

**UNESP**  
Pres. Prudente

**Universidade Estadual Paulista**  
Júlio de Mesquita Filho  
Programa de pós-graduação em Geografia

**KARIME PECHUTTI FANTE**

**EVENTOS EXTREMOS DE  
TEMPERATURA  
E SEUS IMPACTOS NO  
CONFORTO TÉRMICO HUMANO:  
ESTUDO DE CASO EM  
PRESIDENTE PRUDENTE, BRASIL,  
NA PERSPECTIVA DA GEOGRAFIA DO CLIMA**

**TESE DE DOUTORADO**

Arte: Patricia Batista

Universidades:



Financiamento:







**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**PRESIDENTE PRUDENTE**

EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E SEUS IMPACTOS NO CONFORTO  
TÉRMICO HUMANO: ESTUDO DE CASO EM PRESIDENTE PRUDENTE, BRASIL,  
NA PERSPECTIVA DA GEOGRAFIA DO CLIMA

KARIME PECHUTTI FANTE  
DOUTORANDA

PRESIDENTE PRUDENTE/SÃO PAULO/ BRASIL  
2019





KARIME PECHUTTI FANTE

EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E SEUS IMPACTOS NO CONFORTO  
TÉRMICO HUMANO: ESTUDO DE CASO EM PRESIDENTE PRUDENTE, BRASIL,  
NA PERSPECTIVA DA GEOGRAFIA DO CLIMA

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia – campus de Presidente Prudente – UNESP, como parte das exigências para a obtenção do título de doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Lima Sant’Anna Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Vincent Dubreuil

PRESIDENTE PRUDENTE – SÃO PAULO – BRASIL  
2019

F216e	<p>Fante, Karime Pechutti</p> <p>EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E SEUS IMPACTOS NO CONFORTO TÉRMICO HUMANO: : estudo de caso em Presidente Prudente, Brasil, na perspectiva da geografia do clima / Karime Pechutti</p> <p>Fante. -- Presidente Prudente, 2019</p> <p>327 p. : il., tabs., fotos, mapas + 1 CD-ROM</p> <p>Tese (doutorado) • Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente</p> <p>Orientador: João Lima Sanf'Anna Neto</p> <p>Coorientador: Vincent Dubreuil</p> <p>1. climatologia. 2. temperatura. 3. eventos extremos. 4. conforto térmico. 5. vulnerabilidade. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA TESE:** A geografia do clima e eventos extremos de temperatura: aspectos sobre o conforto térmico e saúde na cidade de Presidente Prudente/São Paulo/Brasil

**AUTORA:** KARIME PECHUTTI FANTE

**ORIENTADOR:** JOÃO LIMA SANTANNA NETO

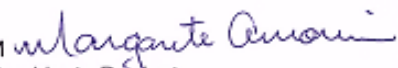
**COORIENTADOR:** VINCENT DUBREUIL

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em GEOGRAFIA, área: Produção do Espaço Geográfico pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOÃO LIMA SANTANNA NETO  
FCT / UNESP/Presidente Prudente (SP)



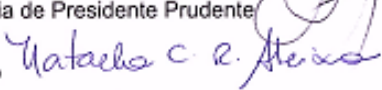
Prof.ª. Dr.ª. MARGARETE CRISTIANE DE COSTA TRINDADE AMORIM  
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente



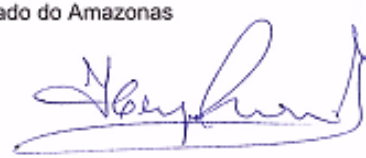
Prof. Dr. JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI  
Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente



PROFESSORA DOUTORA NATACHA CÍNTIA REGINA ALEIXO  
Departamento de / Universidade do Estado do Amazonas



Prof. Dr. HUGO ROMERO  
Geografia / Universidade do Chile



Presidente Prudente, 09 de setembro de 2019



Quando não existia nada além do sonho  
você tinham certeza que seria possível;  
Quando sobraram dúvidas e incertezas  
minha alma foi alimentada com coragem;  
Quando existia medo os olhos mais ternos  
mostraram que era necessário abrir  
as asas e voar.

A vocês: mãe, pai e Thamiris dedico o resultado  
desse trabalho e compartilho a alegria  
dessa conquista.



## AGRADECIMENTOS

Uma tese não se constrói só. Ao contrário. Depois de 12 anos, desde que cheguei a UNESP, vejo o quanto fui agraciada com cada pessoa que passou por mim e que me ajudou a ser o que sou hoje, a construir o conhecimento de geografia e de mundo, a desenvolver as pesquisas desde a iniciação científica.

Muita coisa aprendi nesse tempo. Minha vida realmente mudou a partir da educação. E não só a minha como a de todos que estavam próximos e que aprenderam junto comigo que era possível cursar o ensino superior, chegar a uma universidade pública, crescer. Da minha família eu fui a primeira a cursar uma universidade, uma universidade pública. Refiro-me a isso porque em tempos tão sombrios em que vivemos, e um período que é necessário defender o óbvio, como o que vivemos em nosso país, é importante ressaltar que a educação transforma vidas. E a minha é uma delas. Considero-me vitoriosa de ter tido a oportunidade de chegar até aqui. Foi muito mais que um dia eu pensei que poderia e isso só foi possível porque existiu pessoas que confiaram em mim, que me incentivaram, ajudaram, e instruíram.

Não poderia começar a citar nomes sem me referir aos maiores incentivadores desde sempre: mãe, Ivonete, pai, Claudenir. Sou muito privilegiada por tê-los por perto me apoiando e incentivando. Confesso que por muitas vezes pensei em desistir, mas eu não podia: por mim, por vocês. Obrigada mãe pelas milhões de vezes foi minha confidente, psicóloga, incentivadora, encorajadora; A palavra certa na hora exata, o silêncio em meio ao turbilhão. Obrigada por tudo o que fizeram e ainda faz por mim em todo esse tempo. Obrigada por me incentivarem e darem a oportunidade de vivenciar esse momento. Essa conquista é nossa!!

Também agradeço a minha irmã que, sempre presente, torceu e vibrou com cada conquista; que enxugou minhas lágrimas e foi fortaleza. Obrigada menina por cada palavra de incentivo e confiança de que seria possível. À você toda admiração do mundo.

Devo agradecer também a vó Odette que durante esse tempo de doutorado se foi deixando um enorme vazio, uma saudade incomparável. Agradeço a ela que sempre acreditou em mim, que torcia e comemorava junto a cada vitória.

Também devo agradecer ao Fred, meu amor e meu companheiro de todas as horas. Você chegou depois do sonho projetado e do caminho traçado, mas foi quem me ajudou a conquistar cada uma dessas fases. Foi incentivador, compreensivo,

paciente e parceiro. Sempre acreditou que seria possível e fez tudo o que pôde para me ajudar a concretizar esse sonho: desde a me escutar e ajudar a decidir o melhor caminho; ser companhia em todas as cidades que passei; super assessor de montagem e instalação de equipamentos (rs); até das longas e cansativas viagens à Prudente. Obrigada por todo amor e compreensão nesses tempos de ausência.

Também agradeço ao meu orientador João Lima. Desde que cheguei em Prudente eu sabia que era com ele com quem eu gostaria de trabalhar e aprender cada vez mais. É fantástico ouvi-lo falar, aprender com uma pessoa tão sábia. Ao João devo tudo o que aprendi na academia enquanto pesquisadora. Muito obrigada por aceitar meu pedido há 12 anos, por me ensinar a escrever, a pesquisar, a amar a geografia e a climatologia como você ama. Agradeço todas as oportunidades e caminhos que abriu na minha vida; por toda a preocupação com bolsas, passagens aéreas, correções, que você sempre teve. Obrigada por se preocupar comigo, além das formalidades acadêmicas. Saiba que eu nutro um carinho e uma admiração enorme por você. Obrigada pela minha e por todas as vidas que você pôde transformar.

Também gostaria de agradecer a um amigo francês, mais brasileiro que muito brasileiro (rs), que foi fundamental para que hoje estivéssemos aqui. Desde o começo dessa jornada o Vincent foi aquela pessoa que sempre esteve presente aconselhando, trabalhando junto, fazendo o que fosse possível para que conseguíssemos desenvolver essa tese. Em vários momentos decisivos foram esses olhos que acreditaram em mim e me incentivaram a continuar. Só tenho a agradecer todo o conhecimento que obtive nesse período, toda a atenção, cuidado, orientação e paciência. Ao meu grande amigo meu mais sincero obrigada por tudo o que fez por mim nesses quatro anos! Un grand MERCI, monsieur Dubreuil!

Também gostaria de agradecer a Margarete. Sempre com palavras doces e abraços calorosos, sabedoria e justiça, a Margô esteve presente no meu caminho desde o primeiro ano da graduação. Muito obrigada por toda ajuda nesse período: por ser o conselho certo, a orientação necessária, e o apoio no momento de dúvidas. Muito obrigada pela cessão dos aparelhos, auxílio e conhecimento compartilhado. Saiba que te admiro muito e me espelho muito em você enquanto mulher, profissional e amiga.



Agradeço também ao Tadeu pelo aceite em participar dessa banca e por me auxiliar a dar os primeiros passos na pesquisa com carinho e dedicação. Meu muito obrigada, Tadeu, por todos esses anos compartilhando seu conhecimento.

Ao professor Hugo agradeço a disponibilidade de participar dessa banca. É sempre uma honra ouvi-lo e aprender com tamanha sabedoria.

Agradeço a minha amiga Natacha por estar presente comigo em mais essa etapa da minha vida. Além de uma inteligência admirável a Nat é uma das pessoas com o coração mais lindo que eu conheço. Ter você na minha vida é realmente um presente. Obrigada por toda a força, dicas e parceria. Tive muita sorte em ter “forçado uma amizade” naquele ônibus para Alto Caparaó (rs) e que tenho certeza que será para sempre.

As amigas de sempre e para sempre: Franciane e Natalia gostaria de agradecer por todos os momentos que passamos juntas. Com vocês dividi os melhores anos da minha vida. Na alegria e na dor, assim como brincávamos, sinto que morar com vocês é minha saudade diária. Obrigada por serem as melhores amigas que alguém poderia ter. Hoje findo uma etapa que em grande parte dela vocês foram meu suporte e auxílio. Muito obrigada!

Também gostaria de agradecer ao Washington que se tornou um dos amigos mais especiais. Com ele compartilhei as alegrias do intercâmbio e encontrei um amigo sincero capaz de escutar e dividir as dificuldades da vida de pós-graduandos. Muito obrigada por toda ajuda com o francês, com a vida em Rennes, com a preocupação com a tese. Muito obrigada pela ajuda com os mapas e por ter sempre uma mensagem de otimismo e força. Te admiro meu amigo!

Um muito obrigada também aos amigos que pude conquistar no período que estive em Rennes: Veronique que, além da parceria, se tornou uma das amigas mais especiais que pude encontrar em Rennes; Xavier pela atenção e companheirismo; demais amigos do Laboratorio: Marion, Renan, Edwirges, Perrine, por me acolherem e compartilhar a vida rennense; aos amigos do mestrado: Manon, Anais, Napo, Jaque, Jeremy por serem minha companhia e me ensinarem muito da universidade e de diferentes culturas; as amigas do Cirefe: Natalia e Natayme por compartilharem o aprendizado da língua tornando-o mais fácil e divertido; e ao Hiago que sempre muito presente se tornou um grande amigo e companheiro, com quem pude conhecer mais a vida francesa.

Não poderia deixar de agradecer também as melhores pessoas que me receberam durante a estadia em Mendoza. Obrigada Silvia e Cecilia por todo o acolhimento e momentos felizes de aprendizado. Obrigada por cuidarem que minha estadia fosse maravilhosa e por se tornarem amigas tão especiais. Também agradeço as pessoas lindas que conheci nesse período e que contribuíram cada qual a sua maneira com o desenvolvimento da tese e construção do conhecimento: Claudia, Claudia Albiol, Daniele (UNESP), Marcela Polimeni, Ricardo Vilalba, Carolina Beceyro e Jorge Pickhain.

Um obrigada muito especial a aqueles que efetivamente estiveram ao meu lado ajudando a conquistar os resultados dessa tese. Amigos para os momentos felizes é muito fácil conquistar, mas aqueles que verdadeiramente você pode contar são poucos e eu devo muito a cada um de vocês que atenderam ao meu pedido e se dispuseram a ajudar com a aplicação dos questionários (que não eram poucos!). Obrigada por compartilharem seu tempo e disposição, por abraçarem a causa de forma tão linda e dedicada. Tínhamos apenas uma semana para concluir essa fase da tese e vocês estavam lá. Tenho muito a agradecer-los: Fani, Agnaldo, Jessica, Ritieli, Alexandre, Aristoteles, Glasiely, Gabriel Borasch, Renan Coelho, Renan Davoli, Naiara, Juninho, Lindberg. Muito obrigada, de coração.

Também agradeço enormemente as mulheres maravilhosas que gentilmente cederam suas residências para que fosse possível instalar os sensores nos períodos de inverno e verão: Vanessa, Eliete, Juliana, Fani e Margarete. Muito obrigada por me receberem em suas casas e auxiliar para que a pesquisa pudesse ser realizada. Vocês são pessoas de luz! Que sejam sempre abençoadas.

Dentre essas mulheres incríveis devo um agradecimento especial a Eliete. Mais do que uma professora de francês ela se tornou uma grande amiga, conselheira, encorajadora. Pôde entender o turbilhão do momento em que estava passando e não mediu forças para que eu conseguisse, em tão pouco tempo, conversar, entender, ler em francês.

Ainda com essa fase de intercâmbios devo um agradecimento especial ao Cirso, Vinicius Carmelo. Sem sua ajuda nada disso seria possível. Obrigada pelo encorajamento, pelas traduções e elucidações com os processos burocráticos. Foi graças a sua paixão e curiosidade pelo novo, por novas culturas, que eu também pude conquistar esses intercâmbios e vivi alguns dos melhores momentos da minha vida.

Agradeço também ao melhor grupo de pesquisas que poderia fazer parte, GAIA, e os amigos de pós-graduação. Nesse local, com esse grupo de pessoas, pude aprender sempre mais e compartilhar uma paixão em comum: a climatologia. Obrigada a todos aqueles que contribuíram para que hoje pudéssemos chegar ao fim dessa pesquisa. São muitos nomes, mas recordo com carinho do Gilmar Soares, Mariana, Marcel, Claudinei, Renata Prates, Daniele Frasca, Aline, Pedro Murara, Mauro, Renan Davoli.

Meu muito obrigada a dois amigos muito especiais Paulo Lopes e Ritiele por permitirem participar da banca de vocês. Um momento importante e especial. Obrigada por me atribuírem essa responsabilidade linda durante o doutorado superando a formalidade e se tornando grandes amigos, especiais e queridos.

Agradeço a gentileza e paciência das meninas da seção de pós-graduação que em todo esse processo se mostraram solícitas e compreensivas com o desenvolvimento das atividades: Aline, Cynthia e Ivonete. Um agradecimento também ao professor Everaldo, coordenador da pós, pelo trabalho brilhante e comprometido, por compreender as especificidades e momentos de cada um dos estudantes com paciência e sabedoria. Muito obrigada a você e todos os demais membros da comissão de pós.

Um agradecimento especial a artista e geógrafa Patricia Batista que elaborou a arte inicial da capa. Um trabalho lindíssimo realizado com sensibilidade e talento. Para quem quiser apreciar seu trabalho em aquarela e digital indico que sigam no instagran @patriciabatista.arteterapia.

Agradeço também aos meus alunos amados, queridos, que tem me ensinado dia a dia como ser uma professora cada vez melhor. Aos alunos e professores do IFSP (São Carlos) e Paulo Freire (Jaboticabal) expresse minha admiração e sentimento de gratidão. Com vocês minha esperança de um mundo melhor desabrocha, pois vejo várias sementes do bem sendo cultivadas com inteligência, responsabilidade, comprometimento e empatia.

Agradeço ao amigo Humberto Lídio pela ajuda com a formatação e por ter se tornado um amigo tão especial. Um verdadeiro presente que São Carlos e o IFSP me deu.

Um sentimento de gratidão muito grande também se deve a Maria Claudia pela ajuda na elaboração do abstract. Tenho certeza que os alunos do IFSP estão cercados pelos profissionais mais competentes e inteligentes que conheço.

Por fim deixei para agradecer aqueles que são muito especiais no meu coração. Aqueles que levam a vida com amor, alegria, inteligência e empenho. Pessoas do bem que vem conquistando seus espaços e fazendo um trabalho lindíssimo nas universidades que trabalham. Ao clã da maloquinha: Nubia, Lindberg, Juninho, Natasha e Cirso meu muito obrigada por serem tão maravilhosos e por compartilharem de uma amizade tão linda. Tenho certeza que o futuro de vocês será de muito sucesso e conquistas. Também agradeço aos meus amigos maravilhosos aqueles que fazem meus dias mais felizes e com quem compartilho as melhores lembranças e momentos. Aqueles que sempre estiveram ao meu lado incentivando, aconselhando, compartilhando suas experiências, os sorrisos, as risadas, o choro, as cervejinhas e churrasquinhos ao som de “É o Tchan” (rs), tudo com muita intensidade porque somos assim, né!? Um beijo especial e um abraço na Tainá, Leandro, Marcio Catelan, Agnaldo, Jéssica, Yara, Naiara, Fani e Maria.

Espero não ter me esquecido de ninguém, mas se assim for, agradeço a todos aqueles que torceram, rezaram, fizeram votos para tudo dar certo na minha vida e nos meus caminhos.

Agradeço, por fim, Àquele que me sustentou até aqui, que ouviu minhas preces, acalmou meu coração e atendeu meus pedidos.

"(...) o real não está na saída nem na chegada, ele se dispõe para gente é no meio da travessia. Mire e veja: o mais importante e bonito desse mundo é: que as pessoas não estão sempre iguais, ainda não foram terminadas, mas que estão sempre mudando. Afinam e desafinam. Verdade maior é o que a vida me ensinou"

---

*Guimarães Rosa*



## RESUMO

FANTE, Karime Pechutti. **EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E SEUS IMPACTOS NO CONFORTO TÉRMICO HUMANO**: estudo de caso em Presidente Prudente, Brasil, na perspectiva da geografia do clima. 2019. 327 p. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente – SP, 2019.

Nos últimos anos as mudanças climáticas têm sido foco de diversas pesquisas de cunho científico e político principalmente após as publicações dos relatórios desenvolvidos pelo IPCC. Segundo o grupo, e fato incontestável para muitos pesquisadores, as mudanças climáticas deverão aumentar consideravelmente o número e intensidade dos eventos meteorológicos extremos. Contudo, tais repercussões não ocorrerão em todos os espaços e com intensidades equivalentes. Cada grupo de acordo com o seu poder aquisitivo, forma organizacional, processo histórico e cultural percebem a eminência do risco de modo singular e, da mesma forma, em um futuro próximo, responderão de modo desigual a partir de mecanismos capazes de se precaverem com maior ou menor resiliência à essas repercussões. Diante desta discussão esta pesquisa teve o objetivo de analisar e pesquisar as repercussões dos eventos extremos, associados a temperatura (frio e calor) e condições de conforto térmico humano e bairros com diferentes padrões socioeconômicos na cidade de Presidente Prudente. A hipótese dessa pesquisa é que a população residente nos setores menos valorizados e mais segregados socio-economicamente é também a camada mais vulnerável e afetada, negativamente, por essas ocorrências extremas e com impactos significativos no conforto térmico e saúde. Para contemplar este universo de análise a pesquisa é composta por três vertentes principais: análise dos eventos extremos de frio e calor e a influência na biometeorologia humana por meio do conforto e desconforto térmico; análise dos eventos de ondas de calor e frio e a repercussão na cidade de Presidente Prudente; a vulnerabilidade, adaptação e impactos na saúde da população urbana. Os resultados indicam que desde 1961 a cidade de Presidente Prudente tem verificado um aumento no número de situações desconfortáveis especialmente associadas ao calor (desconforto térmico e ondas de calor). Verificou-se que os meses em que a população mais sofre com as ondas de calor são aqueles característicos da primavera e verão, sendo este último responsá-

vel por situações de extremo durante o dia e a noite. Para esse contexto a população mais vulnerável, desprovida de aparelhos tecnológicos, é impedida de se recuperar do *stress* gerado pelo corpo humano nos mecanismos de resfriamento corporal e, portanto, são aquelas que mais sentem os agravos negativos da relação sociedade-natureza. De modo geral a população recorre ao auxílio dos meios técnicos como ventiladores, mas que nem sempre são suficientes para evitar a ocorrência de mal estares subnotificados como o cansaço e irritabilidade.

**Palavras-Chaves:** climatologia; temperatura; eventos extremos; conforto térmico; ondas de calor; ondas de frio; vulnerabilidade; saúde; Presidente Prudente; geografia.



## ABSTRACT

FANTE, Karime Pechutti. **EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA E SEUS IMPACTOS NO CONFORTO TÉRMICO HUMANO**: estudo de caso em Presidente Prudente, Brasil, na perspectiva da geografia do clima. 2019. 327 p. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente – SP, 2019.

In recent years, climate changes have been the focus of several scientific and political research studies, especially after the publication of reports elaborated by the IPCC. According to the group, as well as an unquestionable fact for many researchers, climate changes should considerably increase the number and intensity of extreme weather events. However, such repercussions will not occur in all spaces and with equivalent intensities. Each group, according to their purchasing power, organizational form, historical and cultural process, perceives the eminence of risk in a unique way and, in the near future, will respond unequally through mechanisms that will be able to be cautious with more or less resilience about these repercussions. Given this discussion, this research aimed to analyze and research the repercussions of extreme events associated with temperature (cold and heat) and conditions of thermic comfort in different socioeconomic districts in the Presidente Prudente city. The hypothesis of this research is that the population residing in the least valued and most socially and economically segregated sectors is also the most vulnerable and negatively affected by these extreme occurrences layer, with significant impacts on thermal comfort and health. In order to contemplate this universe of analysis, the research consists of three main strands: analysis of extreme cold and heat events and the influence on human biometeorology through thermal comfort and discomfort; analysis of hot and cold wave events and the repercussion in the city of Presidente Prudente; vulnerability, adaptation and health impacts of the urban population. The results indicate that since 1961 the city of Presidente Prudente has seen an increase in the number of uncomfortable situations especially associated with heat (thermal discomfort and heat waves). The months when the population suffers the most from hot waves are those characteristic of spring and summer, the latter being responsible for extreme situations during the day and night. In this context, the most vulnerable population, deprived of technological devices, is prevented from recovering from the

stress generated by the human body in the mechanisms of body cooling and, therefore, is the one who most feels the negative effects of the society-nature relationship. In general, the population uses the help of technical means such as fans, but these are not always sufficient to prevent the occurrence of underreported malaise such as tiredness and irritability.

