}\text{C}) = T - (0,55 - 0,0055UR)(T - 14,5)$$

Na qual, T é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e UR é a umidade relativa do ar (%). Na caracterização do nível de desconforto térmico, utilizou-se as classificações adaptadas por Giles et al., (1990), apresentadas na Tabela 2; e a classificação ajustadas por Santos (2011), Tabela 3.

Tabela 2 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT)

Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 21,0	Sem desconforto
2	21,0 ≤ IDT < 24,0	Menos de 50% da população sente desconforto
3	24,0 ≤ IDT < 27,0	Mais de 50% da população sente desconforto
4	27,0 ≤ IDT < 29,0	A maioria da população sente desconforto
5	29,0 ≤ IDT < 32,0	O desconforto é muito forte e perigoso
6	IDT ≥ 32,0	Estado de emergência médica

Fonte: Giles et al., (1990)

Tabela 3 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa-PB por Santos (2011).

Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24,0 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26,0 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

Fonte: Santos (2012)

4.4.2 Índice de Calor

O IC, que é um derivado do índice de umidade desenvolvido por George Winterling em 1978 (SILVA JUNIOR et al., 2013) e posteriormente adaptado com base no trabalho de Steadman (1979).

A expressão para cálculo do IC utilizada:

$$(2) \quad IC = - 42,379 + 2,04901523 \times T + 10,14333127 \times UR - 0,22475541 \times T \times UR - 6,83783 \times 10^{-3} \times T^2 - 5,481717 \times 10^{-2} \times UR^2 + 1,22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times UR + 8,5282 \times 10^{-4} \times T \times UR^2 - 1,99 \times 10^{-6} \times UR^2 \times T^2$$

Na qual, T é a temperatura do bulbo seco em °F e UR é a umidade relativa do ar (%).

$$AJUSTE (1) = [(13 - UR) / 4] \times \sqrt{[17 - |(T - 95) | / 17]}$$

$$AJUSTE (2) = [(UR - 85) / 10] \times [(87 - T) / 5]$$

Deve-se utilizar os ajustes quando a umidade relativa do ar é inferior a 13% e a temperatura encontra-se entre 26,66 °C e 44,44 °C, então subtrai-se o valor encontrado no Ajuste 1 do valor da equação de IC. No entanto, se a umidade relativa do ar for superior a 85% e a temperatura estiver entre 26,66 °C e 30,55 °C, o valor encontrado no Ajuste 2 é somado ao valor da equação do IC. Quando os valores da

temperatura e umidade relativa do ar não se enquadrarem nas duas opções de ajuste é porque não existe a necessidade de fazê-los. Os níveis de alerta e suas consequências à saúde humana estão ilustrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Níveis de alerta e suas consequências a saúde humana

Níveis de Alerta	IC	Sintomas
Não há alerta	IC < 27 °C	Não há problemas
Cautela	27,1 °C – 32 °C	Possível fadiga em casos de exposição prolongadas e prática de atividades físicas.
Cautela Extrema	32,1 °C – 41 °C	Possibilidade de câimbras, de esgotamento físico e insolação para exposições prolongadas e atividades físicas.
Perigo	41,1 °C – 54 °C	Câimbras, insolação, esgotamento físico. Possibilidade de danos cerebrais (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas.
Perigo Extremo	54 °C ou mais	Insolação; risco de acidente vascular cerebral (AVC) iminente.

Fonte: National Weather Service Eather Forecast Office, NOAA. Adaptado por Nóbrega & Verçosa.

4.4.3 Índice de Temperatura e Umidade

Calculou-se o ITU, que é um índice utilizado para ambientes abertos que permite quantificar o “stress” no ambiente urbano. Foi obtido pela seguinte expressão:

$$(3) \quad \text{ITU} = 0,8 \times T + (\text{UR} \times T) / 500$$

Em que, ITU é o índice de temperatura e umidade, T é a temperatura dada em °C e UR é a umidade relativa do ar dada em (%). Através dos resultados do ITU, é possível se ter critérios de classificação desse índice, conforme a tabela 5.

Tabela 5 - Critérios de Classificação do Índice de Temperatura e Umidade

Nível de Conforto	ITU
Confortável	21 < ITU < 24
Levemente desconfortável	24 < ITU < 26
Extremamente desconfortável	ITU > 26

Fonte: Nóbrega e Lemos (2011).

4.4.4 Índice de Desconforto Aplicado a Valores Extremos

O índice de desconforto de Thom foi obtido utilizando-se os valores extremos de temperatura e umidade relativa, gerando respectivamente, valores de índice de conforto térmico máximo e mínimo, para tal, as seguintes expressões foram aplicadas:

$$(4) \quad \text{IDT}_x = T_{\text{máx}} - (0,55 - 0,0055 \times \text{UR}_{\text{mín}}) \times (T_{\text{máx}} - 14,5)$$

$$(5) \quad \text{IDT}_m = T_{\text{mín}} - (0,55 - 0,0055 \times \text{UR}_{\text{máx}}) \times (T_{\text{mín}} - 14,5)$$

Nas quais IDT_x é o índice de desconforto térmico máximo ($^{\circ}C$), $T_{m\acute{a}x}$ é a temperatura máxima do ar ($^{\circ}C$), $UR_{m\acute{a}x}$ é a umidade relativa máxima (%), UDT_m é o índice de desconforto térmico mínimo ($^{\circ}C$), $T_{m\acute{i}n}$ é a temperatura mínima do ar ($^{\circ}C$) e $UR_{m\acute{a}x}$ é a umidade relativa máxima (%).

As equações 4 e 5 foram adaptadas da formulação para cálculo do índice de desconforto térmico (IDT) proposta por Thom.

Tabela 6 - Classes do desconforto térmico em função do índice de desconforto térmico (IDT)

Nível	Faixa do IDT ($^{\circ}C$)	Nível de desconforto térmico
1	$IDT \leq 14,9$	Desconfortável
2	$15,0 \leq IDT \leq 19,9$	Confortável
3	$20,0 \leq IDT \leq 26,4$	Conforto parcial
4	$IDT \geq 26,5$	Desconfortável

Fonte: Silva et al. (2009)

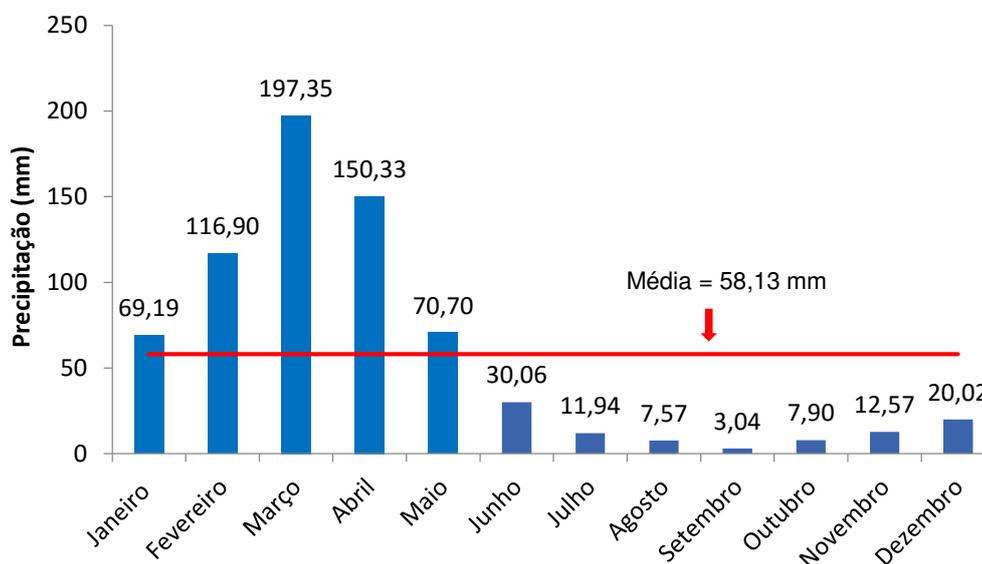
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa foi desenvolvida com intuito de conhecer as reais condições de conforto térmico vivido pela população pombalense e auxiliar as Secretarias de Meio Ambiente e de Infra Estrutura.

5.1 Determinação dos Períodos Seco e Chuvoso (Climatologia)

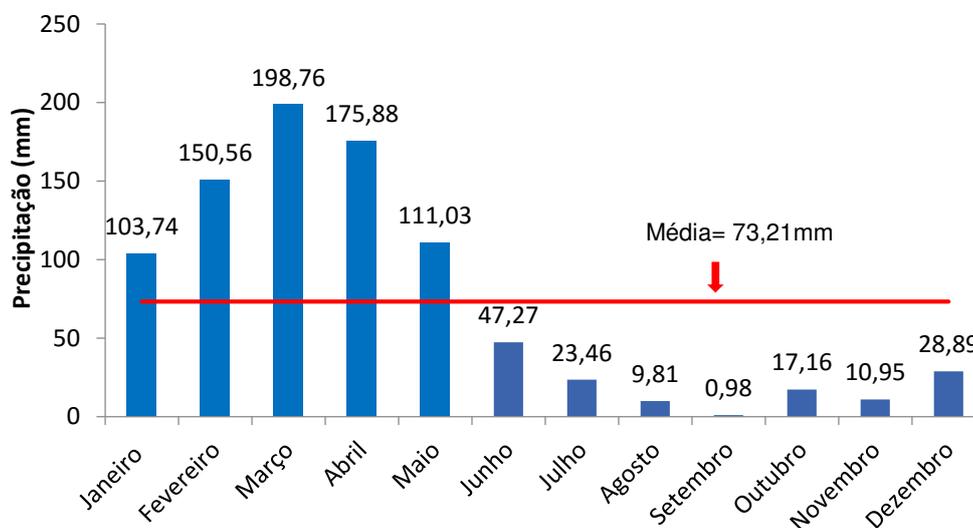
A climatologia foi realizada usando as médias mensais em um período de 72 anos de observações fornecidos na plataforma HidroWeb da ANA (Gráfico 1). No Gráfico 2 observa-se as médias mensais em 21 anos de observação realizadas pela AESA. Com base nos dados de precipitação e no cálculo do desvio padrão, 52,35 mm, para os dados da ANA e de 61,0 mm para os da AESA e do valor médio (Linha vermelha nos gráficos 1 e 2). Ambos dos histogramas comprovam que o período chuvoso começa em janeiro e estende até maio e o restante do ano compõe o período seco para o município de Pombal- PB. A média pluviométrica anual de Pombal é de 773,4 mm.

Gráfico 1 - Histograma dos valores mensais de precipitação pluviométrica de Pombal, PB, referente ao período histórico de 1911 a 1983 (ANA)



Fonte: Autoria própria

Gráfico 2 - Histograma dos valores mensais de precipitação pluviométrica de Pombal, PB, referente ao período histórico de 1994 a 2015 (AESAs)



Fonte: Autoria própria

5.2 Determinação do IDT

No gráfico 3 estão os resultados do Índice de Desconforto de Thom, com base na classificação de Giles 1990, para os dados coletados no bairro Vida Nova. Observa-se que na maioria dos pontos monitorados mais de 50 % da população sente desconforto térmico a partir das 08 horas da manhã, faixa amarela no gráfico 3 ($24,0 \leq \text{IDT} < 27,0$). A partir desse horário até às 16 horas a maioria da população sente desconforto isso foi observado para os pontos 3, 7 e 8. O quadro se agrava quando observamos os demais pontos, que entre às 10 e às 16 horas, que ficaram na faixa na qual a população sente um desconforto muito forte e perigoso.

Os pontos 7 e 8 apresentaram baixos valores de IDT quando comparado com os demais pontos, possivelmente por terem um pouco mais de cobertura vegetal, além da ausência de pavimentação e com favorecimento do fluxo predominante de vento para o conforto térmico. Esses resultados sinalizam que a cobertura do solo, composto por diversos tipos de materiais de revestimento de superfície, alteraram as condições térmicas dos pontos monitorados.

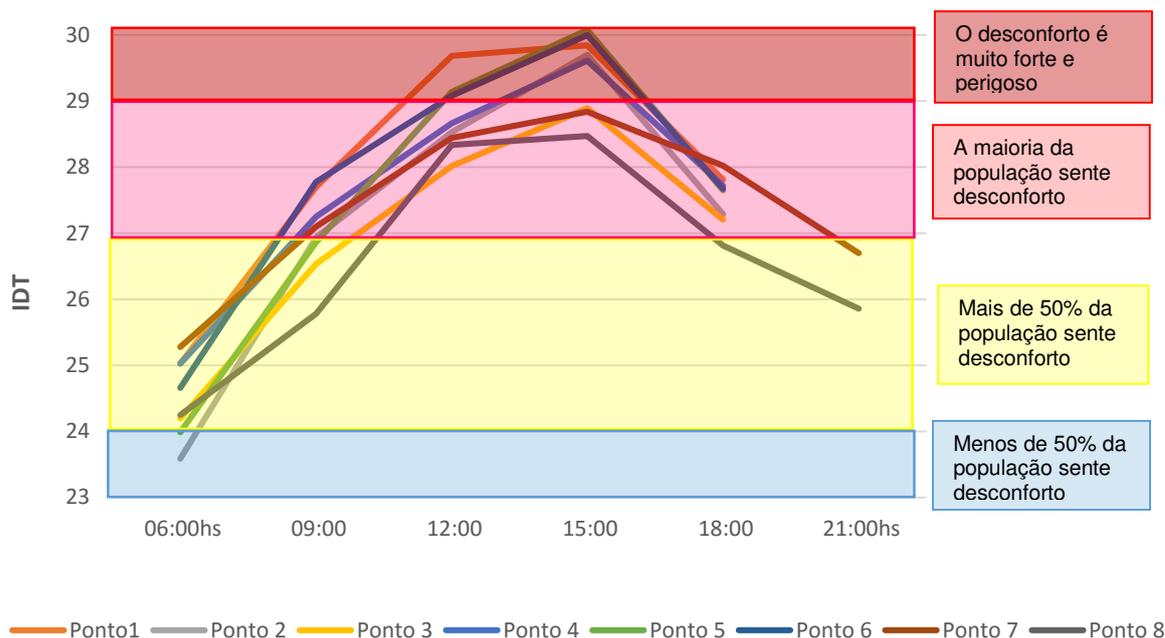
Os pontos 1 e 6 apresentaram os valores mais elevados, que pode ser resultado da ausência significativa de vegetação nesses locais, principalmente no ponto 6 por ser cercado de ruas com pavimentação em paralelepípedo. Já no ponto 1 pode ser em decorrência do avanço da construção civil sobre a vegetação nativa, já

que recentemente o entorno era cercado pela vegetação da caatinga e foi substituído por solo exposto devido a instalação de um grande loteamento.

Os pontos analisados, em geral, apresentam níveis de desconforto térmico dentro das faixas em amarelo e vermelho claro (Gráfico 3) para o período, significando que boa parte do dia a maioria da população do bairro sente desconforto quanto as condições térmicas locais. Isso se justifica não apenas por ser uma região semiárida, mas também por sofrer interferências locais, principalmente em termos de uso e ocupação do solo, onde pode ser explicado pela ausência de cobertura vegetal de forma geral. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al., (2011), quando analisaram o IDT no Campus Universitário em João Pessoa, que encontrou o índice de desconforto térmico onde mais de 50% da população sente desconforto térmico período seco. O local apresentou maiores médias de temperatura e menores de umidade, em meio a cobertura asfáltica e ausência de massa vegetal densa, além de concentração de edifícios que bloqueavam o ar, nestes locais os valores do IDT ficaram dentro da faixa 4, onde a maioria da população sente desconforto térmico.