**Keywords:** climatology; temperature; extreme events; thermal comfort; heat waves; cold waves; vulnerability; health; Presidente Prudente; geography.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização de Presidente Prudente no Estado de São Paulo .....	47
Figura 2 – Climograma para a cidade de Pres. Prudente entre os anos de 1969 a 2015 .....	49
Figura 3 – Mapa das potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente.....	52
Figura 4 – Presidente Prudente. Densidade de área construída (2016) e densidade demográfica – centroides (2010).....	53
Figura 5 – Presidente Prudente. Chefes de família com rendimento até 2 salários mínimos. Comparação entre os anos 2000 e 2010.....	54
Figura 6 – Presidente Prudente. Chefes de família com rendimento superior a 20 salários mínimos. Comparação entre os anos 2000 e 2010. ....	55
Figura 7 – Presidente Prudente. Mapa síntese da exclusão/inclusão social. Comparação entre os anos 2000 e 2010. ....	56
Figura 8 – Quantidade de questionários aplicados por data. ....	62
Figura 9 – Quantidade de questionários aplicados por período do dia. ....	62
Figura 10 – Presidente Prudente. Locais de aplicação dos questionários. ....	64
Figura 11 – Amigos aplicando os questionários no centro de comércio da cidade (Calçadão).....	66
Figura 12 – Aplicação de questionários com moradores locais no centro de comércio da cidade (Calçadão). ....	66
Figura 13 – Alguns dos amigos que ajudaram na aplicação dos questionários. ....	66
Figura 14 – Teste e comparação entre os termo higrometros.....	66
Figura 15 – Divisão percentual dos entrevistados por sexo. ....	67
Figura 16 – Divisão etária e por sexo do grupo entrevistado. ....	67
Figura 17 – Roupas que o entrevistado vestia no momento da aplicação do questionário.....	67
Figura 18 – Percentual de entrevistados que trabalham expostos ao sol. ....	67
Figura 19 – Percentual de entrevistados migrantes e naturais de Pres.Prudente....	67
Figura 20 – Migrantes. Tempo em que residem em Presidente Prudente. ....	67
Figura 21 – Origem dos migrantes entrevistados.....	69

Figura 22 – Presidente Prudente. Temperatura e umidade no momento da aplicação dos questionários.....	69
Figura 23 – Percentual de respostas referentes ao conforto e desconforto térmico no momento da entrevista. ....	70
Figura 24 – Situação da casa em que os entrevistados moram. ....	70
Figura 25 – Presidente Prudente. Localização e número de questionários por bairro. ....	70
Figura 26 – Variáveis do conforto térmico. ....	77
Figura 27 – Esquema ilustrativo entre o valor de clo e o tipo e quantidade de roupas. ....	83
Figura 28 – Linhas de influência entre os diferentes parâmetros da adaptação psicológica. ....	84
Figura 29 – Temperaturas aproximadas do corpo humano em: A) ambientes frios (20 °C a 24 °C); B) ambientes quentes ( $\geq 35$ °C). ....	93
Figura 30 – Mecanismos de transferência térmica entre o corpo e o ambiente por meio da condução, convecção, radiação e evaporação. ....	99
Figura 31 – O balanço térmico humano.....	99
Figura 32 – Balanço calórico do organismo humano.....	100
Figura 33 – Diagrama de conforto térmico – INMET (2006). ....	110
Figura 34 – Diagrama de conforto térmico – INMET (2006). ....	116
Figura 35 – Conforto térmico entre os anos de 1966 e 2016 a partir do índice de temperatura e umidade – Thom (1959). ....	118
Figura 36 – O conforto térmico nas diferentes décadas. Comparação do número de dias para entre a média do período (1966 – 2016) e as cinco décadas a partir do índice de temperatura e umidade – Thom (1959). ....	121
Figura 37 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura e umidade (2005 – 2016). ....	124
Figura 38 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura efetiva com vento (2005 – 2016). ....	126
Figura 39 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura efetiva (2005 – 2016). ....	128
Figura 40 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura equivalente percebida (2005 – 2016). ....	129

Figura 41 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do questionário de predileção térmica (2005 – 2016). .....	131
Figura 42 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do diagrama bioclimático de conforto térmico/ INMET (2005 – 2016).....	132
Figura 43. Gráfico referente às condições de conforto térmico para as 9h, 15h e 21h (2005- 2016) a partir do Índice de temperatura e umidade (THOM, 1959). .....	135
Figura 44 – Gráfico referente as condições de conforto térmico para as 9h, 15h, e 21h (2005- 2016) a partir do Índice de temperatura efetiva com vento (MISSENARD, 1937). .....	135
Figura 45 – Gráfico referente as condições de conforto térmico para as 9h, 15h e 21h (2005- 2016) a partir do Índice de temperatura efetiva (MISSENARD, 1948). .....	137
Figura 46 – Gráfico referente as condições de conforto térmico para as 9h, 15h e 21h (2005- 2016) a partir do Índice de temperatura equivalente percebida (MONTEIRO, 2008).....	138
Figura 47 – Gráfico referente as condições de conforto térmico para as 9h, 15h, e 21h (2005- 2016) a partir do Diagrama de conforto térmico (INMET). .....	140
Figura 48 – Gráfico referente às condições de conforto térmico para homens e mulheres as 9h, 15h e 21h (2005- 2016) a partir do resultado do questionário de predileção térmica (PT) para a cidade de Presidente Prudente.....	140
Figura 49 – Porcentagem de dias confortáveis, de acordo com as diferentes metodologias empregadas, nos horários das 9h.....	144
Figura 50 - Porcentagem de dias confortáveis, de acordo com as diferentes metodologias empregadas, nos horários das 15h.....	144
Figura 51 – Porcentagem de dias confortáveis, de acordo com as diferentes metodologias empregadas, nos horários das 21h.....	145
Figura 52 – Curva de distribuição normal e ênfase para a hachura dos limites de uma distribuição normal que podem ser associados aos eventos extremos.....	154
Figura 53 – Ondas de calor e processos físicos que contribuem para sua gênese e permanência.....	170
Figura 54 – Climatologia sinótica das massas de ar frio na América do Sul e Brasil. ....	173
Figura 55 – Total de ondas de calor e frio para as diferentes técnicas no período de 1961 a 2016. ....	179
Figura 56 – Gráficos percentuais sobre a duração em dias das ondas de frio em Presidente Prudente/ por técnica. ....	180

Figura 57 – Gráficos percentuais sobre a duração em dias das ondas de calor em Presidente Prudente por técnica.....	181
Figura 58. Período e duração das ondas de frio (CSDI-OMM).....	185
Figura 59. Período e duração das ondas de frio (Díaz). ....	185
Figura 60. Período e duração das ondas de frio (IPCC).....	185
Figura 61. Período e duração das ondas de frio (OMM).....	185
Figura 62. Período e duração das ondas de frio (Projeto Ondas).....	185
Figura 63. Período e duração das ondas de frio (Silveira).....	185
Figura 64. Período e duração das ondas de calor (CSDI-OMM). ....	186
Figura 65. Período e duração das ondas de calor (Díaz). ....	186
Figura 66. Período e duração das ondas de calor (IPCC). ....	186
Figura 67. Período e duração das ondas de calor (OMM).....	186
Figura 68. Período e duração das ondas de calor (Projeto Ondas).....	186
Figura 69. Período e duração das ondas de calor (Silveira). ....	186
Figura 70 – Número de ondas de frio por década. ....	191
Figura 71 – Número de ondas de calor por década.....	191
Figura 72 – Evolução diária das ilhas de calor atmosféricas. Média do período de 01/06/2015 a 28/02/2016. ....	209
Figura 73 - Alguns dos locais onde os sensores foram instalados no ambiente interno e externo (sensor com proteção): 1 e 2, Residencial Dahma; 3 e 4, Vila Dubus; 5 e 8, Parque Castelo Branco; 6 e 7, COHAB; Equipamentos utilizados na pesquisa. Acima sensor externo e abaixo sensor interno.....	218
Figura 74 - Locais onde os sensores foram instalados.....	219
Figura 75 - Mosaico de fotos aéreas das residências/bairros pesquisados.....	220
Figura 76 - Gráficos comparativos entre as temperaturas médias diárias do ambiente interno e externo - verão.....	225
Figura 77 - Gráficos comparativos entre as temperaturas médias diárias do ambiente interno e externo - inverno. ....	227
Figura 78 - Gráficos comparativos entre as temperaturas médias horárias do ambiente interno e externo - verão. ....	229

Figura 79 - Gráficos comparativos entre as temperaturas médias horárias do ambiente interno e externo - inverno.....	232
Figura 80 - Percentual de participação das classes de conforto, no ambiente interno, no período de verão. ....	236
Figura 81 - Percentual de participação das classes de conforto, no ambiente externo, no período de verão. ....	237
Figura 82- Percentual de participação das classes de conforto, no ambiente interno, no período de inverno .....	238
Figura 83 - Percentual de participação das classes de conforto, no ambiente externo, no período de inverno. ....	239
Figura 84 – Percentual de respostas para a questão: neste momento sua casa é mais quente ou mais fria que aqui?.....	242
Figura 85 - Percentual de respostas para a questão: sua casa é bem ventilada? .	242
Figura 86 - Percentual de respostas para a questão: qual o material construtivo da sua residência? .....	242
Figura 87 - Percentual de respostas para a questão: qual a cobertura/telhado da sua residência? .....	242
Figura 88 - Percentual de respostas para a questão: na sua casa existem árvores de grande ou médio porte próximas à residência (quintal/ calçada)? .....	243
Figura 89 - Percentual de respostas para a questão: em situações de calor o que você faz para melhorar o conforto térmico (medidas de adaptação)?.....	245
Figura 90 - Medidas adaptativas ao calor: respostas mais frequentes utilizadas pelos entrevistados. ....	245
Figura 91 - Percentual de respostas para a questão: é suficiente para que você e sua família não passe calor?.....	246
Figura 92 - Percentual de respostas para a questão: você tem ventilador?.....	246
Figura 93 - Percentual de respostas para a questão: em quais cômodos vocês tem ventilador?.....	246
Figura 94 - Percentual de respostas para a questão: utiliza o ventilador sempre que gostaria?.....	246
Figura 95 - Percentual de respostas para a questão: porque não utiliza o ventilador sempre que deseja? .....	247
Figura 96 - Percentual de respostas para a questão: você tem ar condicionado? .	249

Figura 97 - Percentual de respostas para a questão: em quais cômodos você tem ar condicionado?.....	249
Figura 98 - Percentual de respostas para a questão: utiliza o ar condicionado sempre que deseja? .....	249
Figura 99 - Percentual de respostas para a questão: por que não utiliza o ar condicionado sempre que deseja? .....	249
Figura 100 - Respostas mais frequente para a indagação: Por que não utiliza o ar condicionado sempre que gostaria? .....	250
Figura 101 - Percentual de respostas para a questão: no frio o que você e sua família faz para se proteger/aquecer (medidas de adaptação)? .....	251
Figura 102 - Respostas mais frequente para a indagação: No frio o que você e sua família faz para se proteger/aquecer (medidas de adaptação)? .....	252
Figura 103 - Percentual de respostas para a questão: essas medidas de adaptação são suficientes para que você e sua família não passe frio? .....	253
Figura 104 - Percentual de respostas para a questão: você tem aquecedor? .....	253
Figura 105 - Percentual de respostas para a questão: em quais cômodos vocês tem aquecedor? .....	253
Figura 106 - Percentual de respostas para a questão: utiliza o aquecedor sempre que deseja (todos)? .....	253
Figura 107 - Percentual de respostas para a questão: por que não utiliza o aquecedor sempre que gostaria? .....	254
Figura 108 - Percentual de respostas para a questão: possui chuveiro elétrico? ...	254
Figura 109 - Percentual de respostas para a questão: seu chuveiro aguenta situações de frio ou normalmente queima durante o inverno? .....	254
Figura 110. Taxa de respostas referentes a questão: “Durante o calor como você se sente?” para homens e mulheres. ....	256
Figura 111. Taxa de respostas referentes a questão: “Durante o frio como você se sente?” para homens e mulheres. ....	257
Figura 112 - Para sua saúde você acredita que situações de calor ou frio são piores? .....	258
Figura 113 - Percentual de respostas para a questão: você ou algum familiar já teve algum problema de saúde relacionado ao calor? .....	259
Figura 114 - Percentual de respostas para a questão: quem teve esse problema (criança, adulto, idoso)?.....	259



- Figura 115 - Principais palavras citadas no questionário em referência as doenças agravadas durante o calor..... 261
- Figura 116 - Percentual de respostas para a questão: você ou algum familiar já teve algum problema de saúde relacionado ao frio?..... 262
- Figura 117 - Percentual de respostas para a questão: quem teve esse problema (criança, adulto, idoso)? ..... 262
- Figura 118 - Principais palavras citadas no questionário em referência as doenças agravadas durante o frio. .... 262
- Figura 119 - Percentual de respostas para a questão: quando você ou alguém da sua família fica doente qual desses locais vocês procura primeiro? ..... 263



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação da quantidade e percentual de questionários obtidos em cada um dos pontos de coleta. ....	65
Quadro 2 – Isolamento térmico para peças de roupas expressos em Clo segundo o ISSO 7730.....	83
Quadro 3 – Energia dispendida por atividade realizada.....	90
Quadro 4 – Sensação térmica em função da umidade relativa do ar.....	98
Quadro 5 – Índices encontrados na bibliografia e quantidade correspondente de equações.....	103
Quadro 6 – Classes de conforto térmico aplicado ao índice de temperatura efetiva com vento.....	105
Quadro 7 – Impactos do conforto/desconforto térmico na população a partir da proposta de Thom. ....	106
Quadro 8 – Classes de desconforto termo-higrométricos para o índice de Thom (1959).....	107
Quadro 9 – Faixas interpretativas para a temperatura equivalente percebida (TEP). ....	110
Quadro 10 – Classes de desconforto termo-higrométricos para o índice de Thom (1959).....	113
Quadro 11 – Classes de conforto térmico aplicado aos índices de temperatura resultante (ITR) e índice de temperatura efetiva com vento (TEv). ....	114
Quadro 12 – Faixas interpretativas para o índice de temperatura equivalente percebida.....	115
Quadro 13 – Parâmetros definidos para a análise da predileção térmica dos residentes de Presidente Prudente a partir do questionário aplicado com a população.....	117
Quadro 14 – Desvios percentuais entre a média do período (1966-2016) e as décadas, a partir do Índice de temperatura e umidade de Thom (1959). ....	120
Quadro 15 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do índice de temperatura e umidade (THOM, 1959). ....	124
Quadro 16 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do índice de temperatura efetiva com vento.....	126
Quadro 17 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do índice de temperatura efetiva. ....	127

Quadro 18 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura equivalente percebida. ....	129
Quadro 19 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do questionário de predileção térmica. ....	130
Quadro 20 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do diagrama bioclimático de conforto térmico (INMET, 2006). ....	132
Quadro 21 – Registros de desastres naturais no Brasil, 1991-2010.....	158
Quadro 22. – Heat Index e os níveis classificatórios. ....	162
Quadro 23 – Técnicas utilizadas, valores e limiares considerados para a identificação de ondas de calor. ....	174
Quadro 24 – Técnicas utilizadas, valores e limiares considerados para a identificação de ondas de frio. ....	175
Quadro 25 – Valores considerados para a análise das ondas de calor e frio. ....	176
Quadro 26 – Maior número de permanência das ondas de frio em cada uma das metodologias. ....	188
Quadro 27 – Maior número de permanência das ondas de calor em cada uma das metodologias. ....	188
Quadro 28 – Percentual de ondas de calor por estação sazonal (verão: dez, jan, fev; outono: mar, abr, mai; inverno: jun, jul e ago; primavera: set, out, nov). ....	189
Quadro 29 – Percentual de ondas de frio por estação sazonal (verão: dez, jan, fev; outono: mar, abr, mai; inverno: jun, jul e ago; primavera: set, out, nov). ....	189
Quadro 30 - Locais de instalação dos sensores internos e externos.....	221
Quadro 31 - Principais resultados da comparação das temperaturas internas e externas diárias durante o verão. ....	224
Quadro 32 - Principais resultados da comparação das temperaturas internas e externas diárias durante o inverno.....	226
Quadro 33 - Principais resultados da comparação das temperaturas internas e externas horárias durante o verão. ....	228
Quadro 34 - Principais resultados da comparação das temperaturas internas e externas horárias durante o inverno. ....	231
Quadro 35. Percentual de respostas para a questão: “durante o calor como você se sente?” a partir do sexo dos entrevistados. ....	256
Quadro 36. Percentual de respostas para a questão: “durante o frio como você se sente?” a partir do sexo dos entrevistados. ....	257

Quadro 37 - Percentual de respostas para a questão: qual o problema de saúde que você e/ou sua família já teve relacionado ao calor? ..... 259

Quadro 38 - Percentual de respostas para a questão: qual o problema de saúde que você e/ou sua família já teve relacionado ao frio?..... 259



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades radiativas de materiais urbanos. ....	207
Tabela 2 – Propriedades radiativas de materiais rurais. ....	207
Tabela 3 - Óbitos no Brasil por ocorrência segundo Capítulo CID-10.....	214
Tabela 4 - Óbitos em Presidente Prudente por ocorrência segundo Capítulo CID-10 .....	215
Tabela 5 - Percentual de respostas para a questão: “para sua saúde você acredita que situações de calor ou frio são piores” a partir do sexo dos entrevistados. ....	258





## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	41
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	47
3	HIPÓTESE.....	57
4	OBJETIVOS .....	59
4.1	<i>OBJETIVO GERAL</i> .....	59
4.2	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> .....	59
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	61
6	CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO: EPISÓDIOS METEOROLÓGICOS ASSOCIADOS À TEMPERATURA E A INFLUÊNCIA NA FISIOLÓGIA HUMANA .....	71
6.1	<i>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</i> .....	71
6.2	<i>CONFORTO TÉRMICO HUMANO</i> .....	72
6.3	<i>VARIÁVEIS E CONDICIONANTES DO CONFORTO TÉRMICO</i> .....	77
6.3.1	Variáveis ambientais ou climáticas.....	77
6.3.2	Variáveis humanas (individuais e fisiológicas).....	79
6.3.3	Variáveis subjetivas .....	83
6.3.4	Condicionantes na escala urbanística.....	86
6.4	<i>MECANISMOS DE TERMO REGULAÇÃO BIOLÓGICA</i> .....	88
6.4.1	Mecanismos termo-regulação ao frio .....	91
6.4.2	Mecanismos termo-regulação ao calor.....	93
6.5	<i>PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA TÉRMICA</i> .....	95
6.6	<i>ÍNDICES PARA AVALIAÇÃO DE SITUAÇÕES CONFORTÁVEIS E DESCONFORTÁVEIS</i> .....	100
6.6.1	Índices e diagramas de conforto/desconforto térmico aplicados na pesquisa .....	104
6.6.2	Novo índice de temperatura efetiva (NET) ou índice de temperatura efetiva com vento (TEv).....	105
6.6.3	Índice de temperatura e umidade (THOM, 1959).....	105
6.6.4	Índice De Temperatura Resultante (ITR)/ Temperatura efetiva – Missenard (1948).....	108
6.6.5	Temperatura equivalente percebida (TEP) – Monteiro (2008).....	109
6.6.6	Diagrama do conforto humano – INMET (2006) .....	110

6.7	<b>O CONFORTO TÉRMICO EM PRESIDENTE PRUDENTE/BRASIL E COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS BIOCLIMÁTICAS.....</b>	<b>111</b>
6.7.1	<b>Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>111</b>
6.7.2	<b>Resultados e discussão. ....</b>	<b>117</b>
6.7.2.1	<b>ANÁLISE 1 – O CONFORTO TÉRMICO HISTÓRICO EM PRESIDENTE PRUDENTE: ANÁLISE DA SÉRIE HISTÓRICA DE 1966 A 2016 E DAS DÉCADAS A PARTIR DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE DE THOM (1959).....</b>	<b>117</b>
6.7.2.2	<b>ANÁLISE 2 – O CONFORTO TÉRMICO ANUAL E MENSAL EM PRESIDENTE PRUDENTE: COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES METODOLOGIAS ENTRE OS ANOS DE 2005 A 2016.....</b>	<b>123</b>
6.7.2.3	<b>ANÁLISE 3 – O CONFORTO TÉRMICO HORÁRIO EM PRESIDENTE PRUDENTE E A COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES METODOLOGIAS (2005 A 2016) .....</b>	<b>133</b>
6.8	<b>CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO.....</b>	<b>145</b>
7	<b>OS EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA: FREQUENCIA, MAGNITUDE E PERMANENCIA DAS ONDAS DE CALOR E DE FRIO .....</b>	<b>151</b>
7.1	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>151</b>
7.2	<b>OS EVENTOS EXTREMOS NATURAIS E O IMPACTO NA POPULAÇÃO .....</b>	<b>152</b>
7.3	<b>ONDAS DE CALOR E FRIO: CONSIDERAÇÕES E DEFINIÇÕES....</b>	<b>159</b>
7.3.1	<b>Gênese e sistemas atmosféricos causadores e agravantes das ondas de calor e ondas de frio .....</b>	<b>168</b>
7.4	<b>AS ONDAS DE CALOR E FRIO NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE .....</b>	<b>174</b>
7.4.1	<b>Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>174</b>
7.4.2	<b>Resultados e discussão .....</b>	<b>177</b>
7.4.2.1	<b>ANÁLISE 1. COMPARAÇÃO DO TOTAL DE ONDAS IDENTIFICADAS, POR CADA TÉCNICA, NO PERÍODO DE 1961 – 2016.....</b>	<b>177</b>
7.4.2.2	<b>ANÁLISE 2. ANÁLISE PERCENTUAL DA DURAÇÃO EM NÚMERO DE DIAS DAS ONDAS DE CALOR E FRIO ENTRE OS ANOS DE 1961 A 2016.....</b>	<b>179</b>
7.4.2.3	<b>ANÁLISE 3. INVENTÁRIO DE ONDAS: IDENTIFICAÇÃO DO MÊS, ANO E DURAÇÃO DAS ONDAS DE CALOR E FRIO PARA AS DIFERENTES TÉCNICAS.....</b>	<b>182</b>
7.4.2.4	<b>ANÁLISE 4. IDENTIFICAÇÃO DAS MAIORES PERMANÊNCIAS (DURAÇÃO) DAS ONDAS DE CALOR E FRIO EM CADA UMA DAS METODOLOGIAS .....</b>	<b>187</b>
7.4.2.5	<b>ANÁLISE 5. VERIFICAÇÃO DO PERCENTUAL DE ONDAS DE FRIO E CALOR POR ESTAÇÃO SAZONAL.....</b>	<b>188</b>
7.4.2.6	<b>ANÁLISE 6. CONTAGEM DO NÚMERO DE ONDAS DE FRIO POR DÉCADA. ....</b>	<b>189</b>
7.5	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....</b>	<b>192</b>

8	<b>A GEOGRAFIA DO CLIMA E A VULNERABILIDADE SOCIAL EM RELAÇÃO AOS EVENTOS TÉRMICOS .....</b>	<b>197</b>
8.1	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>197</b>
8.2	<b>A COMPREENSÃO DO CLIMA URBANO DE PRESIDENTE PRUDENTE À LUZ DA GEOGRAFIA DO CLIMA: APORTES TEÓRICOS PARA COMPREENSÃO DA REALIDADE LOCAL .....</b>	<b>198</b>
8.3	<b>RESIDÊNCIAS E OCUPAÇÕES: A DIFERENCIAÇÃO DE ÁREAS E O IMPACTO NA VULNERABILIDADE SOCIAL .....</b>	<b>202</b>
8.4	<b>APRENDENDO A CONVIVER COM AS TEMPERATURAS EXTREMAS. DO ACESSO AO MEIO TÉCNICO ÀS MEDIDAS ADAPTATIVAS .....</b>	<b>211</b>
8.5	<b>AGRAVOS NA SAÚDE PÚBLICA: AS RELAÇÕES DESARMÔNICAS ENTRE O CLIMA E O CORPO HUMANO. ....</b>	<b>213</b>
8.6	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>216</b>
8.7	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>223</b>
8.7.1	<b>Análise do lugar: as residências e a amplitude térmica. Diferenças diárias entre o meio externo e interno (verão e inverno) .....</b>	<b>223</b>
8.7.2	<b>Análise do lugar: diferenças horárias entre o ambiente externo e interno (verão e inverno).....</b>	<b>227</b>
8.7.3	<b>Análise do conforto térmico, interno e externo, a partir da metodologia de Thom (1959), em diferentes bairros e contextos socioeconômicos (verão e inverno).....</b>	<b>232</b>
8.7.4	<b>Percepção e análise das residências em Presidente Prudente a partir da população entrevistada .....</b>	<b>241</b>
8.7.5	<b>A geografia do clima e as medidas de adaptação ao calor e ao frio .....</b>	<b>243</b>
8.7.6	<b>A influência das temperaturas para o bem estar e agravos na saúde: a percepção da população e a relação entre clima e saúde .....</b>	<b>255</b>
8.8	<b>CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....</b>	<b>263</b>
9	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>269</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>273</b>
	<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO COM A POPULAÇÃO PRUDENTINA. ....</b>	<b>287</b>
	<b>APÊNDICE B – RELAÇÃO DOS BAIROS ABRANGIDOS NA PESQUISA E RESPECTIVO NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS.....</b>	<b>288</b>
	<b>APÊNDICE C – ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS CONSULTADOS PARA A PESQUISA. .....</b>	<b>291</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os eventos extremos constituem-se como uma forma de paroxismo climático que se manifestam como anomalias/desvios que flutuam em torno de um padrão médio.