Em Pombal foi observado valores dentro da faixa de conforto classificado como desconforto muito forte e perigoso sugerindo que a população Pombalense deva ter cautela quanto a exposição prolongada ao sol, principalmente nos horários com período de radiação mais intensa. Neste sentido, acrescenta-se a importância de um planejamento urbano sustentável por parte das secretarias de meio ambiente e de infraestrutura, quanto aos cuidados com a arborização da cidade e principalmente ter compromisso com a saúde e ao bem estar dos cidadãos pombalenses no tocante ao conforto ambiental.

Gráfico 3 - Índice de Desconforto de Thom com base na classificação de Giles 1990.



Fonte: Autoria própria

5.3 Determinação do IDT (condições climáticas de João Pessoa)

Usando o mesmo índice de desconforto, mas com a classificação adaptada e modificada por Santos (2011) apresenta um cenário preocupante para a cidade de Pombal.

No Gráfico 4 pode –se constatar que, nas primeiras horas da manhã, todos os pontos atingiram o desconforto (faixa vermelho claro). Os pontos de maior preocupação são 1, 5 e 6 onde a partir das 10 horas o quadro se agrava, passa de desconfortável para muito desconfortável (faixa vermelho escuro) esse cenário se estende até próximo a chegada da noite. Nos demais pontos 3, 7 e 8 a faixa de muito desconforto se estende por uma faixa menor de 11 às 17 horas.

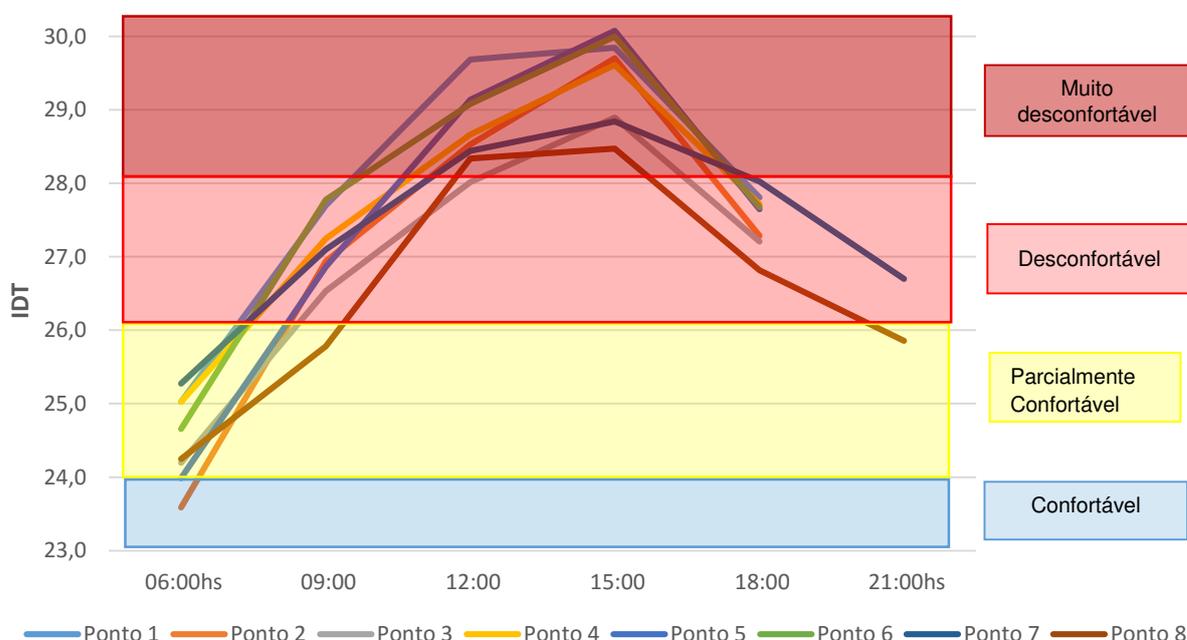
Resumindo, considerando o melhor índice (Ponto 8) e pior índice (Pontos 6): observa-se conforto parcial para a população de Pombal no intervalo 06 horas às 09 horas da manhã para o melhor cenário (faixa em amarelo) e de muito desconforto no intervalo de 09 horas da manhã às 18 horas da tarde considerando o pior cenário (faixa vermelho escuro).

Santos et al., (2012) encontraram, em estudo realizado em João Pessoa cidade de clima tropical úmido, resultados médios do IDT para o período seco valores de

conforto parcial e de desconfortável. Resultado semelhante, porém com valores mais elevados foram observados para Pombal cidade de clima tropical semiárida, os resultados médios em oito pontos de observação ficaram nas faixa 2 e 3, caracterizando conforto parcial e desconforto, respectivamente.

Freitas et al. (2014), observaram que a média do índice de Thom no período seco do campus IV - Rio Tinto foi de 25,1 °C, segundo a classificação de Santos (2011), indicando que as pessoas estão parcialmente confortáveis no campus. Em Pombal também no período seco o valor médio observado foi de 26,2 °C (Tabela 7), indicando desconforto sentido no bairro Vida Nova.

Gráfico 4 - Índice de Desconforto de Thom com base na classificação de Santos 2012



Fonte: Autoria própria

5.4 Determinação do Índice de Calor

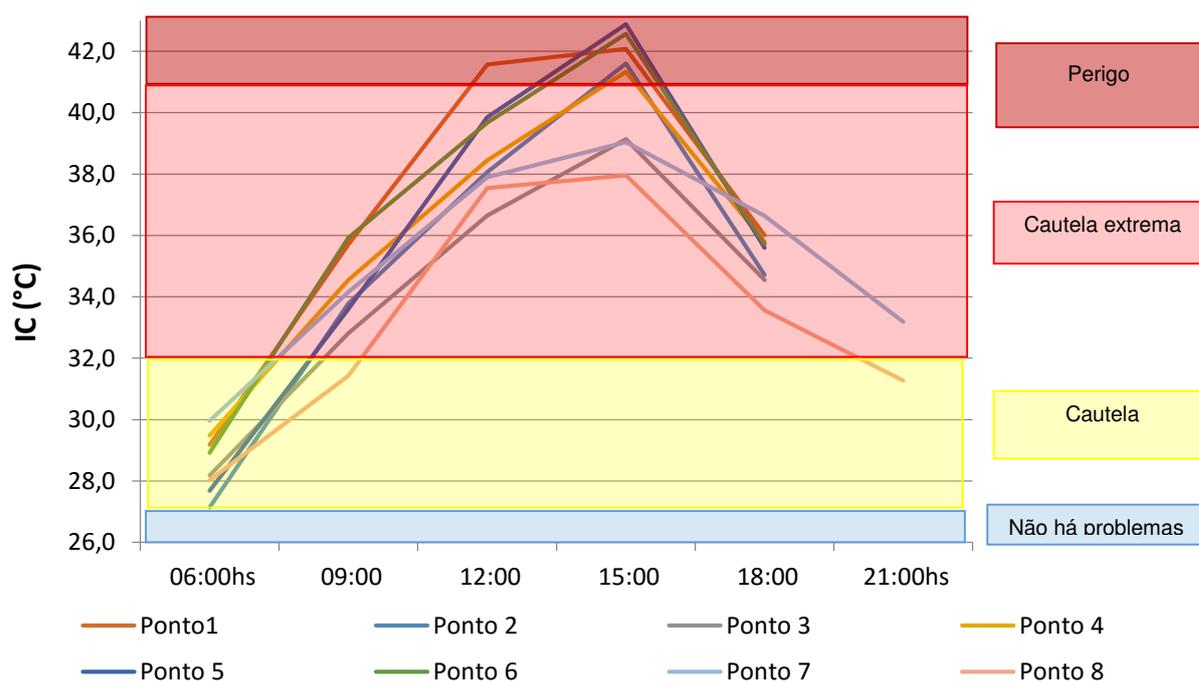
O índice de calor para o bairro Vida Nova, no qual combina a temperatura e a umidade relativa, apresentado no gráfico 5, mostra que a partir das 06 horas da manhã até às 09 a população deve ter cautela (faixa amarela), pois há possibilidade de fadiga em casos de exposição prolongadas e a prática de exercícios físicos, quando se trata de exposição a céu aberto. O quadro se agrava a partir das 09 horas onde deixa de ser estado de cautela e passa a ser cautela extrema (faixa vermelho claro), neste caso, há possibilidade de câimbras, de esgotamento físico e insolação para

exposições prolongadas e prática de atividades físicas. Considerando o pior cenário (Faixa Vermelho Escuro), principalmente nos pontos 5 e 6 a situação passa a ser de perigo no intervalo de 12 horas às 16 horas, com possibilidade de Câimbras, insolação, esgotamento físico, possibilidade de danos cerebrais (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas.

Nobrega e Lemos (2011), estudaram o Índice de Calor, em Recife-PE, concluíram que há certo índice de desconforto térmico na capital pernambucana, sobretudo nos meses mais quentes. Relataram que há um desgaste físico preocupante em centros urbanos densamente povoados como Recife, apresentando resultados de cautela a cautela extrema. As mesmas faixas foram apresentadas para Pombal, com um agravante, para o período mais quente do dia (12 às 15 horas), chegando a faixa de perigo.

Em Belém-PA, Silva Júnior et al., (2013), encontraram resultado mais desconfortável termicamente (IC = 30,0 °C), onde a característica dominante nesta localidade era a pequena quantidade de vegetação e predominando as áreas com pavimentações e edificações. Encontrou condição de menor desconforto térmico (IC = 27,4°C), em área ocupada pela Área de Proteção Permanente de Belém, fato este que impede o desmatamento e o avanço da urbanização para esta área. Em Pombal foi observado condições e resultados semelhantes, onde as características são de impermeabilidade do solo, ausência de vegetação e grande adensamento de casas os resultados foram mais desconfortáveis (IC = 42,6 °C) às 15:00hs, por outro lado no mesmo horário onde as características eram de presença de arborização, rua sem pavimentação o índice teve condição mais favorável termicamente (IC = 38,0 °C).

Gráfico 5 - Índice de Calor com base nos níveis de alerta e suas consequências a saúde humana



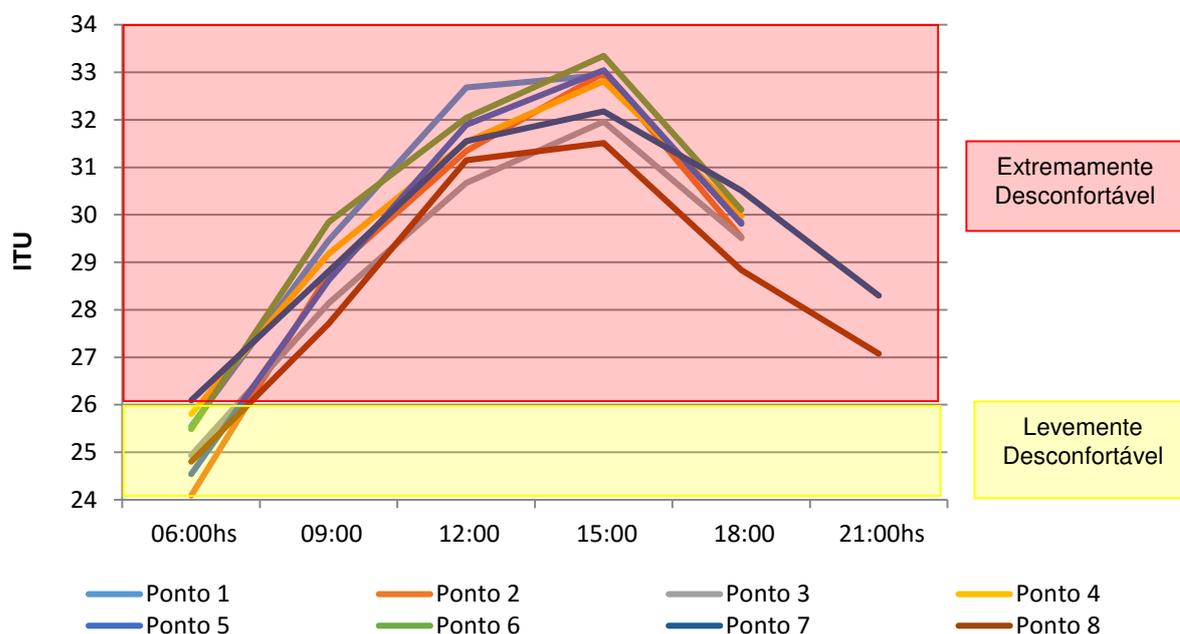
Fonte: Autoria própria

5.5 Determinação do ITU

Usando o método do Índice de Temperatura e Umidade observa-se que a população deve ter muito cuidado com relação a exposição ao sol, principalmente de forma prolongada no período seco, na faixa de ($24 < ITU < 26$) que configura como levemente desconfortável, no intervalo de 06 às 08 horas da manhã como ilustra o gráfico 4. Em grande parte do dia a população está enfrentando desconforto extremo, com ITU apresentando valores maiores que $26\text{ }^{\circ}\text{C}$. Observa-se também que o período mais crítico é de 12 às 15 horas, o que sugere que a população devem ter bastante cautela quanto a exposição ao sol nesse intervalo.

Coltinho et al. (2014), em estudo realizado em Natal-RN, encontraram que apenas no mês de novembro o índice foi confortável, com valor de $23,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Constatou-se ainda, que a maior média de ITU foi em março, com o valor de $27,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, estando no nível “Extremamente desconfortável”. Resultado mais elevado foi encontrado em Pombal onde o valor médio do ITU foi de $29,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, classificando como extremamente desconfortável para o período estudado.

Gráfico 6 - Índice de Temperatura e Umidade com base nos Níveis de Conforto e na classificação de Nobrega e Lemos (2011)

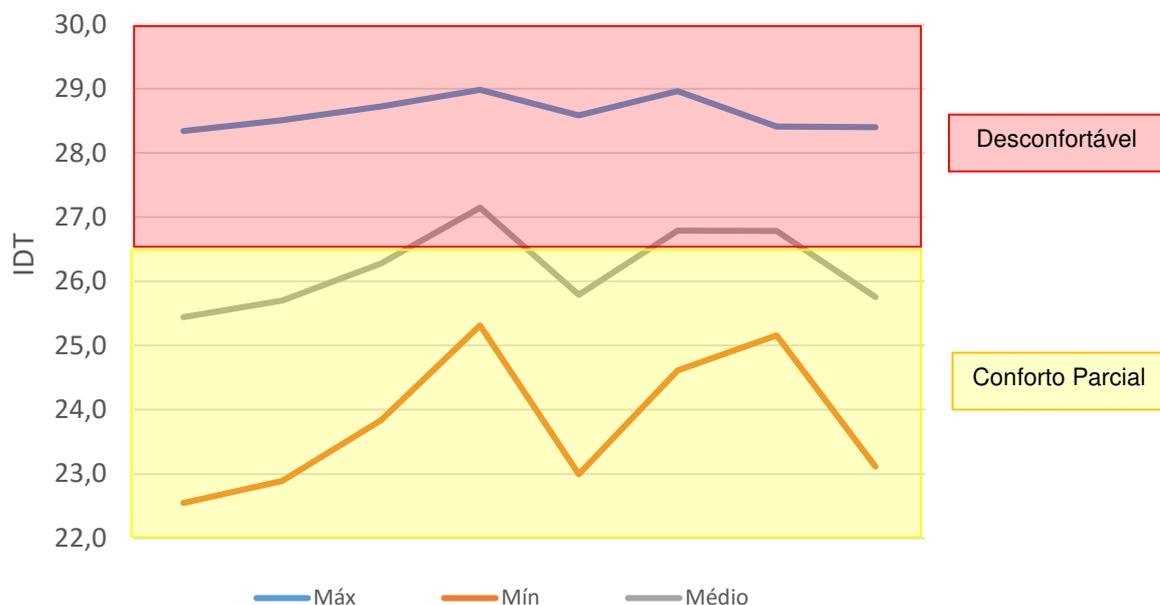


Fonte: Autoria própria

5.6 Determinação do IDT Aplicado a Valores Extremos

Quando aplicado o IDT à valores extremos de temperatura e umidade do ar encontrou-se dois níveis de desconforto de Thom com base na classificação de Silva et al., (2009), mostrado nas equações 4 e 5. Sendo que para os valores de $IDT_{mín}$ o nível é de conforto parcial para todos os pontos (Gráfico 7), já para os valores encontrados de $IDT_{máx}$ o cenário é de desconforto para todos os pontos. Considerado os valores médios o resultado ficou oscilando entre conforto parcial e desconfortável.