Tais ocorrências têm sido estudadas por diversos pesquisadores e os principais resultados demonstram uma alteração significativa nos últimos anos no volume, frequência e intensidade dos episódios de precipitação e temperatura. De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde, Ministério da Saúde (2015, p.8) apenas entre os anos de 2000 a 2009 foram registrados 922 casos de desastres associados aos eventos naturais extremos nas Américas. Desse total calcula-se que aproximadamente 71 milhões de pessoas foram impactadas, enquanto que na década de 1970/79, para a mesma região, registrou-se 216 desastres.

De acordo com a UFSC-CEPED (2012 *apud* ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015, p.14 e p.22) os eventos naturais são subdivididos em quatro categorias: eventos geológicos ou geofísicos (processos erosivos, movimentos de massa e deslizamentos); eventos meteorológicos (raios, ciclones, tornados e vendavais); eventos hidrológicos (enchentes, alagamentos e inundações, deslizamento de massas úmidas); e eventos climatológicos (estiagem e seca, incêndios florestais, chuvas de granizo, geadas e ondas de frio e calor). No Brasil os que mais representam perigo e prejuízo a população são aqueles associados a climatologia (seca e estiagem, principalmente), seguido dos desastres de origem hidrológica (enchentes e inundações)

No campo da Geografia esse tema se torna um objeto de pesquisa relevante, pois, no atual contexto em que se vive, é impossível desassociar os impactos dos desastres naturais aos grupos humanos que sentem e sofrem as repercussões dessas manifestações. Contudo, fato incontestável, em sociedades desiguais, nem todos os segmentos sociais são afetados pelas repercussões climáticas no espaço urbano da mesma forma e intensidade. Conforme Sant'Anna Neto (2008 e 2011) e Veyret (2007) as condições econômicas em que se inserem os grupos sociais são um dos fatores essenciais para se entender a resiliência e vulnerabilidade frente aos eventos climáticos, especialmente, extremos.

De certo modo a população portadora de melhores condições sócio-econômicas é capaz de se precaver e se adaptar criando condições de maior segu-

rança. Assim, para esta pesquisa, parte-se do pressuposto que a camada da população que mais sente os impactos dos eventos climáticos extremos é exatamente o mesmo segmento de pessoas que vivem à margem do sistema econômico; que são expostas às piores condições socioespaciais interurbanas; que são mais vulneráveis aos efeitos agudos na saúde; e, conseqüentemente, são as pessoas que menos vivenciam a cidade com qualidade de vida.

Ao adentrar a cidade observa-se que [...] *a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num território, transformado e produzido pela sociedade, de maneira desigual e apropriado segundo os interesses dos agentes sociais* [...] (SANT'ANNA NETO, 2008, p. 62) e, portanto, as repercussões dos fenômenos atmosféricos não ocorrem de maneira homogênea em todo o espaço urbano. Para cada grupo é oferecida maior ou menor possibilidade de serem produzidas situações críticas e calamitosas oriundas dos eventos climáticos extremos de acordo com o grau de vulnerabilidade em que se inserem.

Assim, não é coincidência, e se deve considerar que a lógica do desenvolvimento desigual também exerce influência nas condições naturais e atmosféricas urbanas. Cada grupo socioeconômico, de acordo com a sua organização e gestão territorial, produzirá o espaço urbano de forma diferente do mesmo modo que, cada qual, também sentirá as repercussões dos eventos climáticos extremos em graus de intensidade desigual.

Devido às lógicas do processo de produção do espaço é razoável reconhecer que há uma relação intrínseca entre o grau de vulnerabilidade de um determinado grupo e as condições econômicas a que se inserem.

Conforme Sant'Anna Neto (2008, p.47), *“os espaços desiguais potencializam os efeitos do clima, que se manifestam, também, de forma desigual. Nesta perspectiva, tem-se que admitir que o clima urbano possa ser interpretado como uma construção social”*.

Dentre os eventos climáticos, a temperatura (ondas de calor, ondas de frio, desconforto térmico) apresenta grande desafio aos estudiosos uma vez que setores como a geração de energia, atividades agrícolas e pecuárias, indústria, turismo, abastecimento, transporte, comércio, apesar do desenvolvimento tecnológico atual, são os que mais são afetados e sentem as repercussões climáticas diretamente.

Na saúde estes impactos também são sentidos e desencadeiam uma série de agravamentos. Estudos voltados a biometeorologia humana tem comprovado uma

estreita relação entre os elementos atmosféricos e condições de saúde humana (ainda que não possam ser considerados como fatores únicos de agravamento). Os elementos atmosféricos quando associados às características físicas, biológicas, psicológicas e culturais, particulares de cada indivíduo, podem agravar e auxiliar no desencadeamento de doenças e enfermidades cardiovasculares (BRAGA, et al, 2007; NOGUEIRA, 2009; FREITAS, et al, 2013; MURARA, 2009 e 2012); respiratórias (SOUZA e SANT'ANNA NETO, 2008; SOUZA, 2008; ARAÚJO, 2014; SILVA E RIBEIRO, 2012), e infecciosas de veiculação hídrica (ALEIXO, 2012), além, é claro, de desconfortos e mal estares subnotificados associados a irritabilidade, cansaço e nervosismo (ESCORROU, 1988; BURSE, 1979; BESANCENOT, 2001).

Nesta perspectiva a realização desta pesquisa se justifica pela tentativa de compreender e realizar uma análise dos impactos ocasionados pelos eventos associados às temperaturas extremas e aos fatores desencadeados no espaço urbano. A vulnerabilidade socioespacial será considerada a fim de que se desvende de que forma os aspectos econômicos e ambientais contribuem ou não à ocorrência dos eventos extremos de temperatura. Para tanto, essa tese foi estruturada em um tripé analítico: eventos extremos de temperatura e a associação com o organismo humano a partir do conforto térmico; a ocorrência de períodos de temperatura extrema de maior duração – ondas de calor e frio; e a vulnerabilidade na cidade de Presidente Prudente em diferentes grupos e bairros da cidade, adaptação e impactos na saúde a partir de mal estares subnotificados, que normalmente não são registrados por serem esporádicos e os pacientes não procurarem ajuda especializada.

Como organização do texto o conteúdo elaborado foi dividido em 9 capítulos. Do primeiro ao quinto são apresentados os tópicos basilares para a compreensão da tese e universo de análise: introdução, caracterização da área de estudo, hipóteses e objetivos e procedimentos metodológicos. No capítulo 6: “Conforto e desconforto térmico: episódios meteorológicos associados à temperatura e a influência na fisiologia humana” é trazido ao leitor uma discussão sobre o funcionamento, adaptação e resposta do organismo humano frente às variações climáticas espaço-temporais e especialmente em relação às temperaturas. Buscou-se compreender, a partir da bibliografia existente, os limiares de temperatura e umidade e das técnicas utilizadas na bibliografia internacional para identificação de situações anômalas, que por consequência, geram desconforto ao ser humano. Em todos os capítulos as discussões foram aplicadas e representadas no contexto da cidade de Presidente Prudente/SP,

cidade de porte médio localizada no extremo oeste do Estado de São Paulo, na região Sudeste do Brasil e, nessa abordagem, optou-se por identificar os períodos horários, diários e sazonais que geram maiores desconfortos a população prudentina.

Quando esses episódios se repetem e permanecem com uma magnitude superior ao habitual considera-se a ocorrência de um evento extremo. Para compreender essa definição, além dos conceitos de ondas de calor e de frio foi organizado o capítulo 7 – OS EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA: frequência, magnitude e permanência das ONDAS DE CALOR E de FRIO A intenção é a de distinguir situações de desconforto térmico de eventos extremos e mais que isso compreender quantitativamente como esses extremos repercutem no contexto de Presidente Prudente. Foi realizado um inventário sobre esse tema que abrange a compreensão da gênese e os sistemas atmosféricos causadores e agravantes das ondas de calor e frio; as principais metodologias utilizadas para identificação desses extremos; a comparação entre as técnicas a partir de uma série histórica de 1961 a 2016; e a elucidação de como esses eventos ocorre em Presidente Prudente: duração, períodos de maior ocorrência, e tendência dessas ondas ao longo das décadas.

No capítulo 8: “A GEOGRAFIA DO CLIMA E A VULNERABILIDADE SOCIAL EM RELAÇÃO AOS EVENTOS TÉRMICOS” buscou-se compreender como as temperaturas são intensificadas e amenizadas em residências com diferentes padrões construtivos e bairros socioeconômicos a partir do viés do conforto/desconforto térmico interno e externo; e, também da aplicação de questionários para a população residente nos diferentes bairros citadinos com questões que permitem compreender desde o contexto ambiental em que moram, a estrutura construtiva e os meios utilizados para adaptação e amenização dos efeitos das temperaturas que são associados a sua condição econômica (utilização de ar condicionado, aquecedor e chuveiro elétrico, por exemplo); e a ocorrência de mal estares que podem ser associados às temperaturas e as formas de tratamento utilizadas.

É importante esclarecer que esta tese se baseia nos documentos elaborados para as defesas francesas e, portanto, cada capítulo analítico está estruturado com um universo de análise com considerações iniciais, discussão teórica, metodologia, resultados e considerações do capítulo. Ressalta-se que a intenção não é subdividir uma “tese em várias”, mas incentivar a reflexão sobre os aspectos relevantes em cada um dos capítulos e que juntos se vinculam e formam a tese de pesquisa apresentada.



Também se optou por apresentar em cada capítulo um item específico aos procedimentos metodológicos. Entende-se que seria mais adequado a esse contexto, uma vez que um único procedimento metodológico poderia ser entendido de forma desconexa de cada capítulo da tese. A única exceção são os questionários que foram utilizados em quase todos os capítulos e, portanto, essa é a única técnica apresentada no item 5 Procedimentos metodológicos. As demais estão inseridas em cada um dos capítulos.



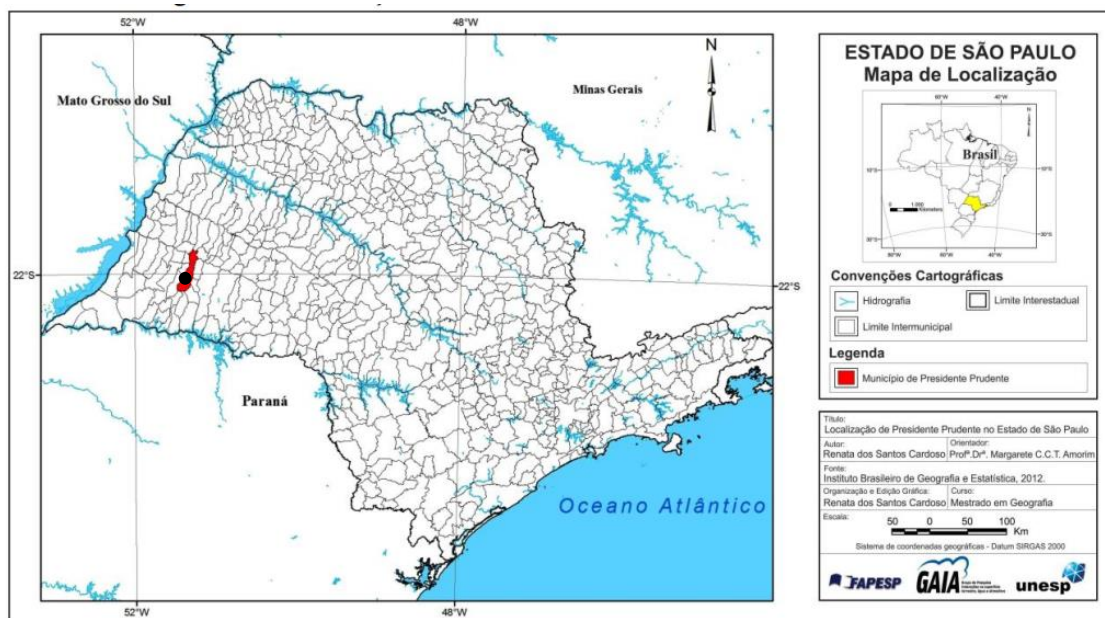
## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O recorte analítico desta pesquisa é a cidade de Presidente Prudente situada na porção oeste do estado de São Paulo, na latitude de 22° 07`S e na longitude de 51° 23`W, em plena região tropical com características de continentalidade (Figura 1).

Sua posição geográfica, na região do Pontal entre os vales dos rios Paraná e Paranapanema, marcada por planaltos baixos com colinas suaves, dá-lhe uma configuração em que favorece a permanência de massas de ar secas e quentes na maior parte do ano, acentuando o seu caráter de tropicalidade.

Com uma população de 220.599 habitantes, conforme estimativas do IBGE (2014) se destaca como um importante centro comercial, de serviços e universitário. Do ponto de vista econômico representa um centro regional ainda que o setor industrial seja pouco expressivo quando comparado a outras regiões do estado de São Paulo (SPOSITO, 2011).

Figura 1 – Localização de Presidente Prudente no Estado de São Paulo



Fonte: Cardoso (2015).

Do ponto de vista climático, Sant'Anna Neto e Tommaselli (2009) afirmam que a região de Presidente Prudente situa-se numa área de transição controlada pelos sistemas tropicais, que lhe confere elevadas temperaturas especialmente na primavera-verão e, pelos sistemas extratropicais que ocasionam episódios de invasão de

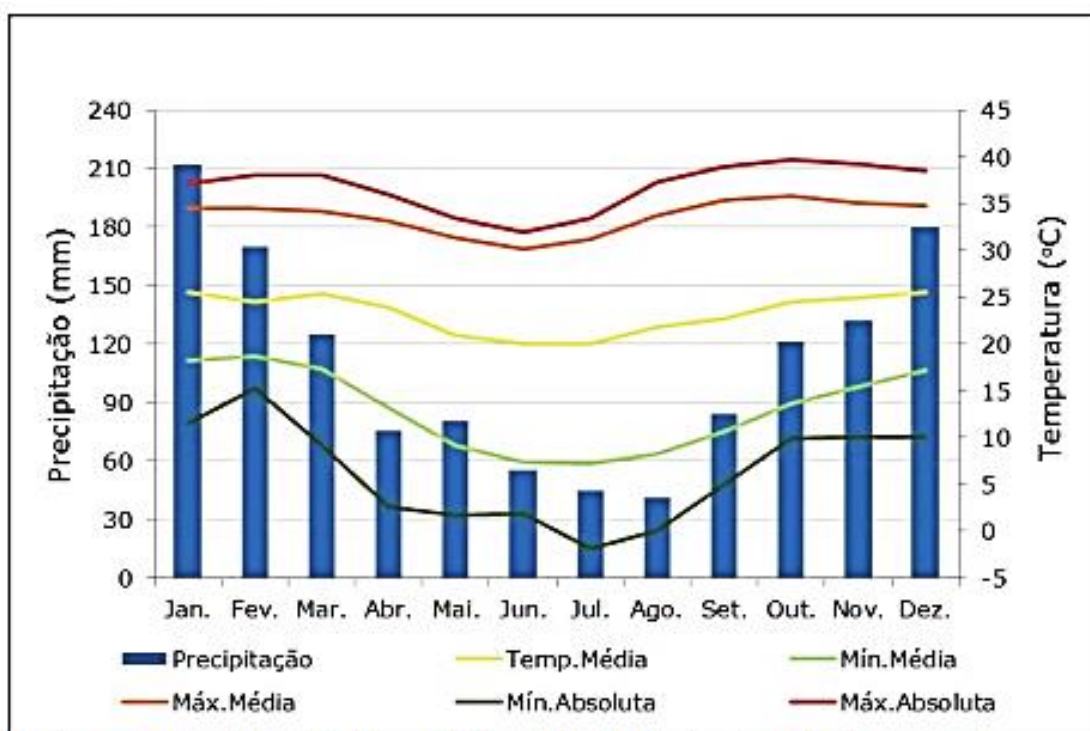
frentes frias e do ar polar no outono-inverno, quando provocam baixas temperaturas pouco persistentes.

Dubreuil *et. al.* (2018a, 2018b) esclarece que a cidade está inserida num contexto de climas predominantemente Aw, ou seja, quente com chuva de verão em mais de 80% dos anos analisados (1961-2015). Para Barrios e Sant'Anna Neto (1996) a sazonalidade climática em Presidente Prudente pode ser resumida a um período quente e chuvoso na primavera e verão, entre outubro e março, e outro mais ameno e seco, entre abril e setembro, quando há o predomínio de sistemas extratropicais, como as massas polares atlânticas. Na maior parte do ano, 44,9% dos dias, as temperaturas médias das máximas ficam entre 29° e 33°C, enquanto as temperaturas mínimas oscilam principalmente entre 18° a 22°C, em 46,1% dos dias do ano (FANTE, p.142 e 148, 2014) (Figura 2).

Conforme Amorim (p.32, 2017) os sistemas tropicais, representados pelas massas de ar Tropical Atlântica e Tropical Continentalizada (Tac), são as que predominam na região em mais de 70% dos dias do ano resultando em correntes de ar do quadrante leste, ora mais úmido, ora mais quentes e secos (AMORIM, p. 32, 2017), contudo, é importante ressaltar que outros sistemas presentes na América do Sul também atuam nesse local como as massas: Equatorial Continental (Ec), com predomínio de temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa elevadas e também ventos do quadrante norte e noroeste; Polar Atlântica (Pa), com pressão atmosférica acima dos padrões habituais (1000mb), normalmente associadas a chuvas frontais e temperaturas mais amenas; Polar tropicalizada (Pt) que se destaca-se por apresentar as mesmas condições da Polar Atlântica, mas de forma moderada devido o contato e trocas entre superfície e atmosfera durante seu deslocamento até Presidente Prudente; Frente Polar Atlântica (FPA) com a ocorrência de chuvas especialmente na zona de contato entre massas de ar com características de temperatura, umidade, pressão diferentes; Frente Quente (FQ) com faixa de contato entre massas de ar diferentes a partir o deslocamento de sistemas de origem tropical e equatorial com temperaturas e pressões elevadas e, normalmente, umidade reduzida sobre outros de origem temperada e polar; Instabilidade Tropical (It) causada pela presença de células convectivas de curta duração; Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de umidade (ZCOU), sistemas sinóticos de mesoescala formados pela confluência de sistemas atmosféricos advindos do norte do país, com elevada temperatura e umidade e as zonas de baixa pressão, ciclônicas,

formadas sobre o oceano Atlântico Sul gerando uma extensa linha de instabilidade na direção noroeste – sudeste com grandes volumes de precipitação durante mais de 4 dias, para o caso das ZCAS, e com uma recorrência menor de número de dias a ZCOU; Complexos convectivos de mesoescala (CCM), sistema convectivo, com duração longa (mais de 6 horas), com chuvas torrenciais associadas e fortes rajadas de vento.

Figura 2 – Climograma para a cidade de Pres. Prudente entre os anos de 1969 a 2015



Fonte: Amorim (p.25, 2017). Dados INMET.

Somado a esses dados, Cardoso (2015) elaborou um mapa síntese das potenciais unidades climáticas intraurbanas em Presidente Prudente. Seguindo os pressupostos elaborados por Stewart (2011)<sup>1</sup> a autora subdividiu a malha urbana a partir dos arranjos da paisagem: morfologia da superfície (altura do objeto e densidade), cobertura da terra (permeável ou impermeável) e pelo índice de vegetação (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*). Esse trabalho é importante na medida em que identifica unidades paisagísticas que influenciam de modo diverso na configuração do clima urbano (Figura 3).

<sup>1</sup> STEWART, I. D. Redefining the urban heat island.. Vancouver. 2011. 368 p. Thesis (Doctor of Philosophy). The Faculty of Graduate Studies, The University of British Columbia.

Do ponto de vista urbanístico e de organização do espaço Sposito (2011, p. 27) esclarece que nos [...]

[...] setores norte e leste da cidade há áreas residenciais em que seus moradores, além das distâncias e dificuldades de acesso em que se encontram em relação à parcela melhor equipada do território urbano, vivem em áreas residenciais servidas de modo precário por infra-estruturas, equipamentos e serviços públicos. Ao contrário, no setor sul, desde o Parque do Povo até quase o Aeroporto, ampliou-se a implantação de loteamentos fechados e abertos, destinados aos padrões de consumo mais altos, bem como os investimentos públicos em áreas de lazer, avenidas e outros meios de consumo coletivo.

Nas áreas centrais Melazzo *et. al.* (2017) esclarece que a grande parte é ocupada por estabelecimentos comerciais e de serviços quando comparadas as moradias. Por esse padrão e também em detrimento aos altos gastos para se implantar e construir unidades habitacionais no centro, aos elevados preços do solo urbano e ao envelhecimento da população residente nesses locais observa-se que existe uma diminuição na densidade demográfica nesses locais mesmo que densidade construtiva seja alta.

Por outro lado, em alguns outros pontos da cidade, como arco entre a zona leste, norte e oeste esse papel se inverte e observa-se uma expressiva densidade demográfica (Figura 4). Ainda nesses setores mais periféricos da cidade Melazzo *et. al.* (2017) indica que são *áreas que historicamente tem cumprido o papel de abrigar populações mais pobres e que comprovam a necessidade de intervenções mais amplas e diretas do poder público para a superação de tais situações*. Nesses locais, por exemplo, é onde residem os chefes de domicílios com rendimentos de até 2 salários mínimos, domicílios sem acesso a rede de esgoto, pessoas com baixa escolaridade e que conseqüentemente encontram maiores dificuldades de inserção no mercado de trabalho e realizam atividades produtivas mais precárias (Figura 5).

Em contrapartida é na porção centro-sul que os grupos com rendas mais abastadas e melhores segmentos sociais se concentram. São locais com loteamentos/condomínios de médio e alto padrão e fechados ao público e que reúnem as mais altas rendas da cidade com mais de 20 salários mínimos, por exemplo (Figura 6).

De acordo com Melazzo *et. al.* (2017)

Tal concentração indica um processo, construído ao longo do tempo, de seletividade espacial que reforça o padrão socioespacial de desigualdades

marcado na paisagem pela melhor qualidade das residências, a presença de loteamentos/condomínios fechados, a verticalização de alto padrão e os investimentos públicos em serviços e equipamentos urbanos que a reforçam [...]

Em análise a Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 é evidente que a cidade de Presidente Prudente possui um complexo padrão socioespacial conjugado a partir das condições socioeconômicas das populações residentes seja do ponto de vista da ocupação e densidade populacional e construtiva, como também dos usos e tipos de ocupações refletidos a partir das condições de renda e exclusão e inclusão social.

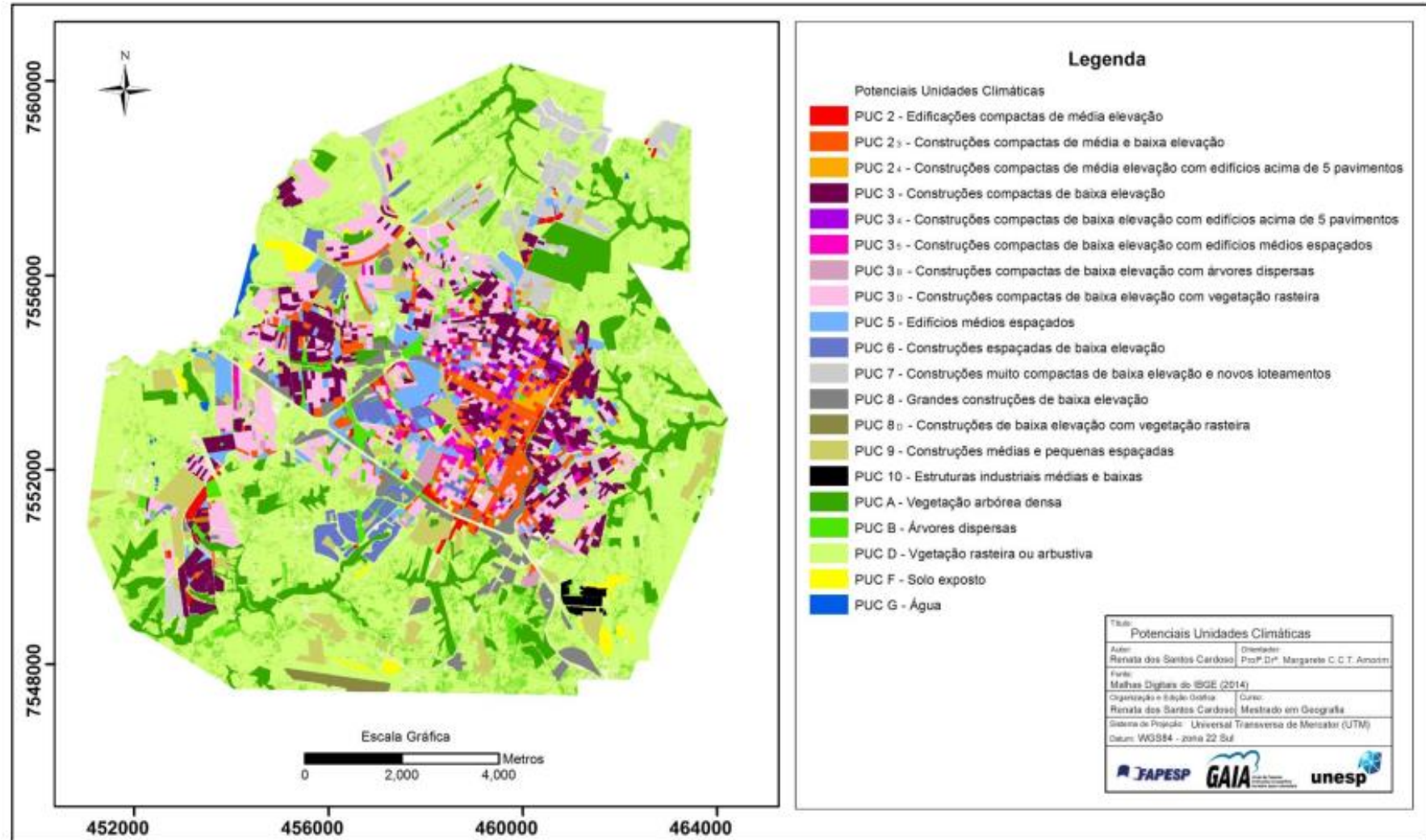
Contudo, nos últimos 10 anos, a cidade tem verificado mudanças nos quesitos analisados. Em relação aos chefes de família com até 2 salários mínimos, por exemplo, verifica-se um aumento no setor norte e oeste, locais onde foram instalados grandes conjuntos habitacionais como, por exemplo, o João Domingos no setor norte da cidade (Figura 5).

Em relação ao outro extremo de rendimento, os chefes de família com mais de 20 salários, por sua vez, se tornaram mais concentrados em poucos setores da cidade especialmente nos condomínios fechados de alto padrão como os Dahmas 1, 2 e 3; no Jardim das Rosas; e no eixo nordeste-sul próximos a avenida Brasil. Observa-se que houve uma diminuição no número de pessoas com esse perfil nas regiões próximas ao centro da cidade e uma concentração nos locais supracitados (Figura 6).

Além disso quando se analisa a exclusão social na cidade de Presidente Prudente entre 2000 e 2010 observa-se que existe um arco de exclusão nas áreas periféricas que se manteve durante esses 10 anos analisados. Ele se concentra especialmente no setor norte, área de expansão e novos loteamentos de baixo padrão; setor leste, historicamente representado pelo grupo de pessoas com baixo poder aquisitivo; e setor oeste.

De modo geral observa-se que houve um acréscimo no número de setores com média e alta exclusão social representando uma mobilidade social para classes menos abastadas. Em 2000, por exemplo, o contexto da maioria dos bairros da cidade era de baixa exclusão social. Observa-se que esse perfil se manteve em 2010, contudo, houve uma diminuição de aproximadamente 64% de bairros considerados incluídos socialmente como pode ser verificado na Figura 7.

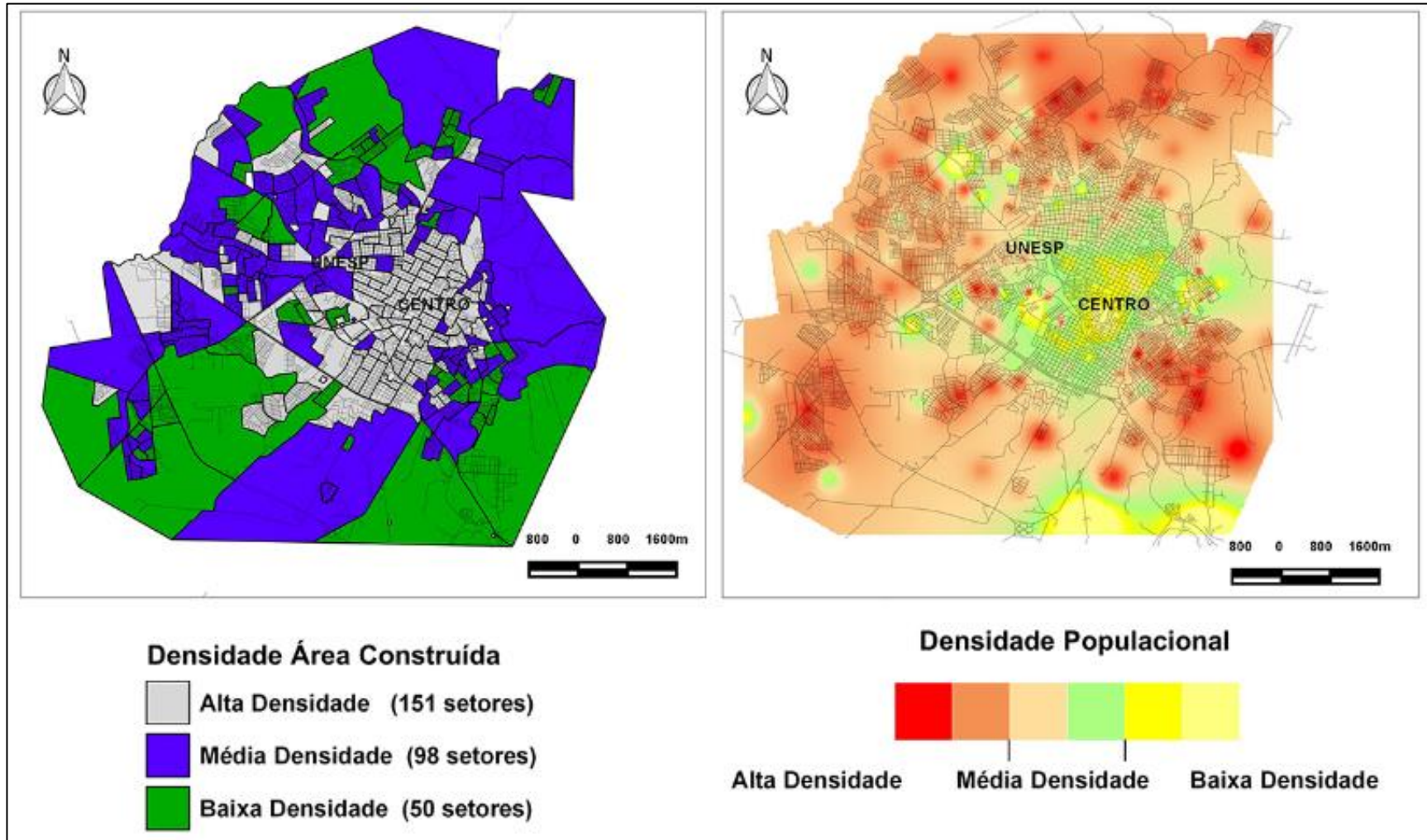
Figura 3 – Mapa das potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente



Fonte: Cardoso (2017).

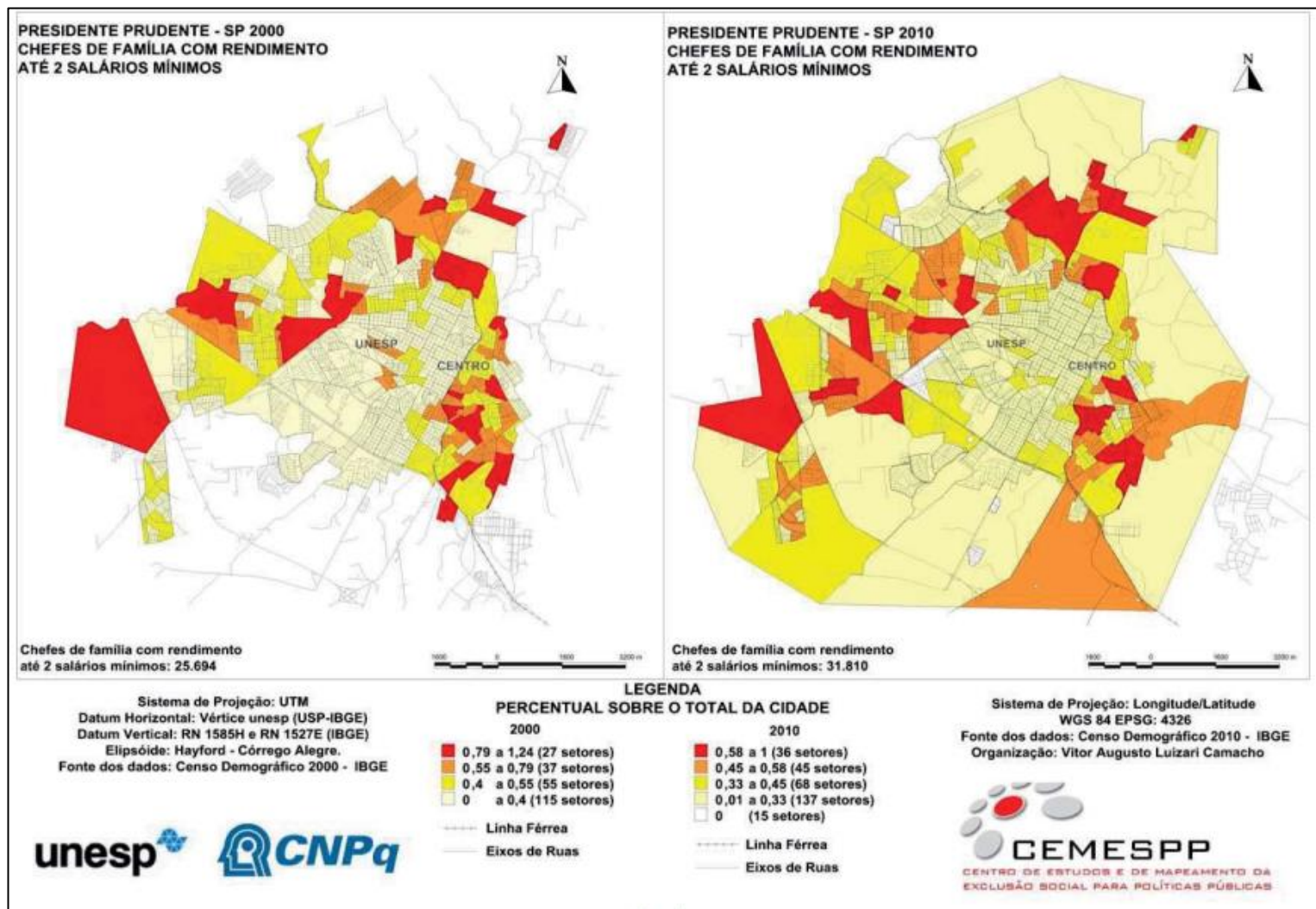


Figura 4 – Presidente Prudente. Densidade de área construída (2016) e densidade demográfica – centroides (2010)



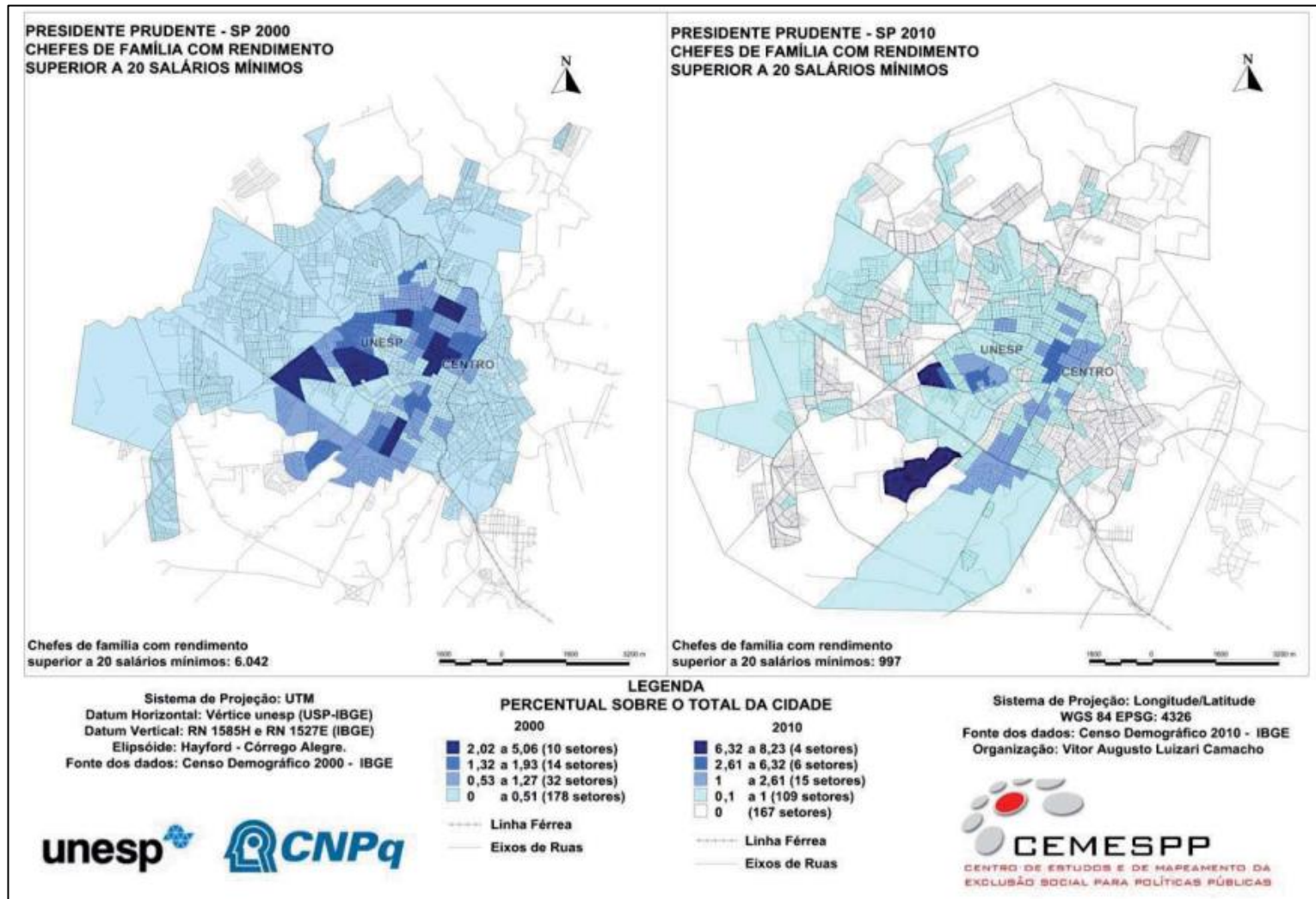
Fonte: Atlas ambiental escolar. Dados e indicadores demográficos e sociais. (<http://portaldoprofessor.fct.unesp.br:9000/topico/infra-estrutura/>)

Figura 5 – Presidente Prudente. Chefes de família com rendimento até 2 salários mínimos. Comparação entre os anos 2000 e 2010.



Fonte: Atlas de Inclusão e Exclusão Social de Presidente Prudente.

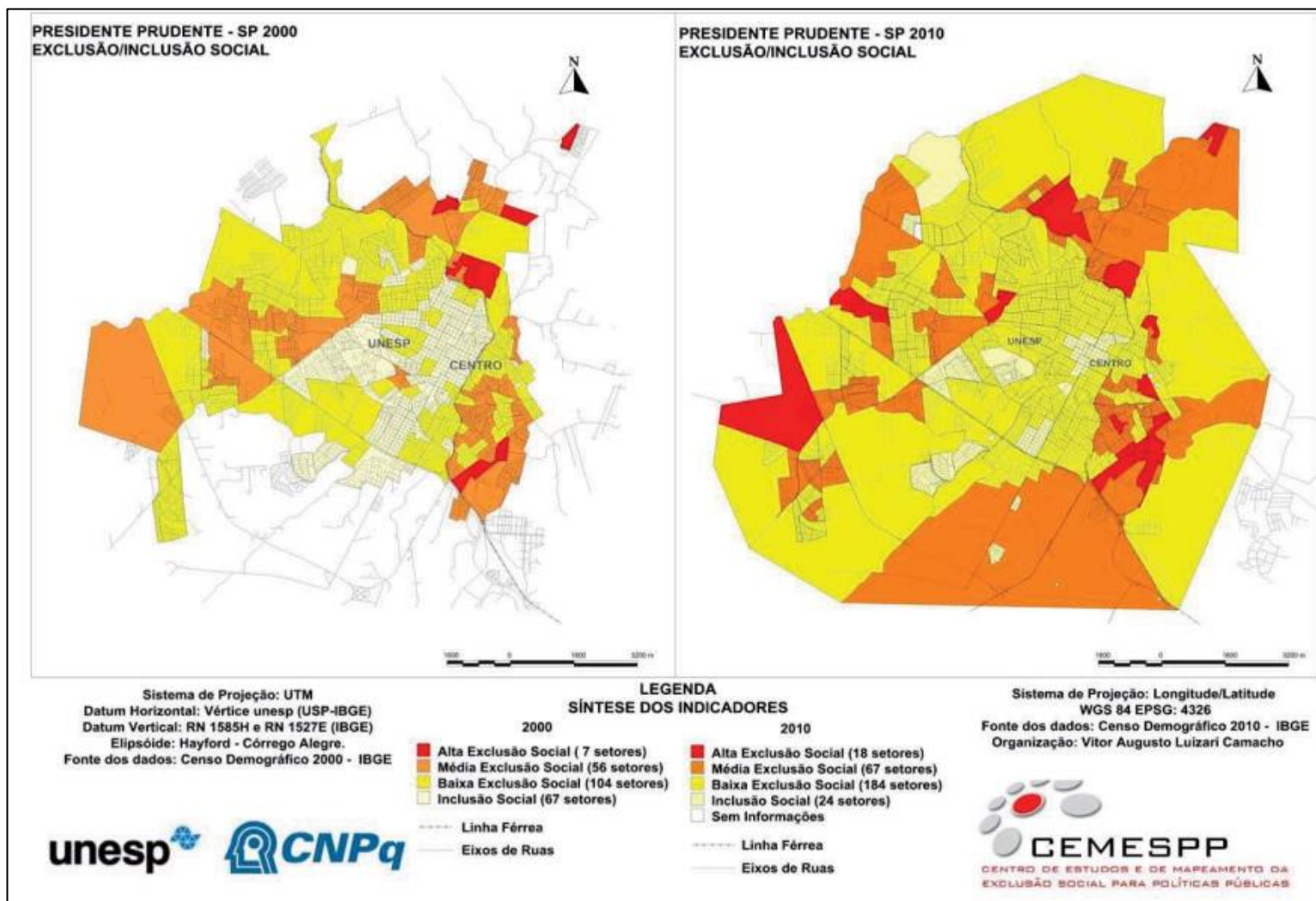
Figura 6 – Presidente Prudente. Chefes de família com rendimento superior a 20 salários mínimos. Comparação entre os anos 2000 e 2010.



Fonte: Atlas de Inclusão e Exclusão Social de Presidente Prudente.



Figura 7 – Presidente Prudente. Mapa síntese da exclusão/inclusão social. Comparação entre os anos 2000 e 2010.



Fonte: Atlas de Inclusão e Exclusão Social de Presidente Prudente (2017).

### 3 HIPÓTESE

A hipótese dessa pesquisa parte do pressuposto de que a vulnerabilidade é um fator importante para o agravamento e intensificação dos eventos extremos de temperatura, especialmente, com os grupos menos vulneráveis e segregados socio-economicamente.

Os impactos causados por condições térmicas anômalas têm influência direta na saúde e na qualidade de vida das pessoas, mas devido ao contexto socioeconômico em que estão inseridas, auxiliado pelas suas condições culturais, política, de comportamento social e individualizado deixam de se proteger ou amenizar os efeitos dos eventos extremos por não terem condições econômicas e de conhecimento suficientes para fazê-lo e, portanto, se tornam um grupo de risco mais proeminente às condições atmosféricas extremas.



## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar os eventos extremos de temperatura e condições de conforto térmico humano em bairros com diferentes contextos socioeconômicos na cidade de Presidente Prudente.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar a variabilidade, frequência e duração dos eventos extremos de temperatura na cidade de Presidente Prudente/SP do ponto de vista do conforto e desconforto térmico;
- Identificar os eventos extremos de ondas de calor e ondas de frio;
- Averiguar o grau de conforto/desconforto térmico da população urbana de Presidente Prudente a partir da análise do conforto/desconforto térmico interno e externo das residências localizadas em diferentes bairros e contextos socioeconômicos;
- Investigar os impactos causados pelas ondas de calor, ondas de frio e desconforto térmico na saúde, relacionando-os com a ocorrência de mal estares subnotificados.
- Analisar como os eventos extremos repercutem no interior das residências considerando o grau de vulnerabilidade dos diferentes grupos sociais.





## 5 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Como foi indicado na Introdução, os Procedimentos Metodológicos serão abordados e explicados especificamente em cada um dos capítulos. Nessa etapa são apresentadas apenas as técnicas utilizadas para a elaboração do questionário aplicado com a população residente na cidade de Presidente Prudente e que os resultados foram detalhados em cada um dos capítulos da tese. São definidos nesse item a preparação metodológica e definição da amostragem, aplicação do questionário (local, procedimentos), descrição do grupo de pessoas que foram abordadas (gênero, idade, local de origem, bairro em que moram), universo contemplado, entre outros.

O método utilizado para aplicação dos questionários foi a amostragem probabilística. Para essa metodologia são selecionados indivíduos da população de forma que todos tenham chances de participar da amostra, contudo, é imprescindível destacar que na análise amostral apenas um grupo de pessoas são representativas de todo o conjunto e, portanto, essa análise é passível de erros, chamados na estatística de erro amostral. Esse erro é impossível de ser evitado, mas é possível adotar uma estratégia em que se define o total de erros aceitáveis que são definidos a partir do tamanho da amostra colhida.

Em relação ao tamanho da amostra utilizada na abordagem probabilística, Gerardi e Silva (p. 19, 1981) esclarecem que:

[...] quanto maior o número de indivíduos na população, proporcionalmente menor o número de indivíduos que devem ser selecionados pela amostra. Quanto maior a variabilidade da população, maior deve ser a amostra, para representar a variabilidade. Quanto maior o grau de precisão desejado, maior deve ser a amostra.

Para a definição do tamanho da amostra foi utilizada a equação apresentada pelo Centro de pesquisa da Faculdade de Educação Superior do Paraná (2010)<sup>2</sup> e aplicada nas pesquisas de Aleixo (2012) na cidade de Ribeirão Preto que estabeleceu o mínimo de 270 questionários, considerando 90% de confiança:

---

<sup>2</sup> CENTRO DE PESQUISA DA FACULDADE De EDUCAÇÃO SUPERIOR DO PARANÁ. **Determinação do tamanho de uma amostra.** Disponível em: [http://www.fesprr.br/~centropesq/Calculo\\_do\\_tamanho\\_da\\_amostra/Tamanho%20da%20Amostra%20-%201.pdf](http://www.fesprr.br/~centropesq/Calculo_do_tamanho_da_amostra/Tamanho%20da%20Amostra%20-%201.pdf). Consultado em 12 de abril de 2010.

$$n = \frac{Z^2 \alpha / 2 \cdot p \cdot q}{E^2}$$

Onde:

n: Número de indivíduos na amostra

$Z^2\alpha/2$ : Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado

P: Proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria que estudaremos

Q: Proporção populacional de indivíduos que não pertence a categoria que não estudaremos ( $q=1-p$ )

E: margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença máxima entre a proporção amostral e a verdadeira proporção populacional.

Fonte: Centro de pesquisa da Faculdade de Educação Superior do Paraná (2010)

Seguindo os procedimentos de Aleixo (2012), ao total, foram aplicados 300 questionários entre os dias 17 e 18 de janeiro de 2017, preferencialmente nos períodos da manhã e tarde (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8 – Quantidade de questionários aplicados por data.