Gráfico 7 - Índice de Desconforto de Thom Aplicado a Valores Extremos e com base na classificação de Silva et al., (2009)



Fonte: Autoria própria

A análise dos dados (Tabela 7) revela que a variação média térmica entre os pontos monitorados foi de 1,0°C; já a variação média da umidade relativa do ar foi de 5,4%. Isso resultou numa variação do índice de desconforto térmico de 1,7°C.

O P08 apresentou o menor valor médio de temperatura do ar 32,2 °C, resultando em um dos menores índices de desconforto térmico 25,8 °C, ficando dentro da faixa 3 da classificações de Giles et al., (1990), Tabela 2, indicando que mais de 50% da população sente desconforto térmico nesse ponto. Já o P06 apresentou o maior valor médio de temperatura do ar e um dos menores valores médios observados de umidade relativa do ar, resultando em um dos maiores índice médio de desconforto térmico de 26,8 °C. O P04 teve o maior valor (27,1°C) médio do IDT, ficando dentro da faixa 4 onde a maioria da população sente desconforto.

Considerando os valores médios de temperatura e de umidade relativa do ar, obteve-se um valor médio do IDT de 26,2 °C, o que significa que a mais de 50% da comunidade do bairro Vida Nova sente desconforto, considerando a classificação de Giles et al., (1990) e sente desconforto utilizando a classificação adaptada por Santos (2012).

Em estudo realizado na cidade de Petrolina – PE Bezerra et al., (2013) observaram que o IDT_{máx} indicou desconforto térmico intenso em novembro e

dezembro. Em Pombal também em novembro e dezembro o IDT_{máx} foi classificado como desconfortável.

Em resumo, os pontos P07 e P08 apresentaram os melhores valores do índice entre os pontos estudados para o IDT_{máx}. Por outro lado, os pontos P04 e P06 proporcionaram para a população local os maiores valores do índice.

O IDT_{mín} dos pontos P01 e P02 apresentaram os melhores índices 22,5 °C e 22,9 °C. Considerando que o ponto P01 é o local mais elevado do bairro, pode-se afirmar que o mesmo recebe o vento com maior velocidade e o P02 tem rua larga, arborizada e sem pavimentação, com isso ameniza a temperatura e aumenta a umidade desse local.

Os aparelhos termo higrômetros não conseguiram registrar valores abaixo de 20%, significando que o valor real da umidade relativa mínima do ar pode ter sido menor, portanto resultaria em índices de desconforto mais elevados.

Tabela 7 - Estatísticas da temperatura, umidade relativa (%) e do índice de desconforto de Thom

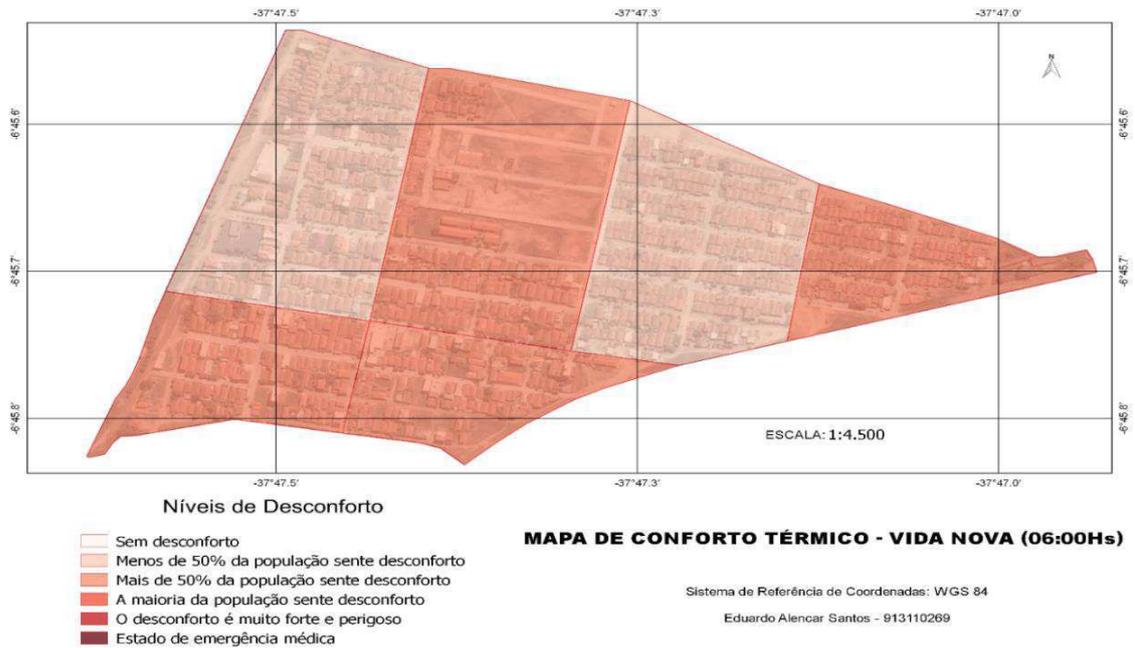
Pontos	Temperatura do Ar (°C)			Umidade Relativa (%)			Índice de Thom (°C)		
	Média	Máx	Mín	Média	Máx	Mín	Média	Máx	Mín
P01	33,6	39,4	24,1	48,4	70,9	20,0	25,4	28,5	22,5
P02	33,1	39,5	24,4	43,9	72,0	20,0	25,7	28,5	22,9
P03	32,8	39,9	26,4	43,1	61,1	20,0	26,3	28,7	23,8
P04	33,7	40,4	27,1	44,2	74,2	20,0	27,1	29,0	25,3
P05	33,2	39,7	25,0	46,3	66,0	20,0	25,8	28,6	23,0
P06	34,1	40,3	26,7	43,0	68,5	20,0	26,8	29,0	24,6
P07	33,4	39,3	27,0	43,7	73,2	20,0	26,8	28,4	25,2
P08	32,2	39,3	24,8	44,1	70,8	20,0	25,8	28,4	23,1
Média	33,3	39,7	25,7	44,6	69,6	20,0	26,2	28,6	23,8

Fonte: Autoria própria

5.7 Espacialização do Conforto / Desconforto Térmico

A espacialização do conforto térmico sentido pela população do bairro Vida Nova às 06:00horas pode ser visto no mapa 3. Observa-se que nas áreas mais claras do mapa menos de 50% da população sente desconforto, o fato é atribuído por ser ambientes mais arborizados e com menos ruas com pavimentação, já nas partes mais escura mais de 50% sentem desconforto no início da manhã.

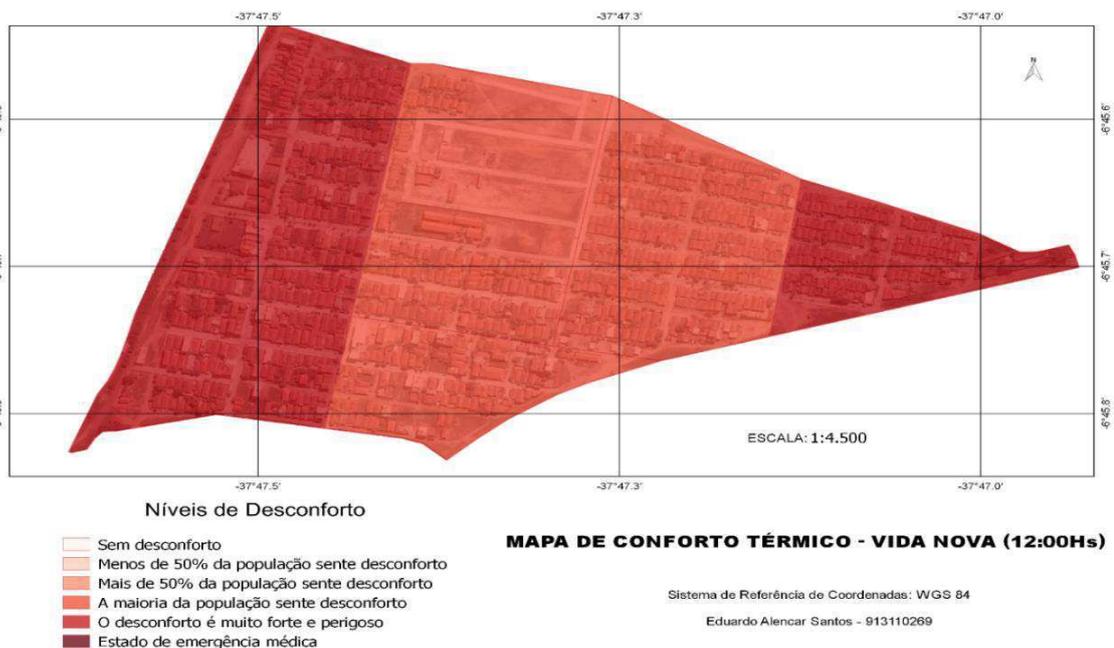
Mapa 3 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova às 06:00 horas



Fonte: Autoria própria

Quando especializados os índices de desconforto térmico urbano no horário das 12:00 horas (Mapa 4) o desconforto é sentido pela maioria da população do bairro mesmo nos locais com arborização (parte mais clara) e se agrava, indicando desconforto muito forte e perigoso nas áreas mais escuras do mapa.

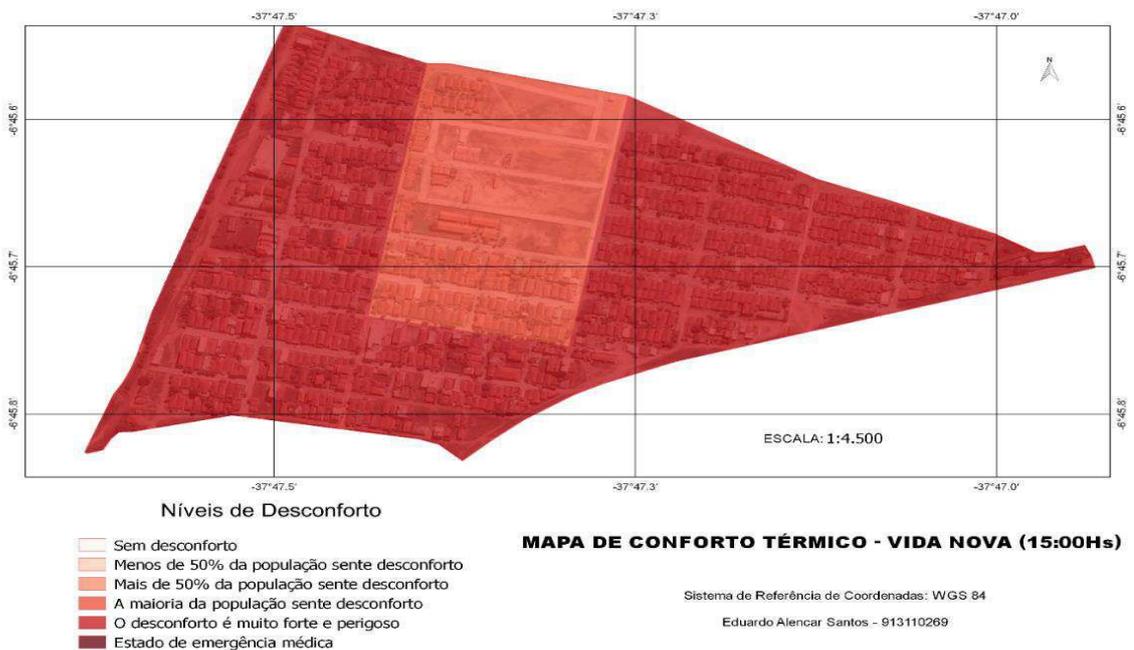
Mapa 4 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova às 12:00 horas



Fonte: Autoria própria

Quando atinge-se o pico máximo de temperatura as áreas de desconforto muito forte e perigoso sentido pela população se expandem no bairro, como ilustra o mapa 5 com a espacialização dos índices de desconforto às 15:00 horas. Na parte mais clara do mapa o índice foi melhor que o das demais áreas, provavelmente por ser ambiente mais aberto o que facilita a circulação dos ventos, já que é um local com uma concentração pequena de casas.

Mapa 5 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova às 15:00 horas

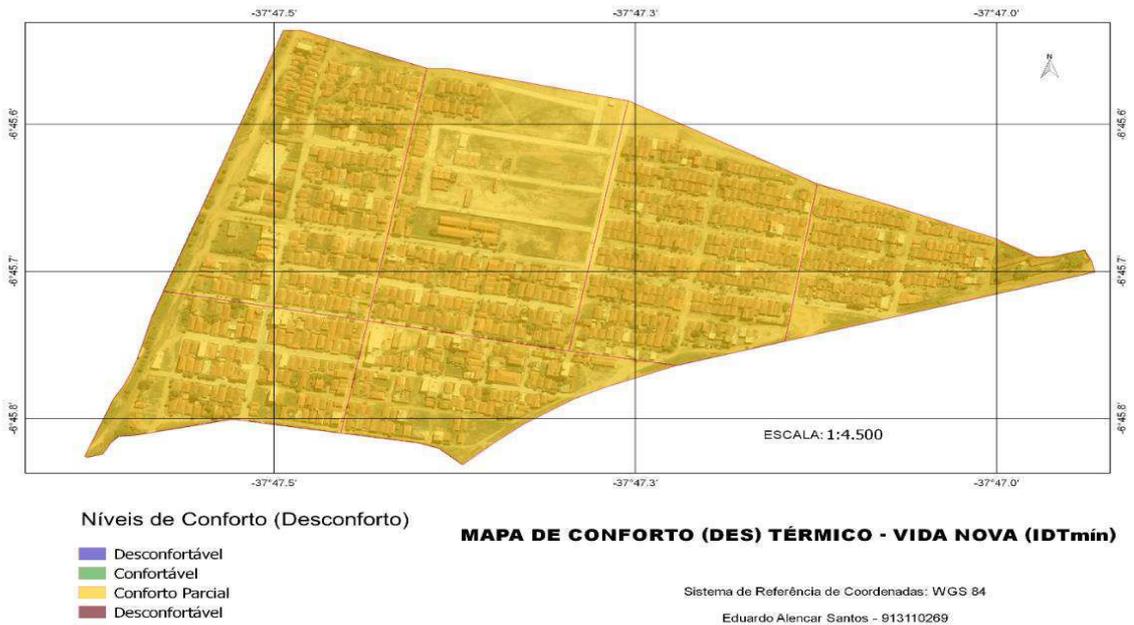


Fonte: Autoria própria

5.8 Espacialização dos índices de conforto aplicado a valores extremos

Analisou-se o conforto aplicado a valores extremos de temperatura do ar e de umidade relativa do ar com base na classificação de Silva et al., (2009), resultando no mapa 6. Percebe-se que a população do bairro Vida Nova sente conforto parcial, nas temperaturas mais baixas e umidade mais elevada.