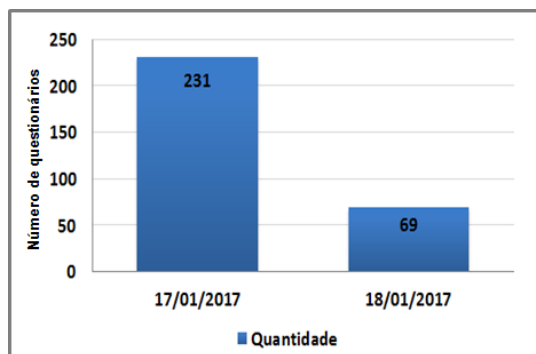
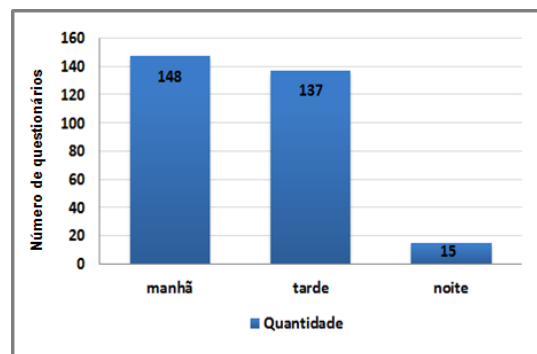


Figura 9 – Quantidade de questionários aplicados por período do dia.



Fonte: Dados da pesquisa

Os locais de obtenção das informações foram selecionados com o objetivo de abranger os diferentes perfis socioeconômicos, faixas etárias e gêneros, de modo que representassem a maior diversidade de dados possível. A fim de contemplar esses critérios a definição dos locais foi uma etapa muito importante para que não houvesse uma superestimação de alguns dados, especialmente socio-econômicos. Todos os entrevistados na pesquisa são moradores da cidade de Presidente Prudente, há pelo menos 1 mês, contudo, a grande dificuldade foi o acesso às pessoas com alto poder aquisitivo e moradores dos condomínios fechados.

Nessa pesquisa também optou por abranger o maior grupo possível de pessoas com faixas etárias diferentes, a exceção apenas dos menores de 15 anos, e

padrões biológicos (obesos, por exemplo), procedimentos comuns em pesquisas relacionadas ao conforto térmico que excluem, por exemplo, idosos, ou determinados gêneros, feminino e masculino, e também determinados padrões biológicos a fim de detalhar tais contextos. Parte-se do pressuposto que a cidade é heterogênea e diversa e, desta forma, privilegiar a análise de apenas alguns grupos etários seria se isentar da responsabilidade enquanto pesquisador de pensar uma cidade para todos. É sabido que alguns grupos, como os idosos, são mais vulneráveis e mais sensíveis aos eventos térmicos e condições específicas de saúde (FANTE e ARMOND, 2016; SOUZA, 2008; ALEIXO, 2012; ARAÚJO, 2014), contudo, é exatamente por terem estas características é que não se podem fechar os olhos para a realidade que é imposta, mesmo que esta análise requeira maiores cuidados e olhares específicos para esta categoria.

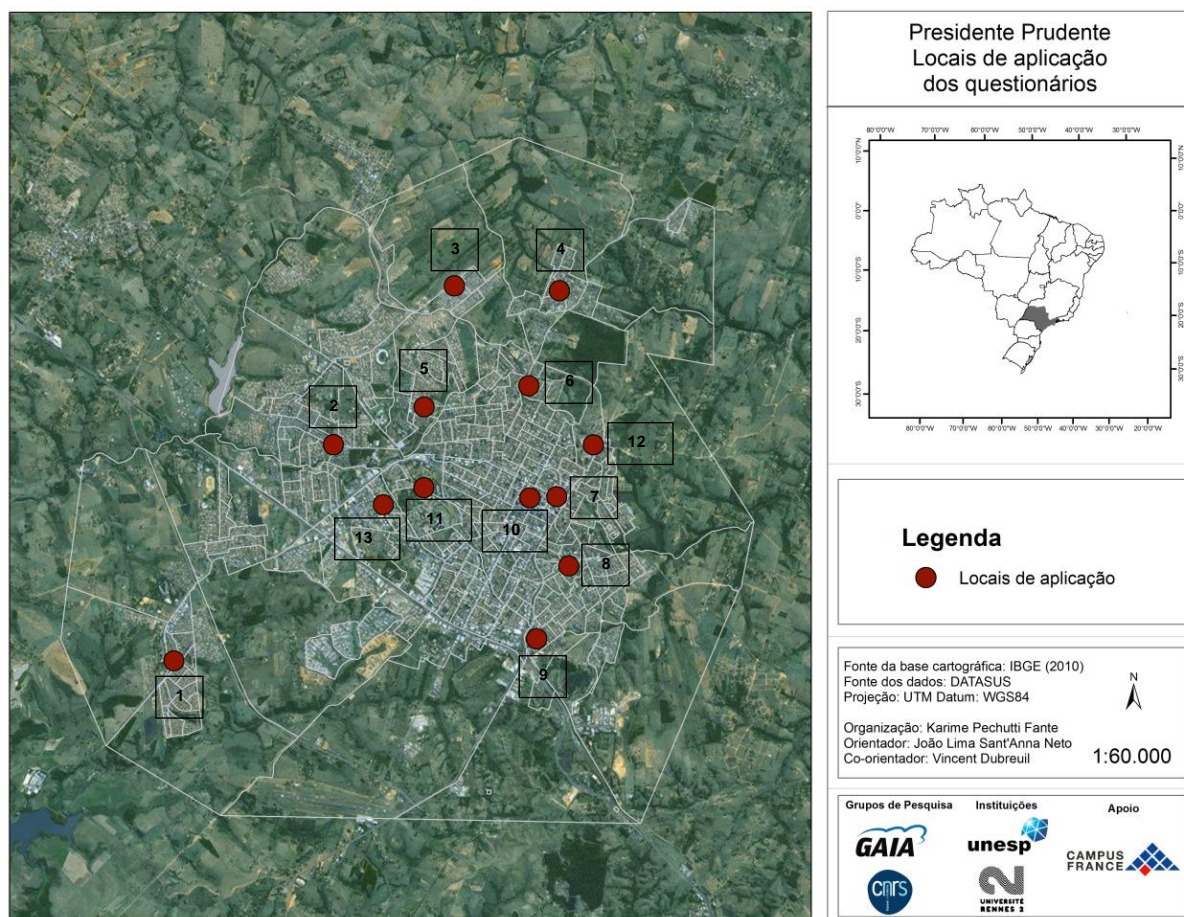
Os locais escolhidos foram, principalmente, áreas da cidade com grande concentração e fluxo de pessoas. Foram eleitas, ao total, nove unidades básicas de saúde e de pronto atendimento (UPA Ana Jacinta, UBS Jardim Eldorado/Cohab; UBS Belo Horizonte; UBS Humberto Salvador; UBS Brasil Novo; UBS Jardim Guanabara; UBS São Pedro; UBS Jardim Santana e Palácio da saúde; dois centros de ensino superior (UNESP e Toledo); um centro de comércio (Calçadão) e uma academia (Enforma) (Figura 10).

Os locais escolhidos para aplicação eram sombreados e livres da insolação direta (Calçadão e UNESP), e também dentro dos prédios públicos (UBSs e UNESP) e privados (Academia e Toledo), abertos ao público, e com circulação de ar e pessoas. A grande maioria dos entrevistados encontrava-se realizando atividades leves, caminhando ou sentadas e vestiam roupas leves e confortáveis (Figura 11).

Como o foco não era elaborar um índice de conforto térmico, nem elaborar questões mais complexas associadas a esse tema, a priori, não houve a necessidade de um rigor na seleção dos pontos de aplicação dos questionários como, por exemplo, controle de temperatura, escolha por ambientes internos ou externos, técnicas normalmente utilizadas para pesquisas exclusivamente associadas ao conforto térmico. O questionário possuía questões diversas e o interesse principal dessa tese era atingir a um maior número possível de pessoas com diferentes condições socioeconômicas e moradoras de diferentes pontos da cidade. Além disso, como se trata de questões referentes a sua moradia, percepção em relação ao clima, e medidas

adaptativas as condições térmicas e de saúde acredita-se que a escolha desses locais fosse adequada.

Figura 10 – Presidente Prudente. Locais de aplicação dos questionários.



Fonte: Dados da pesquisa. Números 1 – 9, unidades básicas de saúde (UBS); 10, calçadão; 11, UNESP; 12, Faculdade Toledo; 13, academia.

O questionário era composto por 29 questões que abrangiam temas sobre o conforto térmico (sensação e percepção do clima e temperatura); vulnerabilidade (questões específicas ao local de residência e medidas adaptativas e mitigatórias a eventos extremos de frio e calor); e saúde (com questões relacionadas as formas de tratamento da doença e percepção da população na associação de clima e saúde). Além disso, também foram anotados dados sobre o entrevistado, sem identificá-lo, e as condições ambientais no momento da aplicação (Figura 12).

Para a aplicação dos questionários houve o apoio de 13 pessoas que foram fundamentais nessa fase (Figura 13). Somado aos questionários eles tinham em mãos termo higrômetros portáteis da marca Maxim II de 433 Mhz, produzido pela

empresa alemã TFA, e a cada questionário eles anotavam a temperatura e umidade do local, além das questões previamente definidas .

Um dia antes da aplicação, os termo-higrômetros foram testados e comparados. Os aparelhos com discrepâncias maiores que 1°C, entre um e outro, foram descartados (Figura 14).

Ao final foram aplicados 122 questionários (40,8%) nas unidades básicas de saúde e de pronto atendimento; 68 questionários (22,7%) na área central de comércio da cidade (Calçadão) e serviços (academia); e 110 (36,7%) nas universidades, UNESP e Toledo (Quadro 1).

Quadro 1 - Relação da quantidade e percentual de questionários obtidos em cada um dos pontos de coleta.

	Quantidade	Porcentual dos questionários
1 UPA Ana Jacinta	14	4,7
2 UBS Jardim Eldorado/Cohab	14	4,7
3 UBS Belo Horizonte	6	2,0
4 UBS Humberto Salvador	15	5,0
5 UBS Brasil Novo	15	5,0
6 UBS Jardim Guanabara	15	5,0
7 UBS São Pedro	15	5,0
8 UBS Jardim Santana	14	4,7
9 Palácio da saúde	14	4,7
10 UNESP	105	35,0
11 Toledo	5	1,7
12 Calçadão	63	21,0
13 Academia	5	1,7

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados foram tabulados e analisados em dois programas específicos para tratamento de dados: Excel e o Sphinx, esse último utilizado exclusivamente para a análise de questionários, e também o ArcGis para a representação cartográfica dos resultados.

O grupo entrevistado foi majoritariamente do sexo feminino, 59,7% dos dados, mesmo havendo a preocupação em manter a mesma quantidade de questionários entre os sexos (Figura 15). Possuíam idade entre 15 e 89 anos (Figura 16) e no



momento da entrevista estavam vestindo roupas consideradas por eles confortáveis, 68,7% (Figura 17), como pode ser verificado nas seguintes figuras.

Figura 11 – Amigos aplicando os questionários no centro de comércio da cidade (Calçadão).



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 12 – Aplicação de questionários com moradores locais no centro de comércio da cidade (Calçadão).



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 13 – Alguns dos amigos que ajudaram na aplicação dos questionários.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 14 – Teste e comparação entre os termo higrometros.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 15 – Divisão percentual dos entrevistados por sexo.

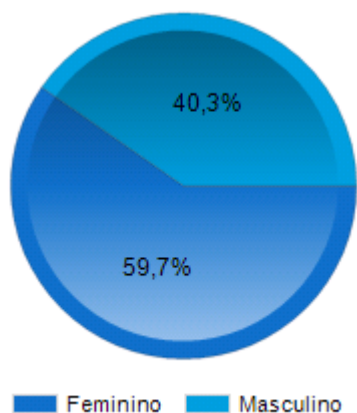


Figura 16 – Divisão etária e por sexo do grupo entrevistado.

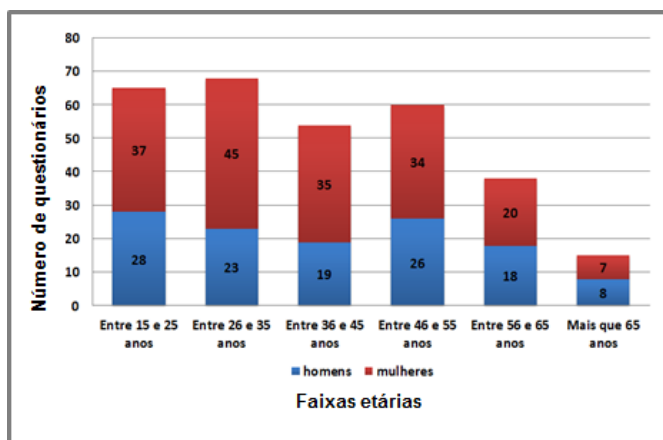


Figura 17 – Roupa que o entrevistado vestia no momento da aplicação do questionário.

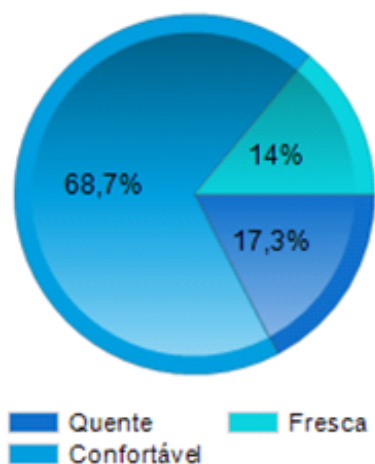


Figura 18 – Percentual de entrevistados que trabalham expostos ao sol.

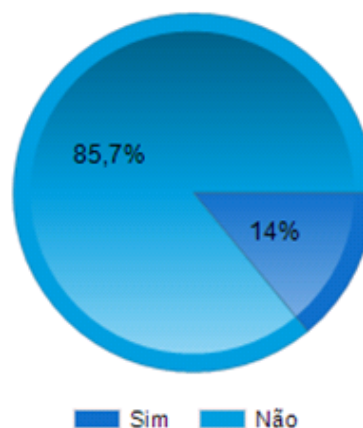


Figura 19 – Percentual de entrevistados migrantes e naturais de Pres.Prudente.

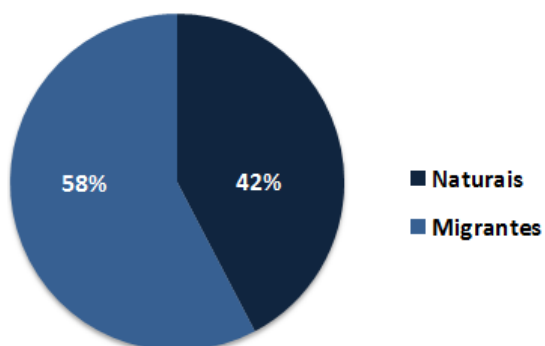
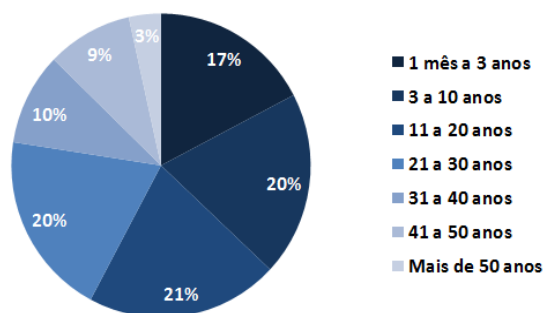


Figura 20 – Migrantes. Tempo em que residem em Presidente Prudente.



Fonte: Dados da pesquisa

Também houve uma preocupação em compreender a relação do entrevistado com o tipo de clima em que estavam acostumados. Um grande percentual de entrevistados migrantes de locais mais frios, por exemplo, poderiam superestimar respostas de desconforto ao calor. Era importante que eles conhecessem o clima de Prudente e que estivessem adaptados a ele. Para isso foram realizadas questões sobre o seu local de origem, período de permanência na cidade e se trabalhavam expostos ao sol (Figura 18). Respostas de pessoas moradores com menos de 1 mês na cidade foram desconsiderados.

Os resultados indicaram que 58% dos entrevistados são oriundos de outras cidades e Estados, mas que, em média, moram em Presidente Prudente há 26 anos. Do grupo de migrantes 37% dos entrevistados residem na cidade há menos de 10 anos, enquanto que 22% está há mais de 31 anos. Grande parte dos entrevistados advém de outras cidades do Estado de São Paulo (124 pessoas), seguido pelo Estado do Paraná (14 pessoas), portanto, locais com climas tropicais comparáveis aos de Presidente Prudente.

Figura 19 – Percentual de entrevistados migrantes e naturais de Pres.Prudente.

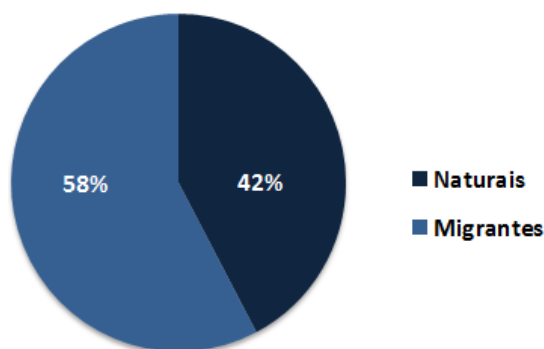
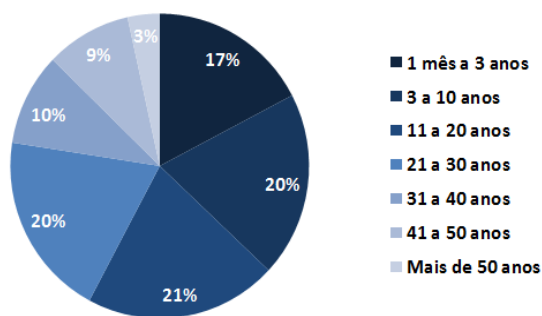


Figura 20 – Migrantes. Tempo em que residem em Presidente Prudente.



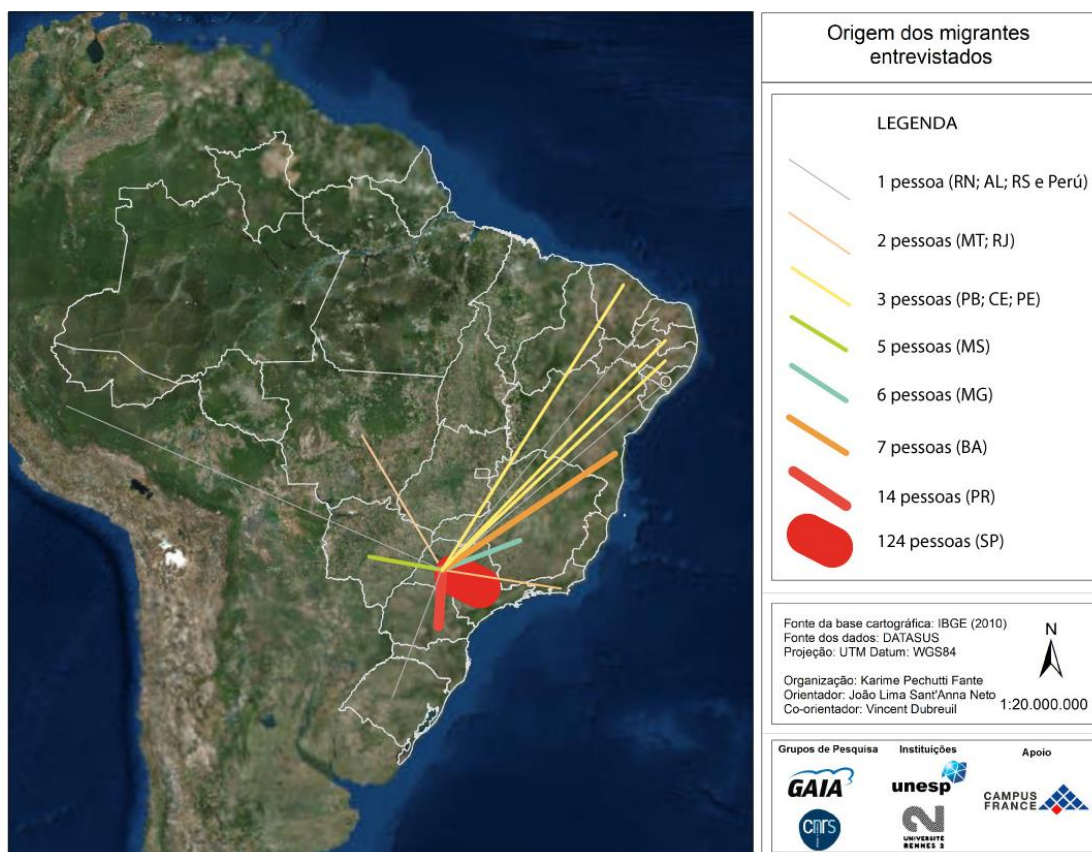
Fonte: dados da pesquisa

No momento da aplicação dos questionários as temperaturas estiveram entre 21°C e 35,5°C, sendo que os pontos de entrevista mais quentes foram o Calçadão e a Unidade básica de saúde do Jardim Belo Horizonte (Figura 22). Para essas condições de temperatura, 70,7% dos entrevistados mostraram-se satisfeitos e confortáveis (Figura 23).

Ao final da aplicação do questionário foram obtidas respostas de 114 bairros diferentes (Figura 25), com abrangente distribuição espacial, e de moradores com casas próprias em 69,3% dos casos (Figura 24).



Figura 21 – Origem dos migrantes entrevistados.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 22 – Presidente Prudente. Temperatura e umidade no momento da aplicação dos questionários.

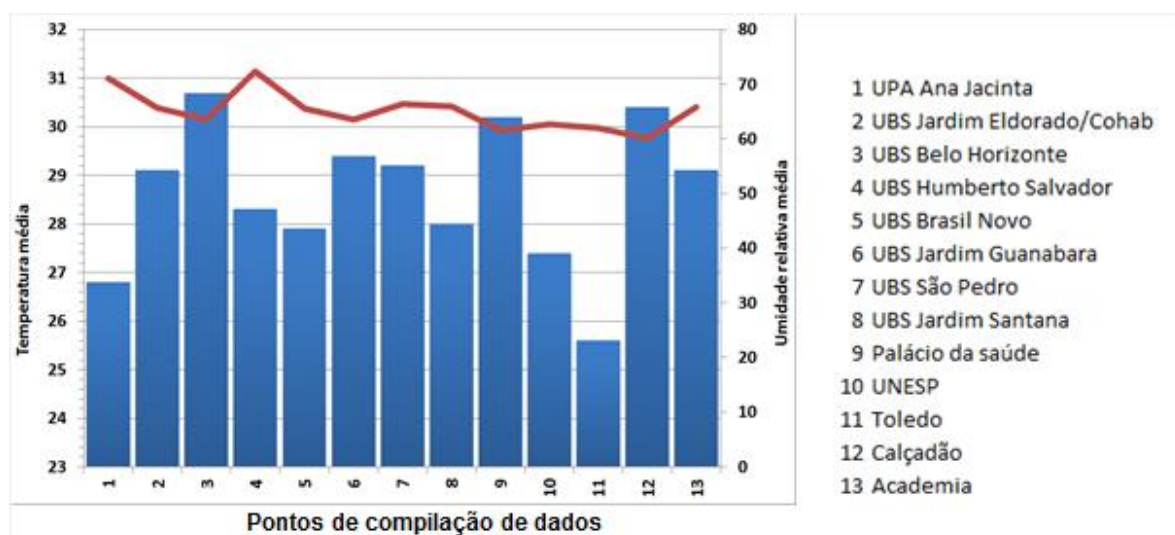
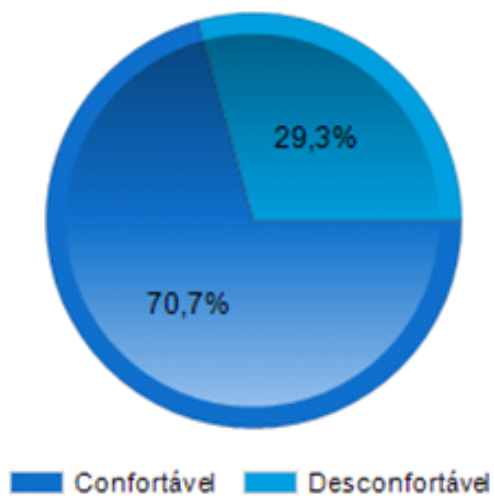
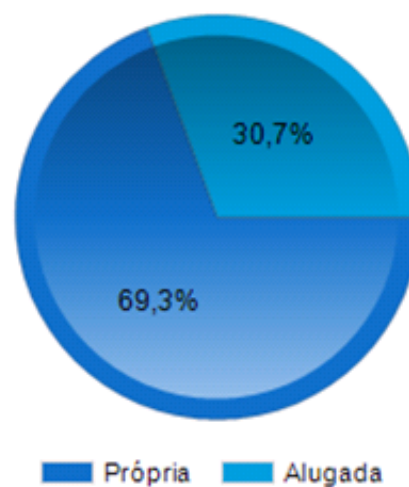


Figura 23 – Percentual de respostas referentes ao conforto e desconforto térmico no momento da entrevista.



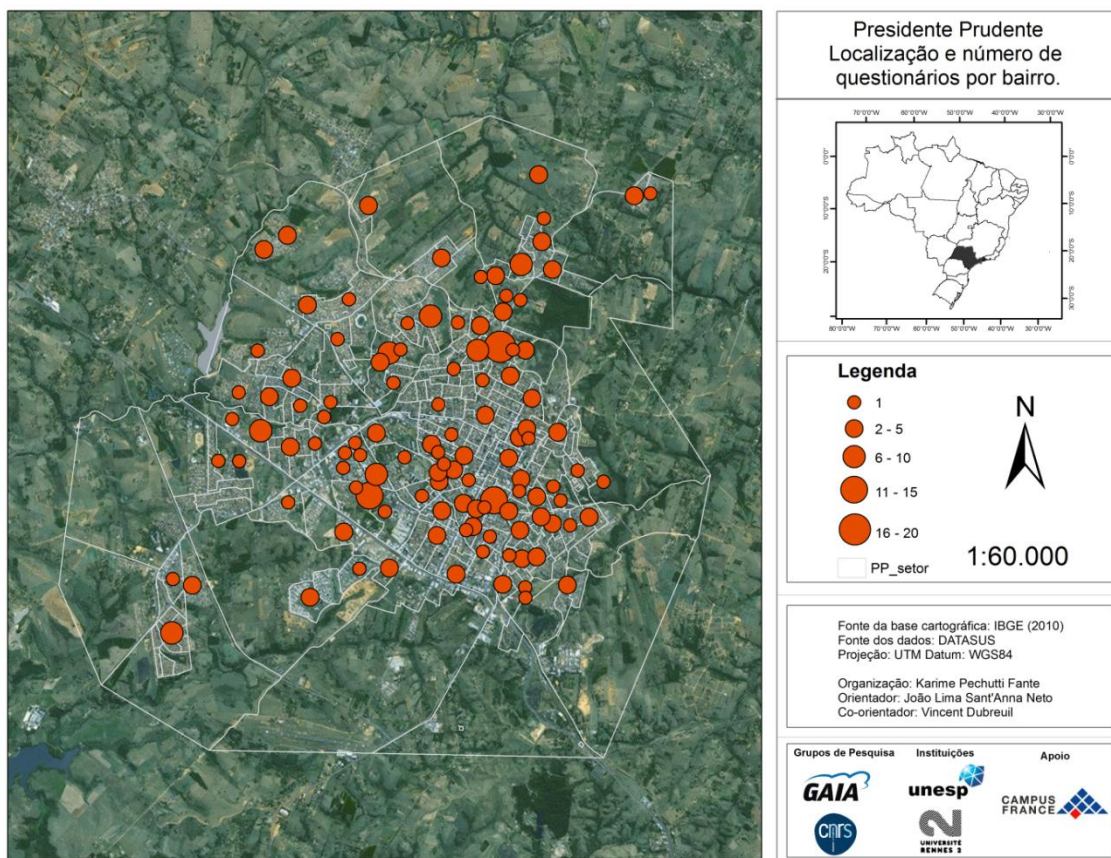
Fonte: Dados da pesquisa

Figura 24 – Situação da casa em que os entrevistados moram.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 25 – Presidente Prudente. Localização e número de questionários por bairro.



Fonte: Dados da pesquisa

## **6 CONFORTO E DESCONFORTO TÉRMICO: EPISÓDIOS METEOROLÓGICOS ASSOCIADOS À TEMPERATURA E A INFLUÊNCIA NA FISILOGIA HUMANA**

### **6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O homem como qualquer ser vivo depende de condições climáticas adequadas para o funcionamento regular do seu organismo. Fatores como a temperatura, umidade, vento e demais elementos do clima tem influência direta no bom desenvolvimento fisiológico humano.

Desde o século XX, diversos autores, em todo o mundo, têm estudado a relação entre o que é adequado e confortável ambientalmente para a sobrevivência e o conforto do ser humano. De acordo com o objetivo de cada estudo existe uma infinidade de metodologias apropriadas para a identificação de limites e limiares de situações de conforto e desconforto térmico. Estas estratégias são definidas a partir da combinação de elementos do clima, processos fisiológicos humanos e também subjetivos: a associação entre temperatura e umidade; ventos; atividade metabólica e física; perda de calor; taxa de suor; pressão atmosférica; tensão de saturação do vapor, entre outros.

Contudo, além disso, também há de se considerar o poder adaptativo do homem às condições climáticas e regiões em que habitam. Não há dúvida que a satisfação em relação ao ambiente externo também seja associada as suas experiências: habitantes da zona equatorial, por exemplo, sentem-se desconfortáveis ao frio a partir de temperaturas mais elevadas, quando comparadas a habitantes da zona tropical e temperada.

Isto também tem relação direta com o modo pelo qual os habitantes se relacionam com o ambiente externo e os métodos que utilizam para se proteger e prevenir de situações desagradáveis como a utilização de roupas apropriadas; alimentação; técnicas construtivas; formas de adaptabilidade e utilização de equipamentos de aquecimento e refrigeração.

Outros fatores importantes como as condições fisiológicas, idade, sexo, massa corporal, problemas crônicos e genéticos, metabolismo também definem diferentes contextos de percepção climática a partir dos mecanismos de termoregulação corporal.

Observa-se que há uma gama de situações que se relacionam e ajudam a definir o que é adequado, satisfatório, tolerável e insuportável ao bom funcionamento fisiológico.

De acordo com Besancenot (2001) quando esta situação ótima não existe o organismo humano tem de se esforçar para manter as condições básicas para seu bom funcionamento o que pode gerar certo desgaste e, conseqüentemente, problemas de saúde e enfermidades.

É claro que as situações biológicas prévias são importantes para o *stress* do organismo, contudo, as condições climáticas neste contexto agem como um desencadeador e agravante para situações negativas.

Além disso, os aspectos relacionados a vulnerabilidade social também definem a intensidade ao qual os elementos atmosféricos podem ou não atuar num determinado organismo: cada classe social em detrimento do seu poder econômico é capaz de amenizar e de se prevenir os efeitos adversos do clima de modo diferente.

Diante desta discussão pretendeu-se neste capítulo realizar uma releitura bibliográfica sobre temas que ajudam a elucidar estes aspectos abordados sucintamente nesta introdução: funcionamento fisiológico do organismo humano; definição de conforto e desconforto térmico; métodos de avaliação e índices térmicos; estudos sobre o tema desenvolvidos em diferentes contextos climáticos; fatores agravantes e amenizadores.

Posteriormente embasados com esse arcabouço teórico-metodológico são apresentadas diferentes análises aplicadas ao contexto tropical e especialmente para a cidade de Presidente Prudente, foco desta pesquisa.

## **6.2 CONFORTO TÉRMICO HUMANO**

No escopo da ciência a área voltada especificamente aos estudos do clima e as relações com os seres vivos é denominada Bioclimatologia. De modo geral, estes estudos podem ser distinguidos em bioclimatologia humana, vegetal ou animal de acordo com a intencionalidade e foco de análise.

Em específico aos estudos da bioclimatologia humana há de se considerar que os elementos climáticos agem de forma direta e indireta na vida humana: primeiro pelas funções básicas e fundamentais para vida e depois pelos fatores indiretos como o desencadeamento de doenças e aumento nas morbidades e mortalidade.

De acordo com Galvani (2004, p.221) esta é uma disciplina que requer para o seu entendimento uma gama de profissionais de diferentes áreas como a Geografia, Biologia, Agronomia, Meteorologia, Medicina entre outros, que se utilizam dos produtos da Bioclimatologia na resolução de seus problemas.

Os primeiros trabalhos realizados tinham como hipótese principal a de que o clima era determinante sobre todas as doenças e aspectos negativos relacionados à época (caráter, vícios, hábitos), frutos dos ideais iluministas (ALVES, 2008). Contudo a evolução das pesquisas trouxe a luz que o clima, em relação ao homem, enquanto agente social, tem o papel de desencadeador e agravante, mas não determinante.

Conforme Sorre (1984)<sup>3</sup> *apud* Gobo (2013, p.44) ao analisar as causas das perturbações orgânicas nos seres humanos é possível constatar que as doenças não se explicam unicamente pelos elementos atmosféricos e tipos de clima, mas de um conjunto de fatores inter-relacionados advindos do meio natural, vivo e social.

Neste sentido Carvalho (2006, p.46) ressalta o potencial positivo que os estudos na bioclimatologia podem trazer ao bem-estar humano desde o conhecimento até o serviço da prevenção e da política de saúde e prevenção aos riscos ambientais e individuais.

Uma das vertentes da bioclimatologia são os estudos do conforto térmico humano. Para Lamberts (2014, p.03)

[...] estas pesquisas visam analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente.

Segundo o autor supracitado a importância desses estudos recai sobre três fatores principais: a satisfação do homem e bem-estar em sentir-se termicamente confortável; o desempenho humano e rendimento das atividades intelectuais, manuais e perceptivas; e a conservação de energia em relação ao ambiente externo a fim de evitar desperdícios com calefação e refrigeração.

Contudo, definir o que é confortável ou desconfortável do ponto de vista térmico requer a análise de diversos fatores fisiológicos, individuais, ambientais e subjetivos que juntos conjugam a sensação de bem ou mal estar térmico individual. Nem sempre os mesmos limiares e limites térmicos são ótimos para todos os grupos

---

<sup>3</sup> SORRE, M. Geografia. Tradução Januário F. Megele. São Paulo: Ática, 1984.

e, portanto, há uma série de definições sobre este conceito, mas que em todos os casos aludem ao bem-estar térmico do homem:

- Le confort équivaut au repos de l'organisme dans sa lutte contre les agressions extérieures (BESANCENOT, 1990 apud ESCORROU, 1991, p.173).
- En resumen, el confort térmico o climático es una “reacción” fisiológica del organismo, que el hombre percebe como una “sensación”, agradable en su presencia y lo contrario en su ausencia, lo que determina un “comportamiento” (GÓMEZ; GARCÍA; ARROYO; MARTÍN-VIDE; CUADRAT, 1993, p.127).
- La confortabilidad térmica puede ser definida como el conjunto de condiciones em las que los mecanismos de autorregulación son mínimos o como la zona delimitada por unos umbrales térmicos em la que el mayor número de personas manifiesten sentirse bien (GARCÍA, 1996, p. 199).
- O conforto térmico ambiental pode ser entendido como estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda, sendo medido através das sensações individuais ou de um grupo de pessoas. (LAMBERTS<sup>4</sup> et. al., 2005, apud VIANA, 2013, p. 223).
- El concepto de confort, por tanto, admite varias definiciones, pero en todas se halla presente el concepto de equilibrio energético entre el cuerpo humano y su entorno. (GARCÍA, 1996, p. 200)
- Uma pessoa se encontra confortável termicamente, quando todo o calor produzido, ou ganho pelo corpo humano, for igual à quantidade de calor perdido ao meio exterior, pelo mesmo corpo e na mesma proporção, a fim de o corpo manter um balanço de energia (GOBO, 2013, p.14).
- A sensação de conforto térmico é inversamente proporcional ao trabalho do sistema termorregulador, o que representa que quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será o desconforto (RUAS e LABAKI<sup>5</sup>, 1999, apud COSTA, 2003, p.44)
- A condição de conforto é obtida mediante o efeito conjugado e simultâneo de um complexo conjunto de fatores objetivos, como os elementos do clima

<sup>4</sup> LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A.; CARLO, J. Desempenho térmico de edificações. LabEE – laboratório de eficiência energética em edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

<sup>5</sup> RUAS, A. C.; LABAKI, L. C. Contribuição à aplicação prática das normas internacionais na avaliação do conforto térmico. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Fortaleza, 1999. Anais... Fortaleza: ANTAC, 1999.



(temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e radiação) e a vestimenta, e outros de carácter subjetivo como aclimatação, forma e volume do corpo, cor, metabolismo etc. (MENDES; QUEIROZ, 2014, p.1308)

- En realidad, equilibrio térmico, confort o bienestar, no son más que facetas de un mismo problema: las interacciones entre el hombre y el clima, o mejor, entre hombre y medio. (GÓMEZ; GARCÍA; ARROYO; MARTÍN-VIDE; CUADRAT, 1993, p. 124)

Diante dessas definições observa-se que há um consenso sobre a definição de conforto térmico. Pode-se sintetizar que o conforto térmico é a condição ótima entre o organismo humano e as condições climáticas do seu entorno, sem que haja esforço ou *stress* fisiológico.

Segundo Escorrou (1988, p.347) não existe uma definição muito precisa sobre a noção de *stress*, devido a uma confusão entre os fatores causantes e a manifestação. Na medicina o *stress* é definido como resultado comum da exposição a todos os estímulos (CHALVIN<sup>6</sup>, 1985 *apud* ESCORROU, 1988, p. 347), contudo, se for considerado somente o aspecto negativo do *stress* pode-se dizer que *c'est une diminution de la capacité de réaction d'un sujet face à un événement extérieur. Aussi cette notion est-elle subjective et varie-t-elle d'une personne à l'autre* (ESCORROU, 1988, p.347).

Segundo a autora o *stress* *provoque un "syndrome 'adaptation": l'individu perd une partie de ses défenses immunitaires, ce qui le rend plus vulnérable.* (ESCORROU, 1988, p.348). Estima-se que existe uma relação entre o *stress* e certo número de enfermidades e doenças como os acidentes cardíacos, canceres, tuberculoses, certos males estomacais e intestinares e numerosas infecções cutâneas.

Em relação ao conforto térmico, Lamberts (2014, p.68), afirma que os estudos acerca do *stress* térmico encontram-se divididos em dois grandes grupos de acordo com o tipo de ambiente que esta sendo analisado: *stress* ao calor, para ambientes quentes; e *stress* ao frio, em ambientes frios.

Para este autor o ser humano quando submetido a condições de *stress* térmico, dentre outros sintomas, apresenta a debilitação do estado geral de saúde, alterações das reações psicossensoriais e a queda da capacidade de produção. Em vista disso, é fundamental o conhecimento a respeito das condições ambientais que

---

<sup>6</sup> CHALVIN, D.. Faire face aux stress de l'avie quotidienne. Paris, hachette, 100, 29 p., 1985.

possam levar a esse estado, bem como se observar o tipo de trabalho e o tempo de exposição do homem a tal situação (LAMBERTS, 2014, p.68).

Desta forma o conforto térmico tomado como uma sensação humana difere-se individualmente em prol da capacidade perceptiva e sensitiva de cada indivíduo. Alguns autores tentam descrever essa gama de fatores que compõem a sensação humana e definem que a sensibilidade térmica é evidenciada pela associação física - troca de calor do corpo com o meio; fisiológicas do organismo humano - resultante da exposição contínua a determinada condição térmica; e psicológicos - diferenças de percepção e na resposta a estímulos sensoriais frutos de experiências passadas e expectativa do indivíduo (LAMBERTS, 2014, p.03).

Outros autores, no entanto, explicam esses fatores a partir de outras variáveis. García (1996), por exemplo, defende a hipótese que a interação existente entre os seres humanos e ambiente habitado se dá a partir de variáveis climáticas, fisiológicas e psíquicas.

Fanger (1970<sup>7</sup> *apud* GOBO, 2013, p.16) distingue o conforto térmico a partir da interrelação entre as variáveis físicas ou ambientais – elementos do clima: temperatura, umidade, velocidade do vento; e subjetivas ou pessoais – atividade desempenhada pela pessoa e vestimenta.

Howell e Stramler<sup>8</sup> (1981 *apud* GOBO, 2013, p.17), além dessas variáveis descritas, também ressaltam o papel das variáveis psicológicas, como o sentimento de se sentirem aquecidas ou mais refrescadas, níveis de tolerância, ajustamento, adaptação. Estes autores também ressaltam outras quatro variáveis psicológicas consequentes do nível de tolerância percebida e individual: decréscimo de *performance*, decréscimo de conforto, decréscimo de energia física e decréscimo de afeto.

Na Espanha e alguns autores europeus os estudos seguem os arcabouços que definem os estudos sobre conforto bioclimático em enfoques analíticos ou racional (balanço energético humano) e o enfoque sintético e empírico (combinação de diversas variáveis meteorológicas). Conforme Tornero, Cueva e Lopera (2006, p.153) os índices empíricos ignoram o papel decisivo da fisiologia humana, a atividade, a roupa e outros dados pessoais (altura, peso, idade, sexo), já os índices racionais são desenvolvidos por técnicas de informática e dependem do equilíbrio de

---

<sup>7</sup> FANGER, P. O. Thermal comfort. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

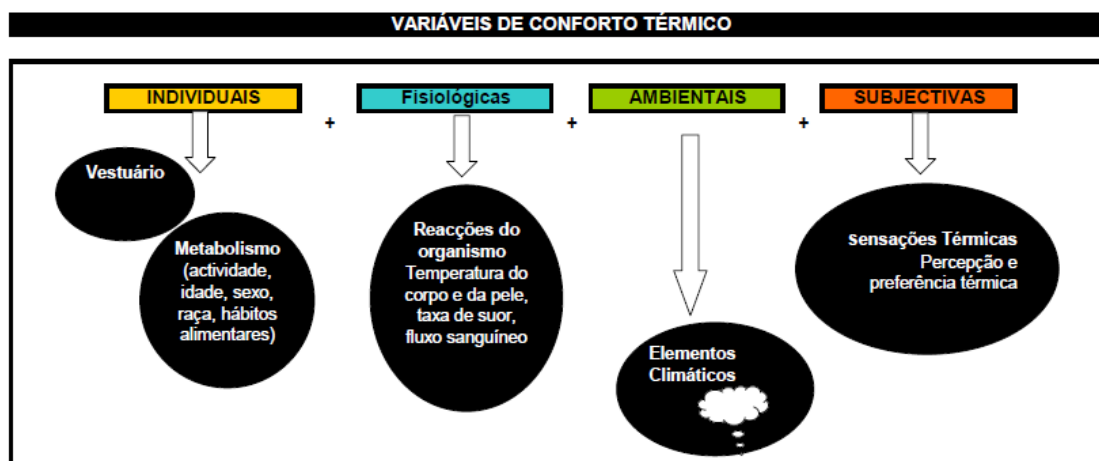
<sup>8</sup> HOWELL, W.; STRAMLER, C. S. The contribution of psychological variables to the prediction of thermal comfort judgments in real world settings. ASHRAE transactions, v. 87, n° 1, p. 609-621, 1981.



energia humana. A transferência de calor é o ponto inicial dos estudos analíticos ou racionais (TORNERO, J. CUEVA, A. J. P.; LOPERA, F. G, 2006 p.154).

Carvalho (2006), por sua vez, atribui as variáveis do conforto térmico em 3 principais: humanas, que se desdobra em individuais e fisiológicas, ambientais e subjetivas (Figura 26).

Figura 26 – Variáveis do conforto térmico.



Fonte: Carvalho (2006, p.54).

As variáveis humanas são resultantes do metabolismo resultante da atividade física, metabolismo (sexo, idade, hábitos alimentares) e da resistência térmica dos vestuários utilizados; as variáveis ambientais estão relacionadas aos elementos clima como temperatura, umidade, pressão atmosférica, etc; e por fim, as variáveis subjetivas podem ser entendidas como a subjetividade pessoal em relação ao desenvolvimento térmico e dependente das características pessoais: local de origem, experiências, por exemplo.

As formulações desta autora parecem ser as mais completas do ponto de vista teórico-conceitual e, portanto, foram as eleitas para aprofundamento nesta pesquisa.

## 6.3 VARIÁVEIS E CONDICIONANTES DO CONFORTO TÉRMICO

### 6.3.1 Variáveis ambientais ou climáticas

As variáveis que compõem o conforto térmico humano são os elementos do clima que agem sobre o organismo humano. De acordo com Besancenot (2001,

p.09) todas as manifestações da vida são ligadas ao meio exterior. O organismo humano encontra-se permanentemente ligado ao tempo e com o clima, uma vez que se considera o corpo como um sistema aberto dotado de uma estabilidade notável:

Changements de temperature et de pression, modification du champ électrique ou de la composition chimique de l'air, nature et vitesse des vents, fluctuations de l'humidité et de l'ionisation, intensité et composition spectrale du rayonnement solaire, perturbations apportées par les ondes lumineuses et hertziennes, enfin influences cosmiques dont on ignore presque tout: l'action de l'environnement physique ne deviant évidente que lorsque les éléments du milieu extérieur agissent en excès et déterminent un désordre pathologique; elle n'en est pas moins effective en tous lieux et toutes circonstances. (BESANCENOT, 2001, p.09)

Apesar de todos esses elementos do clima estarem relacionados e influenciarem o corpo humano normalmente os principais analisadas, em relação ao conforto térmico, são a temperatura, umidade, vento e radiação solar.

As temperaturas desempenham um papel fundamental na manutenção termorreguladora do organismo humano. Devido ao seu caráter homeotérmico o homem necessita manter a temperatura interna do seu corpo em 37°C: *quando este intervalo de neutralidade térmica não é mantido, o ser humano começa a sentir incómodo e desconforto podendo até morrer* (MONTEIRO, 2013, p. 155).

A umidade do ar é outro elemento atmosférico associado ao conforto térmico. O primeiro ponto a se considerar é que o percentual de umidade relativa se dá em função da temperatura. Em ambientes com temperaturas elevadas a tendência é que haja uma diminuição na quantidade de vapor d'água em detrimento da expansão da atmosfera e, portanto, uma menor retenção de calor nas partículas de água em suspensão na atmosfera próxima.

Entretanto não se deve desconsiderar os locais em que normalmente são encontradas temperaturas e quantidade de vapor d'água elevadas como ocorre, por exemplo, na região equatorial amazônica. Nestes casos a umidade torna-se um agravante para situações de desconforto térmico. A atmosfera quente e saturada não permite que o suor do corpo humano seja evaporado e, portanto, o corpo humano sofre por não conseguir dissipar o calor interno.

Os ventos, por sua vez, podem se tornar agravantes de situações desconfortáveis principalmente para o frio e amenizadores de temperaturas quentes. Conforme Besancenot (2001, p.33) os ventos intervêm de diversas maneiras na mudança de calor entre a pele, o corpo e o ar: ele renova a película gasosa de contato entre a

epiderme e, em equilíbrio térmico com ela, regula as trocas calóricas, aumenta a eficácia da convecção, acelera a dissipação do calor interno por meio da transpiração cutânea, do vapor d'água expelido e do suor (tradução nossa).

Os efeitos negativos do vento, no entanto, são expressos em situações climáticas extremas. De acordo com Sartori (2000)<sup>9</sup> citado por Gobo (2013, p.20) os *ventos continentais frios ou quentes, violentos e secos, são nocivos ao corpo humano, pois ressecam e racham a pele, irritam os brônquios, provocam tosse e tornam difícil a expectoração*. Por outro lado, eles também ajudam a intensificar situações que já são extremas ao organismo humano como as baixas temperaturas. Conforme Sorre (1984)<sup>10</sup> *apud* Gobo (2013, p.20) relatos de exploradores de regiões polares afirmam que suportam *temperaturas inferiores a -40°C sem vento, no entanto padecerem sob temperaturas de -10°C com ventos fortes*.