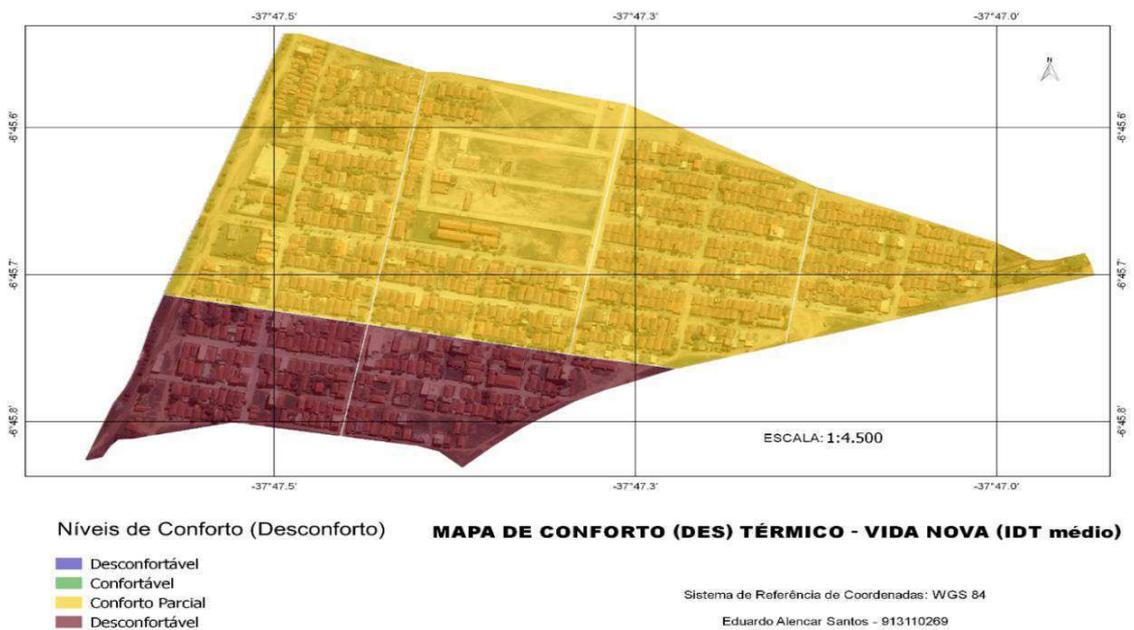
Mapa 6 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova aplicado ao IDT_{mín}



Fonte: Autoria própria

Quando especializou-se os valores médios das variáveis meteorológicas, temperatura e umidade, observou-se conforto parcial para maioria do bairro e níveis de desconforto para áreas onde há maior concentração de ruas pavimentadas e ausência de vegetação (parte escura do mapa 7)

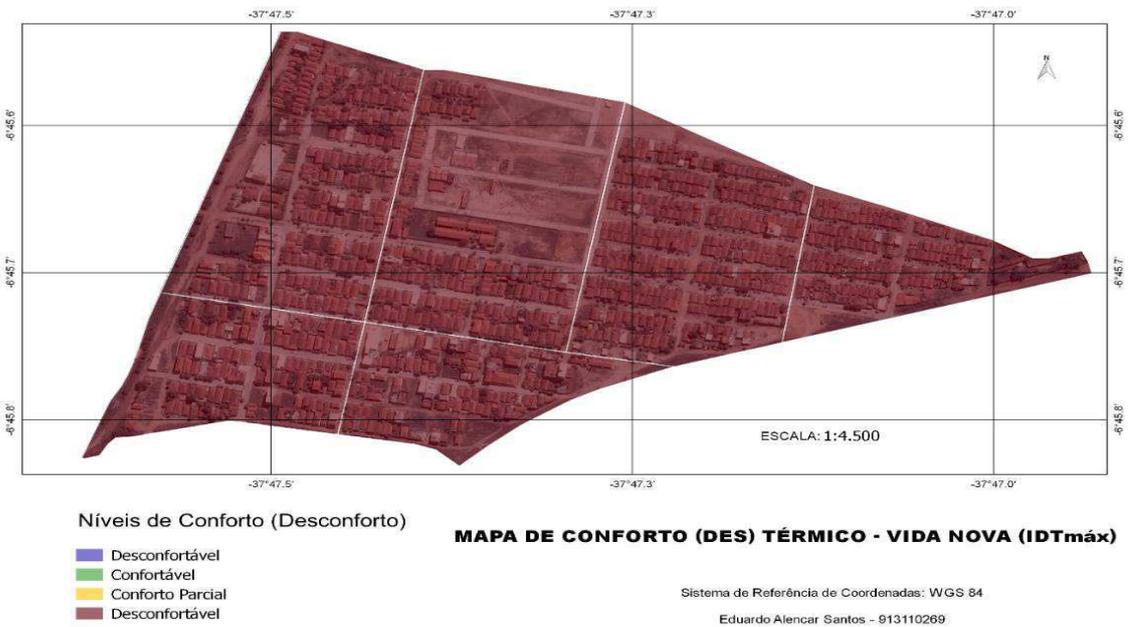
Mapa 7 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova aplicado ao IDT_{médio}.



Fonte: Autoria própria

Para valores extremos, temperatura máxima observada e consequentemente umidade relativa mínima, o que ocorre geralmente no período entre às 12 e às 15 horas, a espacialização do índice de desconforto, no mapa 8, mostra desconforto sentido pela população em todo o bairro, reiterando um sinal de alerta quanto a exposições prolongadas principalmente na faixa horaria mencionada.

Mapa 8 - Espacialização do conforto térmico no bairro Vida Nova aplicado ao IDT_{máx}



Fonte: Autoria própria

6 CONCLUSÃO

O bairro escolhido para a espacialização do conforto térmico foi o Vida Nova no município de Pombal – PB, onde foram realizadas as observações das variáveis meteorológicas.

A climatologia da precipitação de Pombal foi obtida usando os dados fornecidos pela ANA, concluiu-se que o período chuvoso começa em janeiro e se estende até maio e os outros meses do ano compõem o período seco. A média pluviométrica anual de Pombal é de 773,4 mm.

Diante dos resultados encontrados pelo Índice de desconforto de Thom para o bairro Vida Nova no município de Pombal – PB, conclui-se que este índice é adequado para avaliar o nível de conforto térmico humano em ambientes abertos e em regiões de clima semiárido. Além desse os índices de calor, o IDT adaptado por Santos (2011), o ITU e o Índice de Desconforto de Thom aplicado a valores extremos todos apresentaram resultados equivalentes, demonstrando a eficácia desses métodos para se avaliar o conforto térmico.

O IDT mostrou que a maioria da população sente desconforto; com o índice de calor foram encontrados resultados em três níveis: Cautela, Cautela Extrema e de Perigo; os resultados do ITU indicaram que em grande parte do dia a população está enfrentando desconforto extremo. O IDT, adaptado por Santos (2011), resultando em conforto parcial para a população no intervalo 06 horas às 09 horas da manhã e de muito desconforto no intervalo de 09 horas da manhã às 18 horas da tarde.