### 6.3.2 Variáveis humanas (individuais e fisiológicas)

As variáveis humanas são aquelas correspondentes às condições fisiológicas do organismo humano e medidas adaptativas individuais. Existe uma gama importante de variáveis que não devem ser desconsideradas para o entendimento do conforto térmico humano como: o metabolismo, as atividades desenvolvidas, sexo, formas do corpo, massa corporal e gordura, hábitos alimentares, idade, estado de saúde, vestuário e aclimatização dos indivíduos.

O metabolismo é um dos principais processos fisiológicos do corpo humano relacionado ao conforto térmico. É ele que definirá se um organismo encontra-se termicamente neutro, com temperaturas próximas a 37°C, ou em *stress*, para o calor ou frio. Este assunto será retratado com maior propriedade no item 6.5 contudo, *a priori*, pode-se definir que este é um conjunto de processos bioquímicos que ocorrem no organismo e que transforma, de modo geral, o alimento ingerido em energia.

Conforme Carvalho (2006, p.55) o metabolismo pode ser dividido em duas subcategorias: metabolismo basal, que representa a quantidade de energia para a manutenção da vida humana como a respiração, contração cardíaca e temperatura do corpo, e o metabolismo muscular ou mecânico que compreende a quantidade de

---

<sup>9</sup> SARTORI, M. G. B. Clima e Percepção. Tese (Doutorado) – faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 2000.

<sup>10</sup> SORRE, M. Geografia. Tradução Januário F. Megele. São Paulo: Ática, 1984.

energia gasta para o trabalho mecânico do corpo e atividades desempenhadas. Quanto mais intensa a atividade física, maior será o calor gerado pelo metabolismo.

Outro fator determinante para a quantidade metabólica é o sexo. Carvalho (2006, p.55) explica que *as mulheres apresentam um metabolismo inferior ao dos homens, ou seja, produz menos calor o que conduz a preferências, em termos médios, por ambientes um pouco mais aquecidos.*

Estudos como o de Parsons (2002) em ambientes controlados constatou que mulheres sentiam-se mais desconfortáveis em situações de temperaturas frias quando comparadas aos homens. Em situações de calor, no entanto, os votos entre homens e mulheres tenderam a equiparar-se. Conforme Burse (1979)<sup>11</sup> e Lan *et. al.* (2008)<sup>12</sup> *apud* Gobo *et. al.* (2017, p.32) estas diferenças ocorrem por uma questão fisiológica: as mulheres têm em média 20% e 18% a menos de massa e superfície corporal, respectivamente, e 14% a mais de gordura quando comparada aos homens. Carvalho (2006, p.55) e Costa (2013, p.47) relembra que a gordura do corpo funciona como um isolante térmico frente às adversidades do entorno, e a forma do corpo também define a relação entre volume e superfície exposta. Mehnert *et. al.* (2002)<sup>13</sup>, *apud* Gobo *et. al.* (2017, p.32) também justifica que quando expostas a situações de *stress* térmico as mulheres tem a capacidade de suar menos que os homens com a mesma área de superfície. Em média a temperatura do core corporal das mulheres é 0,2°C mais quente do que os homens.

Em relação a massa corporal Kruger *et al.* (2012, p.21) e Costa (2003, p.47) esclarece que este um fator importante para a compreensão do conforto térmico entre as pessoas. Pessoas com massa corporal mais elevada possuem taxa metabólica mais alta. Segundo a análise realizada por Kruger *et al.* (2012, p.21) a análise dos dados indicou que o grupo obeso, com IMC (índice de massa corporal) mais elevado, apresentou intensificação na sensação térmica tanto para o frio quanto para o calor. De acordo com a pesquisa em que se agruparam os participantes em dois grupos, normal e obeso, verificou-se que a diferença na sensação térmica é de

---

<sup>11</sup> BURSE, R. L. Sex differences in human thermoregulatory response to heat and cold stress. *Hum. Factors*, 21, p. 687-699, 1979.

<sup>12</sup> LAN, L.; LIAN, Z.; LIU, W.; LIU, Y. Investigation of gender difference in thermal comfort for chinese people. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 102, p. 471-480, 2008.

<sup>13</sup> MEHNERT, P. BRODE, P.; GRIEFAHN, B. Gender-related difference in sweat loss and its impact on exposure limits to heat stress. *Int. J. Ind. Ergon.*, 29, p.343-351, 2002.

0,2°C para o grupo de obesos, com o IMC superior a 25kg/m<sup>2</sup> (KRUGER *et al.*, 2012, p.21).

A idade também é um dos fatores que ajudam a compreender o conforto térmico. Autores como Rodrigues (2015, p.43), Carvalho (2006, p.55) e Costa (2003, p.47) sugerem que pessoas idosas tem maior preferência por ambientes mais aquecidos, devido a uma queda no metabolismo basal que ocorre ligeiramente com a idade e também devido a uma tendência dos idosos à hipotermia, em função da perda gradual da percepção térmica no decorrer dos anos de vida (COLLINS, EXTON-SMITH E DORÉ<sup>14</sup>, 1981, *apud* KRUGER *et. al.*, 2012, p.21). Kruger *et. al.* (2012, p.21) constatou que os idosos não são apenas mais sensíveis em situações de frio, mas também em situações de calor, quanto comparados a adultos e jovens. Contudo esta afirmação ainda não é conclusiva e outros estudos mostraram resultados contraditórios. Taylor, Allsopp e Parkes<sup>15</sup> (1995) *apud* Kruger *et. al.* (2012, p.21) verificaram em um ambiente controlado que as pessoas idosas em situações de frio tendem a sentir mais frio que as pessoas mais jovens, no entanto, em situações de calor os idosos tenderam a sentirem-se mais confortáveis.

Os hábitos alimentares também têm seu papel na contribuição do conforto térmico humano. Habitantes das zonas mais frias necessitam de uma dieta mais calórica para manter o corpo aquecido, devido ao gasto maior de energia em função das baixas temperaturas. Os hábitos alimentares afetam o metabolismo e justificam as diferenças de dieta entre diferentes áreas geográficas (RODRIGUES, 2015, p.43; CARVALHO, 2006, p.55).

Neste contexto o vestuário também pode beneficiar a manutenção da energia calorífica gasta e dissipada pelo corpo. Conforme Carvalho (2006, p.57) o papel do vestuário pode ser comparado ao de um isolante térmico. Ele permite *a formação de uma camada de ar próximo do corpo, podendo esta ser mais ou menos quente dependendo do seu ajuste ao corpo, da porção do corpo que cobre e do seu nível de isolamento*. Ele também representa uma barreira entre as trocas de calor entre o corpo e ambiente externo por convecção e radiação.

De acordo com Frota e Schiffer (2001, p.23):

---

<sup>14</sup> COLLINS, K. J.; EXTON-SMITH, A. N.; DORÉ, C. Urban hypothermia: preferred temperature and thermal perception in old age. *British Medical Journal*, v. 282, p. 175- 177, jan. 1981.

<sup>15</sup> TAYLOR, N.A. S.; ALLSOPP, N. K.; PARKES, D. G. Preferred Room temperature of young vs aged males: the influence of thermal sensation, thermal comfort, and affect. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and medical sciences*, v. 50<sup>a</sup>, n. 4, p.M216-M221, 1995.

A vestimenta adequada será função da temperatura média ambiente, do movimento do ar, do calor produzido pelo organismo e, em alguns casos, da umidade do ar e da atividade a ser desenvolvida pelo indivíduo. A vestimenta reduz o ganho de calor relativo à radiação solar direta, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerador do suor. Reduz, ainda, a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar. Sua resistência térmica depende do tipo de tecido, da fibra e do ajuste ao corpo, devendo ser medida através das trocas secas relativas de quem a usa.

Em situações onde o clima é seco as vestimentas podem auxiliar a manter a umidade advinda do organismo pela transpiração. Além disso, as cores e o material da vestimenta também podem influenciar na reflexão ou absorção da energia solar: roupas escuras tendem a absorver mais energia quando comparadas a roupas mais claras. Cada tipo de vestuário representa uma resistência térmica perante o ambiente. Esta medida é o clo, originada da palavra inglesa *clothes*, uma unidade técnica expressa em  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ . Cada clo é equivalente a  $0,155 m^2 \cdot ^\circ C/W$ , assim, o aumento de  $0,1$  clo equivale à diminuição de  $0,6^\circ C$  na temperatura em atividades sedentárias e até  $1,5^\circ C$  em atividades mais intensas (Figura 27 e Quadro 2).

Além dessas variáveis Carvalho (2006, p.55) também ressalta as condições de saúde e aclimatização dos indivíduos. Para a autora uma pessoa doente pode ter os seus limiares de conforto térmico muito estreitos, enquanto que pela aclimatização os indivíduos são capazes de adaptar seus hábitos e alterações metabólicas em função do contexto climático. Em relação ao conforto térmico em pessoas com a saúde debilitada, Jendritzky (1993)<sup>16</sup>, *apud* Carvalho (2006, p. 166), considera que pessoas com doenças cardiovasculares e respiratórias possuem uma menor capacidade de adaptação e resiliência a eventos de *stress* térmico e, portanto, essas enfermidades podem ser agravadas dependendo da sua predisposição. Kalkstein e Grenne (1997)<sup>17</sup> *apud* Carvalho (2006, p.166) ressalta que *as mortes provocadas por doenças cardiovasculares aumentam durante condições de tempo de stress térmico para o organismo*.

---

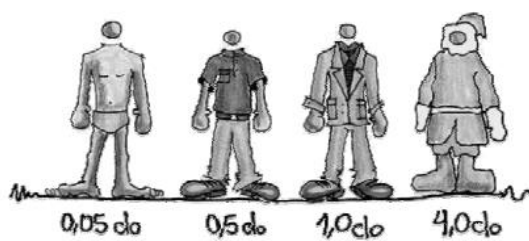
<sup>16</sup> JENDRITZKY, G. Human biometeorology, part i, n <Experientia>, 499, p. 964-968, 1993.

<sup>17</sup> KALKSTEIN, I. s.; GREENE, J. S. Na evaluation of climate/mortality relationships in large U.S> cities and the possible impacts of climate change. In:<Environ Health Perspect.>, 105, p. 84-93, 1997.

Quadro 2 – Isolamento térmico para peças de roupas expressos em Clo segundo o ISSO 7730.

Vestimenta	Índice de resistência térmica (clo)
Calcinha e sutiã	0,03
Cueca	0,03
Meia fina	0,03
Sapatos	0,04
Meia grossa	0,05
Camisa de baixo	0,09
Ceroula	0,10
Meia calça	0,10
Camisa de baixo com mangas comprida:	0,12
Blusa com mangas compridas	0,15
Camisa manga curta	0,15
Vestido leve	0,15
Calça fina	0,20
Camisa fina com mangas compridas	0,20
Calça média	0,25
Camisa com manga comprida	0,25
Saia grossa	0,25
Calça de flanela	0,28
Camisa de flanela com manga comprida	0,30
Jaqueta	0,35
Vestido grosso com manga comprida	0,40

Figura 27 – Esquema ilustrativo entre o valor de clo e o tipo e quantidade de roupas.



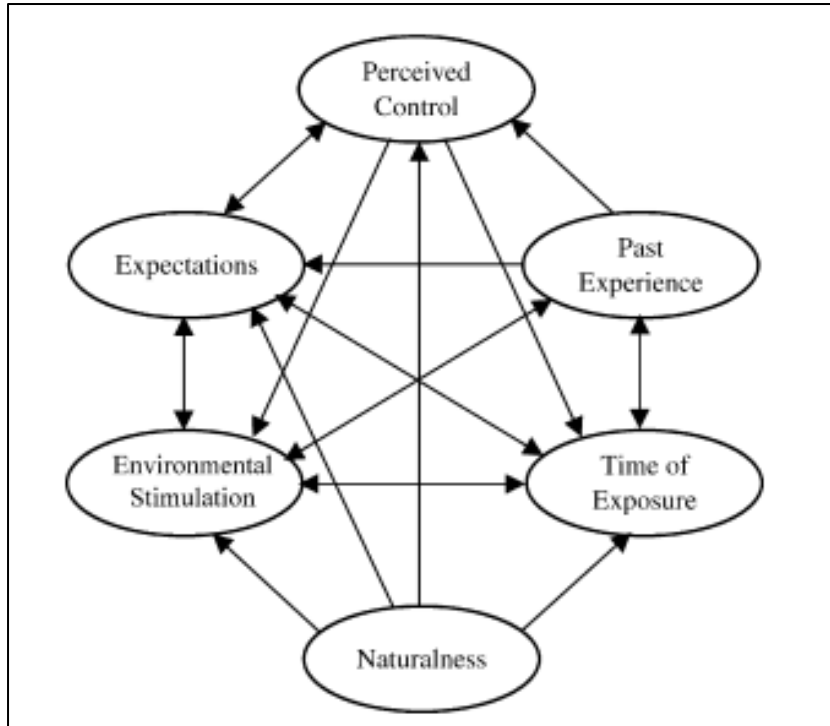
Fonte: Lamberts (2005) – disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV%20161%20Aula%20%20-%20Conforto%20termico.pdf>.

### 6.3.3 Variáveis subjetivas

As variáveis subjetivas estão associadas à maneira com o qual o indivíduo percebe e se sente confortável a partir de experiências já vividas e preferências individuais e culturais. Alguns autores como Nikolopoulou e Steemers (2003) acreditam que a abordagem quantitativa é insuficiente para descrever as condições de conforto ao ar livre e, por isso, acreditam que mecanismos psicológicos como a adaptação psicológica, experiência passada (curto ou longo prazo), expectativa, tempo de ex-

posição, necessidades ambientais; estímulos ambientais, controle percebido, sejam importantes para a avaliação do conforto térmico (Figura 28).

Figura 28 – Linhas de influência entre os diferentes parâmetros da adaptação psicológica.



Fonte: Nikolopoulou, Steemers (2003, p.99).

1. Naturalidade: Conforme Nikolopoulou, Steemers (2003, p.97) este termo indica a necessidade de um ambiente natural, livre de artificialismos, em um contexto de espaços *outdoor*.
2. Expectativas: Esta variável representa toda a noção subjetiva de como o ambiente deveria ser e como ele realmente é. Esta concepção é criada a partir de experiências e percepções prévias. Um exemplo desta aplicação é quando as pessoas esperam que o ambiente seja mais confortável quando se está em espaços com ar condicionado; ou quando se espera que determinada época do ano sejam mais quente ou mais fria: “é inverno, deveria fazer frio” ou “para esta época do ano eu preferiria o calor”.
3. Experiência: A experiência de situações passadas afeta diretamente a noção de expectativas. Segundo Nikolopoulou, Steemers (2003, p.97) estas experiências podem ser divididas em curto ou longo prazo.



As experiências de curto prazo estão relacionadas à memória recente e parece ser responsável pelas expectativas de um dia para o outro. Esta afirmação pode ser constatada quando é sentido uma neutralidade térmica de 7,5 °C no inverno ou 27°C no verão. A partir do dia anterior tem-se uma expectativa para do dia seguinte. Neste contexto a adaptação física justifica apenas parcialmente esta neutralidade que está mais associada a fatores subjetivos.

As experiências consideradas como de longo prazo relacionam as lembranças e situações vividas em que as pessoas construíram em suas mentes e determinam a escolha de ações em diferentes circunstâncias. Tal memória/experiência é capaz de definir atitudes e métodos de adaptação tendo como função as exposições passadas, por exemplo: mudanças no vestuário; consumo de bebidas frias para amenizar o calor metabólico; se mover do sol para a sombra ou vice-versa.

Segundo as autoras:

different people perceive the environment in a different way, and the human response to a physical stimulus is not in direct relationship to its magnitude, but depends on the 'information' that people have for a particular situation. (NIKOLOPOULOU, STEEMERS, 2003, p.97)

4. Tempo de exposição: esta variável está relacionada à percepção térmica em função do tempo exposto a determinadas situações. Para este caso as autoras Nikolopoulou e Steemers (2003, p.97) exemplificam mudanças rápidas entre ambientes com características térmicas diferentes, mas que não se tornam ruins ou desconfortáveis devido ao pouco tempo de exposição. Este é exemplo de quando se sai de um carro aquecido e rapidamente se desloca a outro ambiente fechado. Mesmo que as condições do tempo sejam rigorosas durante este deslocamento o desconforto não será tão intenso devido ao pouco tempo de exposição.
5. Controle de percepção: é associada ao alto controle sobre uma situação de desconforto. Observa-se uma tolerância maior ao desconforto em função do motivo em que se encontra exposto. Este item está relacionado à opção que normalmente as pessoas fazem e automaticamente se adaptam com uma tolerância significativa como, por exemplo,

sentar-se ao sol ou à sombra. Segundo as autoras Nikolopoulou e Steemers (2003, p.98) este nível de tolerância é maior quando a iniciativa parte da própria pessoa do que quando esta exposição é impulsionada pela vontade de outros.

6. Estímulo ambiental: refere-se a importância dada aos espaços externos onde o ambiente apresenta poucas restrições térmicas. Segundo as autoras Nikolopoulou e Steemers (2003, p.98) a estimulação ambiental é provavelmente a principal razão para a maioria das pessoas sentar-se ao ar livre. Este aspecto é observado, por exemplo, em pessoas que trabalham em locais fechados e que durante suas pausas/almoços saem para o exterior demonstrando necessidade pela variabilidade térmica.

A partir deste contexto observa-se que as sensações e percepções térmicas são dependentes do estado momentâneo ambiental, fisiológico e psico-subjetivo. Definir um padrão ótimo para um grupo de pessoas se torna uma tarefa difícil que requer a compreensão qualitativa das variáveis que compõem o conforto térmico.

Por essa característica sempre haverá pessoas que não se encaixam nos padrões definidos e, por um motivo ou outro, se sentem desconfortáveis termicamente. Desta forma, para que haja um consenso e compreensão sobre situações termicamente confortáveis se faz necessário também a avaliação quantitativa, ou seja, aquelas que agradam e proporcionam bem estar ao maior número de pessoas.

#### **6.3.4 Condicionantes na escala urbanística**

Além dessas variáveis que compõem a percepção sobre o conforto térmico, Carvalho (2006, p. 94) ressalta alguns condicionantes deste contexto na escala urbanística. Apenas para uma breve elucidação sobre esse tema, segunda a autora supracitada, os condicionantes podem ser divididos em: bioclimáticos e urbanísticos, contemplando desde a escala local urbana às pequenas escalas como a do edifício.

Conforme Carvalho (2006, p.94) os condicionantes bioclimáticos referem-se a toda presença geofísica que compõe o universo de análise e auxiliam na configuração do clima local como: morfologia do relevo – forma; hipsometria; declive e orientação das vertentes; distancia do mar e rio; presença de vegetação.

Os condicionantes urbanísticos (CARVALHO, 2006, p. 104) são aqueles gerados a partir da intervenção humana no espaço e, especialmente, em detrimento das formas e elementos construtivos: orientação das ruas (quantidade de radiação solar recebida, sombra e fluxo de ventos); geometria do espaço urbano (ângulo de obstrução solar, distância entre edifícios, altura); *Sky View Factor* (obstrução solar), densidade do desenho urbano (condições energéticas e de arejamento); porosidade (espaçamento entre diferentes edifícios, ventilação); rugosidade (diferença entre alturas dos prédios, bloqueio dos ventos); permeabilidade dos solos (pavimentação); materiais constituintes (propriedades termodinâmicas); obstáculos.

Os condicionantes na escala do edifício têm o papel importante na configuração do conforto térmico urbano, mas, também e especialmente no contexto *indoor*. O tipo de material construtivo, tipo de cobertura; massa térmica; idade do edifício; estado de conservação; isolamentos; vegetações próximas; orientação dos edifícios; posição de edifícios face à rua; número de fachadas exteriores do edifício; altura do edifício; abertura dos edifícios; obstrução da fachada e envidramento são elementos arquitetônicos que ajudam a configurar espaços confortáveis ou não do ponto de vista térmico (CARVALHO, 2006).

Ainda em relação a este contexto a ASHRAE (1997)<sup>18</sup> *apud* Gobo (2013, p.12) aponta outros 4 fatores como sendo os principais geradores do desconforto *indoor*:

- 1) Assimetria de radiação térmica. Pode ser causado da radiação não uniforme advinda de janelas frias ou superfícies não isoladas e/ou fontes de calor (bocas de forno, geração de calor por máquinas, etc). Quanto maior o diferencial térmico maior será a sensação de desconforto.
- 2) Correntes de ar indesejáveis (*draught*). Esta situação é bastante comum quando há o resfriamento localizado em alguma parte do corpo a partir de correntes de ar/vento. Citam-se como exemplos as correntes de ar dentro de edificações e janelas de carros.
- 3) Diferenças na temperatura do ar no sentido vertical. Este desconforto é gerado entre a diferença térmica vertical em um dado ambiente fazendo

---

<sup>18</sup> ASHRAE. Cap. 8: Physiological principles for comfort and health. In: Handbook Fundamentals. Atlanta: ASHRAE, 1997.

com que normalmente as pessoas sintam-se desconfortáveis devido ao gradiente térmico entre a temperatura do nível do tornozelo e da cabeça.

- 4) Contato com pisos aquecidos ou resfriados. Este desconforto pode ser verificado quando superfícies no nível do piso se configuram como mais quentes ou mais frias que o ambiente. Devido ao contato direto dos pés com o piso é normal se sentirem desconfortáveis e apelando para sistemas de calefação, no caso de pisos frios, contribuindo para o aumento no consumo de energia.

#### **6.4 MECANISMOS DE TERMO REGULAÇÃO BIOLÓGICA**

As exigências humanas relacionadas ao conforto térmico ocorrem a partir do funcionamento do seu organismo. O homem, como animal homeotérmico, necessita de condições específicas de temperatura para que seu organismo sobreviva regularmente, mesmo que exista certo limite de tolerância às condições ambientais e, especialmente, térmicas.

Besancenot (2001, p.19) define que o homem é

un individu à sang chaud, plus exactement à température fixe indépendante des conditions ambiantes. Il montre une grande tolérance pour les froids comme pour la chaleur, qui lui permet de vivre au moins passagèrement sous tout les climats en maintenant sa température interne à un taux d'équilibre.

Conforme Monteiro (2013, p.155) a condição ideal da temperatura corpórea humana é de aproximadamente 37°C, com a tolerância entre 36,1°C e 37,2°C, (FROTA E SHIFFER, 2001, p.19), suportando uma amplitude térmica que varia entre 30°C, nas zonas polares, e 40°C na zona intertropical. Esta parece ser uma amplitude considerável, contudo, para que o homem garanta sua saúde física é necessário que a temperatura interna de seu corpo não exceda os limites, independente das variações da temperatura do ar.

Se a temperatura interna aumentar ou diminuir pode ocorrer lesões graves *de tal modo que entre 40 y 45°C se producen complicaciones de circulación y por encima de 41-42°C puede llegar al estado de coma o colapso total* (GARCÍA, 1996, p. 200) e com o limite inferior para sobrevivência de 32°C (FROTA E SHIFFER, 2001, p.19).

Frota e Schiffer (2001, p.15) comparam o organismo humano a uma máquina térmica que produz calor conforme a sua atividade. Quando as trocas entre o corpo e o ambiente ocorrem sem maior esforço o indivíduo se sente confortável termicamente e apresenta uma capacidade de trabalho ótima; quando as condições térmicas ambientais são superiores ou inferiores ao limite necessário da manutenção da homeotermia o organismo passa por um *stress* e a resposta do organismo é a regulação térmica, por meio de mecanismo de geração de calor ou de resfriamento, causando conseqüentemente queda no rendimento do trabalho.

Para Besancenot (2001, p.19) a pele é o lugar de contato privilegiado com o ar. De todos os fenômenos vitais a regulação térmica é ela que desencadeia as maiores conseqüências graves para a saúde. Em situações de conforto a pele do homem, normalmente, varia entre 31°C e 34°C (GOBO, 2013, p.47).

Contudo, a questão que se coloca é como o organismo é capaz de resistir às fortes variações térmicas que se produzem no meio exterior? Quais são os mecanismos fisiológicos de termo-regulação?