O Índice de Desconforto de Thom aplicado a valores extremos, concorda com o IDT, e os pontos P07 e P08 do bairro apresentaram os melhores valores de conforto e os pontos P04 e P06 proporcionaram para a população os locais com os piores valores. Esses resultados podem ser atribuídos as características físicas dos locais, onde os piores índices foram observados em locais sem arborização e cercados de pavimentação em cimento/paralelepípedo e com grande adensamento de casas. Já os locais mais confortáveis termicamente são os que apresentaram mais arborização e pouca pavimentação

Todos os índices revelam que o intervalo das 12 às 15 horas é crítico, a população necessita de cautela extrema quanto a exposição ao sol, principalmente quanto a exposições prolongadas. Há indicação de possibilidade de câimbras,

insolação, esgotamento físico, possibilidade de danos cerebrais (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas.

Este trabalho demonstrou através dos índices de conforto e dos recursos do geoprocessamento que as condições microclimáticas estão relacionadas com uso e ocupação do solo. Comprovou-se que a vegetação pode afetar positivamente no comportamento da temperatura, umidade e na velocidade dos ventos locais e portanto, que o desconforto é maior nas áreas com pouca vegetação.

Assim, a utilização de espécies arbóreas no planejamento urbano é um ponto relevante quanto ao conforto da população, tanto no aspecto térmico quanto paisagisticamente; justificando a importância de transformar áreas públicas em áreas verdes. Inclui-se também a necessidade de se ter um bom planejamento urbano quanto a arborização das ruas. Sendo assim, políticas públicas e mais pesquisas devem ser realizadas para o favorecimento do conforto térmico das pessoas que convivem em ambientes semiáridos em especial nas cidades.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, M. C. DE C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP : episódios de inverno. **Geosul**, v. 20, n. 39, p. 65–82, 2005.
- BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L. de; TORRES, S. C. Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. Maceió: EDUFAL, 2007. 164 p.
- BEZERRA, P. T. DA C.; LEITÃO, M. DE M. V. B. R.; AZEVEDO, P. V. DE. Ilhas De Calor E Desconforto Térmico No Semiárido Brasileiro: Um Estudo De Caso Na Cidade De Petrolina-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 03, p. 427–441, 2013.
- BROWN, M. C. Hacking Google Maps and Google Earth. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2006.
- Carvalho, M.M. 2001. Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal. Natal: UFRN, 283p. Dissertação Mestrado.
- COUTINHO, M. D. L. et al. O MICROCLIMA E O (DES)CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES ABERTOS NA CIDADE DE NATAL. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 10, n. 19, p. 65–73, 2014.
- DUARTE, D.H.S.; SERRA, G.G. 2003. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e propostas de um indicador. *Revista Ambiente Construído*, v.3, n.2, p.07- 20.
- EMBRAPA. Por que manter árvores na área urbana? **Documentos**, n. 1980-6841, p. 40, 2009.
- FANGER, P. O. 1970. Thermal Comfort. Copenhagen: Danish Technical Press. Technical University of Denmark, Laboratory of heating and Air Conditioning.
- FERNANDES, E. Impacto socioambiental em áreas urbanas sob a perspectiva jurídica. In: MENDONÇA, F. (Org.). Impactos socioambientais urbanos. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 99 - 128.
- FREITAS, A. F. DE; SANTOS, J. S. DOS; ALMEIDA, N. V. Avaliação do conforto térmico do campus iv - rio tinto aplicado ao ordenamento territorial ambiental. **CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, v. 15, n. ISSN 1678-6343, p. 89–99, 2014.
- FXBIOMETRIA, **Termo Termo Higrômetro Digital com Cabo extensor - TH 439**. 2016. Disponível em: < <http://www.fxbiometria.com.br/review/product/list/id/237/>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación.** Madrid: Editorial Síntesis S. A, 1995. 285 p.

GARMIN, **GPS de navegação e-Trex 30 Garmin.** 2016. Disponível em: <<https://buy.garmin.com/pt-BR/BR/fitness-e-outdoor/gps-portateis/etrex-30x/prod518048.html>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

Giles, B.D.; Balafoutis, C.; Maheros, P. 1990. Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *Int. J. Biometeorol.*, v.34, p. 98-104.

GONÇALVES, A.; RIBEIRO, A. C.; RODRIGUES, B.; CORTEZ, P.; NUNES, L.; FELICIANO, M. A avaliação da influência dos espaços verdes no conforto térmico urbano. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DO AMBIENTE, 4., 2007, Acta... Portugal: Universidade de Aveiro, 2007. p. 1357 - 1362.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em:<<http://7a12.ibge.gov.br/vamosconhecero brasil/nossopovo/caracteristicas-da-populacao>; acesso em: 19 de Fevereiro de 2015.

IMPAC. **Anemômetro Termohidro Luxímetro Digital LM-8000 Lutron.** São Paulo, 2016. Disponível em: <www.impact.com.br/anemometro/luximetro/termoanemometrolutronlm8000.htm>. Acesso em: 20 fev. 2016.

JAUREGUI, E. The human climate of tropical cities: an overview. *International Journal of Biometeorology*, Heidelberg, 35(3), 151-160, 1991.

KORTE, G. B. *The Gis Book*. 5 ed. [S.l]: [s.n.], 2001. ISBN 0766828204.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR.** 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LIMA, N. R. DE; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. Clima urbano no brasil: análise e contribuição da metodologia de carlos augusto de figueiredo monteiro. **REVISTA GEONORTE**, v. 2, p. 626–638, 2012.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec , 1985. 244 p.

LOPES, E. E. **Proposta Metodológica para Validação de Imagens de Alta Resolução do Google Earth para a Produção de Mapas.** 2009. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 2009.

- MARTINI, A. **Microclima e Conforto Térmico Proporcionado pelas Árvores de Rua na Cidade de Curitiba – PR**. 2013. 129f. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- MENDONÇA, F. (2001). Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 3, p. 79-95, Editora da UFPR.
- MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. Termografia de Superfície e Temperatura na RMC RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR). **R. RAÍGA**, Curitiba, n. 9, p. 25 - 35, 2005.
- MILLS, G et al. 2010. Climate Information for Improved Planning and Management of Mega Cities (Needs Perspective). *Procedia Environmental Sciences*, v.1, n.1, p.228-246.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. D. O. Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1–10, 2002.
- MOURA, M. DE O.; ZANELLA, M. E. **Os Estudos de Clima Urbano no Nordeste do Brasil** João Pessoa/PB: III Seminário Regional Norte e Nordeste de Pós-Graduação em Geografia, 2012.
- NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. DA S. O. Microclima e o (Des) Conforto Térmico em Ambientes Abertos na Cidade do Recife. **Revista de Geografia**, v. 28, n. 1, p. 93–109, 2011.
- OKE, T. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978.
- PROJECT, Q. QGIS 2.8 User Guide. 2016. Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.8/pdf/pt_PT/QGIS-2.8-UserGuide-pt_PT.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2016.
- RIVERO, R. Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1985. 239 p.
- ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384 p.
- SANTOS, J. S. (2011). Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em uma cidade tropical úmida. Campina Grande: UFCG, 108p. Tese de Doutorado.
- SANTOS, J. S. DOS et al. Análise das Condições do Conforto Térmico em Ambiente

Urbano: Estudo de Caso em Campus Universitário. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 02, p. 336–353, 2011b.

SANTOS, J. S. DOS et al. Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 540–557, 2012.

SANTOS, J. S. DOS et al. Caracterização do Campo Térmico Urbano e suas Relações com o Uso e Ocupação do Solo no Campus Central da UFPB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 445–462, 2011a.

SANTOS, J. S. DOS; SANTOS, G. D. DOS. Estudo Microclimático em Pontos Representativos da Malha Urbana da Cidade de João Pessoa\PB: Uma Avaliação do Campo Térmico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 5, p. 1430–1448, 2013.

SILVA JÚNIOR, J. DE A. et al. 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, p. 419–428, 2013.

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

VECTUS, Termo-Higrômetro-HT-210.2016. Disponível

em:<<http://www.vectus.com.br/produtos-descontinuados/termo-higrometro-ht210.html>>

VIANA, S. S. M. **Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio / SP.**

2006.190f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.