Conforme Besancenot (2001, p.19) e Beltrando (2011, p.212) a homeotermia é o resultado de três processos que se ajustam constantemente um ao outro: a produção de calor; as mudanças passivas entre o organismo e o ambiente externo; e a termoregulação que é a intervenção do organismo para restabelecer o equilíbrio térmico.

A igualdade entre o ganho e a perda constitui a zona de neutralidade energética, onde o indivíduo não sente nem calor ou frio e onde o organismo se mantém sem esforço em equilíbrio com o ambiente. Este limiar que representa a zona de neutralidade apresenta diferenças entre as bibliografias: para Besancenot (2001, p.20) esta faixa varia de 30° à 34°C e com vento inferior à 0,5 m/s, para um homem nudo; e/ou, de 18° à 20°C para um sujeito normalmente vestido, nas mesmas condições atmosféricas; para Lamberts (2014, p.08) este limiar situa-se entre 29°C a 31°C para pessoas nuas e de 23°C a 27°C para pessoas vestidas com o isolamento de 0,6 clo.

Toda a energia do organismo humano advém de reações químicas internas, sendo a mais expressiva aquela produzida a partir da combinação entre a ingestão de alimentos, carbono, e o oxigênio respirado (FROTA E SCHIFFER, 2001, p. 19), processo conhecido como metabolismo.

Segundo Frota e Schiffer (2001, p.19) cerca de 20% da energia gerada a partir do metabolismo é transformada em potencialidade de trabalho, enquanto que os demais 80% são transformados em calor que deve ser dissipado para manter o organismo em equilíbrio.

Em geral a energia requerida pelo organismo é utilizada para o funcionamento dos mecanismos fisiológicos fundamentais: contração dos músculos durante o trabalho, a atividade involuntária dos órgãos internos, a circulação do sangue, respiração, secreção das glândulas e produção de calor (GARCÍA, 1996, p. 201). Para estes processos a produção energética do organismo é dividida em duas funções principais: o metabolismo basal e o metabolismo mecânico/muscular.

Em linhas gerais o metabolismo basal é responsável pelos gastos energéticos contínuos e não conscientes advindos das funções vegetativas e indispensáveis à vida como a regulação da temperatura interna, a digestão e o trabalho mental (BESANCENOT, 2001, p.20; GARCÍA, 1996, p.201). Para Besancenot (2001, p.20) são gastos nesta função a média de 40 e 52 W/m<sup>2</sup> de acordo com a superfície corporal e, aproximadamente, 70 W/h para manter as funções vegetativas (GARCÍA 1996, p. 201).

O metabolismo mecânico/muscular, por sua vez, é aquele responsável por toda a produção de energia mecânica do corpo humano oriunda de atividades físicas e conscientemente controláveis (BESANCENOT, 2001, p.20).

Para Koenigsberger<sup>19</sup> (1977) *apud* Carvalho (2006, p.56) o nível energético exigido ao corpo humano dependerá das atividades realizadas e do tempo que determinada atividade demanda. Quanto mais intensa a atividade física desenvolvida (mais dinâmica), maior será o calor gerado pelo metabolismo mecânico/ muscular (Quadro 3).

Quadro 3 – Energia dispendida por atividade realizada.

Atividade	Watt (w)
Dormir	70 (mínimo)
Sentado ou movimentos moderados (ex. digitação)	130-160
Em pé, trabalho livre.	160-190
Sentado, com braços e pernas em movimento.	190-230
Em pé, trabalho moderado, às vezes andando.	220-290
Caminhando, levantando ou empurrando pesos moderados.	290-410

<sup>19</sup> KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Madrid: paraninfo, 1977.

Carregando pesos intermitentemente.	440-580
Trabalho pesado.	580-700
Trabalho muito pesado (máximo de 30 minutos de duração).	1100 (máximo)

Fonte: Koenigsberger (1977) *apud* Carvalho (2006, p. 56)

Quando esse calor supera a capacidade de absorção e manutenção fisiológica, ou seja, o corpo tem mais calor ao que necessita ocorre o que é chamado de produção excessiva de calor e, portanto, mecanismos de autoregulação são acionados por meio de processos de liberação de calor.

Todo este controle da temperatura e energia gasta e necessária é realizado pelo sistema nervoso central e, principalmente, pelo hipotálamo uma região do cérebro que *“contem células que são extremamente sensíveis à temperatura do sangue que, por sua vez, responde às condições ambientais”* (PINHO<sup>20</sup>, 1997, p.88 *apud* CARVALHO, 2006, p.57).

Quando o hipotálamo percebe o sangue mais quente ou mais que o habitual ele desencadeia diferentes processos para a aclimatização do organismo: sudorese ou tremor, e também a variação de fluxo sanguíneo na região termicamente afetada (THOM, 1959<sup>21</sup>, *apud* GOBO, 2013, p.49).

Embora o hipotálamo seja o principal regulador do organismo humano ele também recebe os estímulos dos termo-receptores periféricos localizados na pele, nas vísceras e na medula espinhal (CARVALHO, 2006, p.57; THOM, 1959<sup>22</sup> *apud* GOBO, 2013, p.49). Em síntese o hipotálamo tem o papel de receber os estímulos e atribuir respostas fisiológicas a fim de reestabelecer o equilíbrio térmico corporal.

#### 6.4.1 Mecanismos termo-regulação ao frio

Em situações em que o organismo humano é exposto a baixas temperaturas ou quando ocorre perda de calor maior que o ganho a sensação térmica é de frio.

Neste caso o impulso imediato do organismo é fazer com que não ocorra ou diminua a liberação de calor ao ambiente e que aumente a combustão interna. Estes dois processos são chamados de vasoconstrição e termogênese.

<sup>20</sup> PINHO, O. A interacção ser humano – clima de Aveiro: a ilha de calor urbana – O conforto climático e a saúde humana. Dissertação de mestrado, Departamento de Física da Universidade de Aveiro, Aveiro, 1997.

<sup>21</sup> THOM, E. C. Discomfort Index. Londres: Weatherwise, 1959.

<sup>22</sup> THOM, E. C. Discomfort Index. Londres: Weatherwise, 1959.

Todas essas respostas do organismo são comandadas pelo hipotálamo e num primeiro momento o sistema circulatório é acionado por meio da vasoconstrição.

A vasoconstrição, em linhas gerais, consiste na contração dos músculos da parede vascular e, conseqüentemente, a diminuição do diâmetro do vaso sanguíneo a fim de bloquear a quantidade do fluxo sanguíneo próximo à pele e dificultar a liberação do calor interno (BESANCENOT, 2001, p. 26; CARVALHO, 2006, p.52; FROTA e SCHIFFER, 2001, p. 20; RODRIGUES, 2015, p.41; MONTEIRO, 2013, p.156).

Caso este mecanismo não seja suficiente para reestabelecer a temperatura corporal dá-se início ao processo de termogênese.

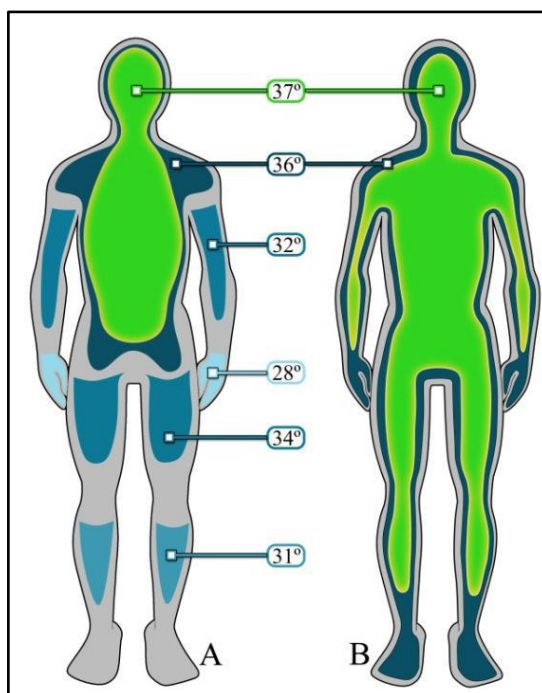
Para Frota e Schiffer (2001, p.20) a termogênese pode ser explicada como o aumento das combustões internas que ocorre por meio do sistema glandular endócrino. O corpo humano aciona uma intensa atividade muscular que promove a liberação de energia com o intuito de impedir o arrefecimento da temperatura corporal (MONTEIRO, 2013, p.156). Nesta situação é desencadeada a sucessão de contrações e espasmos musculares, calafrios, arrepios, tiritar e tremores.

De acordo com Gobo (2013, p.49) os tremores podem elevar a produção de calor metabólico no organismo em até 10 vezes. Ainda segundo este autor no caso de exposições demasiadas ao frio também pode ocorrer das extremidades do corpo humano serem congeladas: a temperatura dos órgãos internos e tecidos mais profundos se mantem em 37°C, contudo as extremidades do corpo (dedos, pés, orelhas, nariz), devido à vasoconstrição, sofrem a carência de sangue podendo congelar (Figura 29).

Outra resposta do organismo quando as extremidades começam a arrefecer e a exposição prolongada ao frio é o aumento da secura da epiderme, podendo surgir dermatites e frieiras (MONTEIRO, 2013, p.156), além dos efeitos indiretos como o aumento de doenças respiratórias e infectocontagiosas pela diminuição das resistências do corpo e de ambientes excessivamente frios.



Figura 29 – Temperaturas aproximadas do corpo humano em: A) ambientes frios (20 °C a 24 °C); B) ambientes quentes ( $\geq 35$  °C).



Fonte: Almeida (2002, p. 43, adaptado de Mondelo *et al.* 1999).

De acordo com Lamberts (2014, p.08) alguns limites devem ser considerados para a compreensão do *stress* ao frio e as respectivas respostas fisiológicas:

- Quando a temperatura do corpo é menor que a temperatura neutra ocorre o mecanismo de vaso constrição;
- Quando a temperatura do corpo é menor que 35°C ocorre a perda de eficiência (habilidade);
- Quando a temperatura do corpo é menor que 31°C pode ocorrer a morte do indivíduo, salvo situações controladas em hospitais e intervenções médicas.

#### 6.4.2 Mecanismos termo-regulação ao calor

Para situações em que o organismo humano é exposto a situações de calor outros mecanismos de termo-regulação são acionados.

Conforme Lamberts (2004, p.08), e como já foi dito anteriormente, a temperatura interna ideal e confortável ao organismo humano é aproximadamente 37°C. Quando a temperatura começa a ultrapassar esse valor o organismo aciona mecanismos a fim de dissipar este calor ao ambiente.

São utilizados mecanismos, entre o corpo e o ambiente, que envolvem trocas secas por meio da condução, convecção e radiação e as trocas úmidas por meio principalmente da evaporação e respiração:

O calor perdido para o ambiente através das trocas secas é denominado calor sensível e é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente. Já o calor perdido para o ambiente através das trocas úmidas é denominado calor latente e envolve mudança de estado de agregação — o suor, líquido, passa para o estado gasoso, de vapor, através da evaporação. Assim, o organismo perde calor para o ambiente sob duas formas: calor sensível e calor latente (FROTA e SCHIFFER, 2001, P.21).

O primeiro estágio deste processo é a vaso dilatação. Nesta etapa o organismo dilata os vasos sanguíneos e ocorre um aumento no fluxo sanguíneo próximo a pele. As camadas mais superficiais do corpo chegam a ser irrigados por uma quantidade de sangue de até doze vezes superior ao normal (BESANCENOT, 2001, p.27). Em consequência a esse processo a temperatura da pele também é elevada favorecendo as perdas de calor para o ambiente por convecção e radiação (GARCÍA, 1996, p.201). Além disso há uma redução nas combustões internas, termólise, que ocorre no sistema glandular endócrino (FROTA e SCHIFFER, 2001, p.20).

Se isto não for suficiente para esfriar o corpo entra em funcionamento os mecanismos de trocas úmidas ou dissipação por calor latente, como a transpiração ou exsudação. *Neste caso há um aumento das secreções das glândulas sudoríferas para permitir a liberação de energia calorífica ao promover o arrefecimento da pele em contato com o ar* (MONTEIRO, 2013, p. 155).

Um dos fatores determinantes para a dissipação do calor pelo suor é a quantidade de umidade presente na atmosfera. Quando a atmosfera esta próxima da saturação ou saturada o suor não é evaporado e, desta forma, a pele não consegue ser resfriada causando desconforto ao calor excessivo.

Conforme García (1996, p 201) a taxa de suor pode oscilar entre 20gr/h e 3Kg/h enquanto que o calor despreendido por cada grama de suor é de aproximadamente 0,58Kcal.

Contudo esse processo origina lassidão física e intelectual. Esta fadiga do organismo é definida por Frota e Schiffer (2001, p.21) como catabolismo termohigrométrica e é resultante do trabalho excessivo do aparelho termorregulador, pela existência de condições ambientais desfavoráveis em relação a temperatura (calor ou frio) e a umidade do ar.

De acordo com Gobo (2013, p. 50) os primeiros sintomas eminentes do calor excessivo são: *fadiga, cefaleias, tonturas, perda de apetite, náuseas, vômitos, falta de ar, rubor da face e pescoço, pulsação acelerada (até 150/min), perturbações mentais, tais como apatia e irritabilidade.*

Para Lamberts (2014, p.08) os limiares e respectivas respostas fisiológicas ao stress ao calor podem ser definidos:

- Quando a temperatura do corpo é maior que a temperatura neutra ocorre o mecanismo de vaso dilatação;
- Quando a temperatura do corpo é maior que 37°C inicia-se o fenômeno do suor;
- Quando a temperatura do corpo é maior que 39°C inicia-se a perda de eficiência;
- Se a temperatura do corpo ultrapassar a 43°C esta situação pode ser letal - hipertermia.

AULICIEMS e SZOKOLAY (1997)<sup>23</sup> *apud* GOBO (2013, p.50) também alertam que quando as temperaturas corporais atingem 40°C há uma grande chance da insuficiência circulatória podendo levar ao desmaio e da ocorrência de acidente vascular cerebral. Acima de 41°C o individuo entra em estado de coma com morte eminente ou, caso sejam salvas, ainda há risco de que o cérebro tenha sofrido danos irreversíveis.

## **6.5 PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA TÉRMICA**

Assim como brevemente explanado acima o organismo humano é capaz de realizar transferências de calor com o ambiente. É a partir da pele em que se realizam as trocas de calor e esta também é o principal órgão termorregulador do organismo humano (FROTA, A. B. SCHIFFER, 2001, p. 22).

Este processo pode ser explicado a partir da física dos corpos. Conforme Besancenot (2001, p.21) quando existe uma diferença de temperatura entre dois corpos o calor se propaga do mais quente ao mais frio buscando o equilíbrio térmico. As transferências de calor entre o organismo e o meio são efetuadas a partir de quatro processos: convecção, condução, radiação e evaporação. Os três primeiros po-

---

<sup>23</sup> AULICIEMS, S; SZOKOLAY, S. V. Thermal comfort. Brisbane: University of Queensland, 1997.

dem ser explicados pelo ganho e/ou perda de calor orgânico, o último se traduz em uma eliminação calórica (BESANCENOT, 2001, p.21).

Convecção: O mecanismo pode ser explicado como a transferência seca entre o corpo humano e a atmosfera. De acordo com Besancenot (2001, p.21) se o ar é mais frio que a pele ele se aquece devido ao seu contato, se dilata, e diminui a densidade. Nesta situação o fluxo calórico se dirige para o exterior.

Na situação inversa, quando a temperatura do ambiente está mais aquecida que a temperatura da epiderme as correntes de convecção entram em contato com o corpo fazendo com que ele ganhe calor (BESANCENOT, 2001, p.21). A intensidade do fluxo de transferência de energia será proporcional a amplitude térmica entre os atmosfera e organismo humano e a velocidade do ar (CARVALHO, 2006, p.52) Figura 30).

Condução. A condução consiste em uma transferência de calor por contato físico entre a pele e superfícies sólidas e/ou líquidas. Assim como para a convecção o corpo com temperatura mais alta transfere calor para o mais baixo (BESANCENOT, 2001, p. 21 e 22). Contudo, de todos os processos de troca e transmissão de energia este é o de menor importância uma vez que, normalmente, a superfície de contato é pequena: entre os pés e o chão (CARVALHO, 2006, p.51; GARCÍA, 1996, p. 202). Apenas quando o indivíduo está submerso ou quando está deitado (superfície com maior área de contato) é que este meio de condução de energia se sobressai em relação aos demais (Figura 30).

Radiação. Conforme Besancenot (2001, p.22) todos os corpos emitem uma radiação eletromagnética. Esta troca de calor por radiação é continuamente realizada pelo organismo humano, sua envolvente e objetos próximos sob a forma de comprimento de ondas longas, especialmente, infravermelhos (CARVALHO, 2006, p.52). Além disso, para a compreensão deste mecanismo também há de se considerar a influência da radiação solar no processo de condução de calor, a partir de ondas curtas.

Neste caso o intercâmbio de radiação também é dependente das diferenças térmicas entre os corpos, separados por um espaço transparente e que não impeça a troca de energia térmica sob a forma de ondas eletromagnéticas (CARVALHO, 2006, p.52). A pele humana irradia calor no infravermelho e também recebe energia irradiada. Na maioria das vezes as superfícies emissoras possuem temperaturas de

aproximadamente 20°C a 30°C, contudo o saldo líquido de transferência de calor radiante é difícil de avaliar (BESANCENOT, 2001, p.22) (Figura 30).

Evaporação. A evaporação pode ser definida como a perda de calor do organismo para o ambiente por meio da liberação de água. Dentre todos os processos de transferência de calor este é o único que ocorre a partir da perda de calor latente. Em situações em que o organismo encontra-se mais quente que o exterior as glândulas sudoríparas entram em atividade intensa e transportam o calor interno até a superfície da pele, liberada pelos poros pelo processo de sudação e/ou expirada pela respiração (CARVALHO, 2006, p. 52).

De acordo com Besancenot (2001, p. 22) dois mecanismos de hidratação são realizados ao nível cutâneo: a transpiração insensível que mantém constantemente a umidade da pele independente das condições externas (800ml/ 24h) e a sudação processo aos quais as maiores quantidades de água são excretados a partir de 1,6 a 4 milhões de glândulas sudoríparas.

Em ambos os casos a evaporação se constitui como um mecanismo de refrigeração: a passagem do suor ou da água da fase líquida na pele ao estado gasoso no ar implica em uma ruptura de ligações hidrogênicas (BESANCENOT, 2001, p. 23).

Para Carvalho (2006, p.52) este processo *pode realizar-se mesmo em ambientes exteriores saturados, desde que a temperatura de saturação da atmosfera não seja superior à temperatura de saturação da pele.* Segundo a autora a quantidade de evaporação será dependente da velocidade do ar, do nível de pressão do vapor de água, assim como do próprio vestuário que cada indivíduo transporta num determinado momento.

García (1996, p.202) complementa que se a quantidade de suor for maior que a evaporação é formada sobre a pele uma camada líquida que dificulta a transferência de calor do corpo à superfície, reduzindo o resfriamento do corpo.

Além disso, os elementos atmosféricos, umidade e velocidade do vento, também devem ser considerados na evaporação ou por facilitarem ou dificultarem o processo.

A umidade regula a evaporação e desempenha um papel importante em situações de altas temperaturas quando a sudoração é um dos mecanismos mais expressivos do resfriamento. Contudo existem alguns limites extremos que podem ser negativos: a menos de 20% de umidade, aumenta o perigo de infecções devido ao

ressecamento das mucosas respiratórias; em situações quentes em que a umidade ultrapassa 60%, 80% a sensação de calor aumenta, pois o suor é produzido, mas não evaporado. O resultado é a sensação de mormaço ou calor úmido muito mais desconfortável que o calor seco (GARCÍA, 1996, p. 204) (Quadro 4).

Quadro 4 – Sensação térmica em função da umidade relativa do ar.

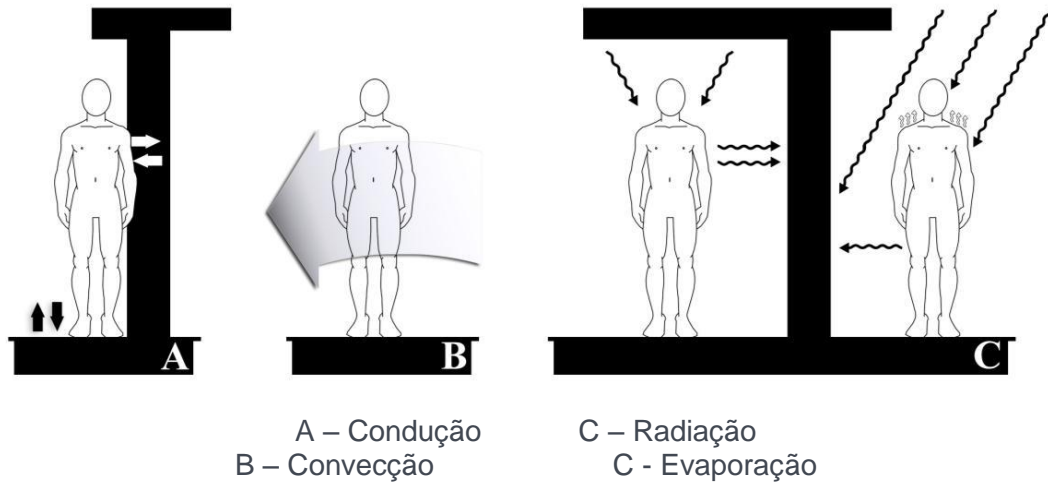
Temp. °C	Umidade relativa em %					
	30	50	70	80	90	100
20	20	21,1	22,2	22,8	23,4	23,9
25	25	26,7	27,8	28,9	30,0	31,1
30	30	32,2	35,0	37,2	37,8	39,4
35	35	38,8	42,2	44,4	46,7	48,9
40	40	45,0	50,0			

Fonte: García (1996, p. 205).

A velocidade do vento será responsável pela maior ou menor dissipação da energia e aceleração da evaporação. No entanto, quando a temperatura do ar é superior a 40°C a circulação do ar aumenta a sensação de calor (GARCÍA, 1996, p. 204).

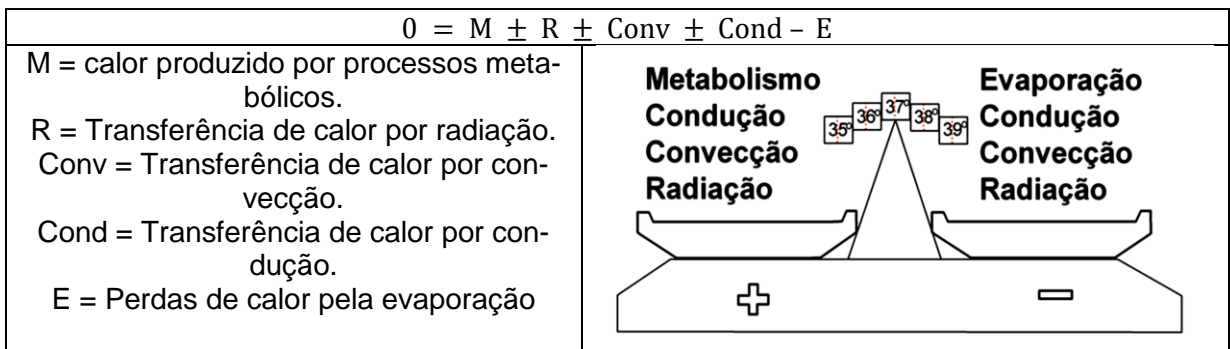
Desta forma todos esses processos supracitados de perda e obtenção de energia configuram o equilíbrio térmico necessário à vida humana. Para García (1996, p. 200) o balanço térmico humano e consequente conforto térmico é o resultado de uma equação em que é considerado o calor produzido por processos metabólicos; o intercâmbio de calor por radiação; o intercâmbio de calor por convecção; o intercâmbio de calor por condução e as perdas de calor por evaporação (Figura 31).

Figura 30 – Mecanismos de transferência térmica entre o corpo e o ambiente por meio da condução, convecção, radiação e evaporação.



Fonte: Almeida (2002, p.39 e 40)

Figura 31 – O balanço térmico humano.



Fonte: Gonzalez *et. al.*<sup>24</sup> (1986) *apud* García (1996, p.200) e Carvalho (2006, p.53)

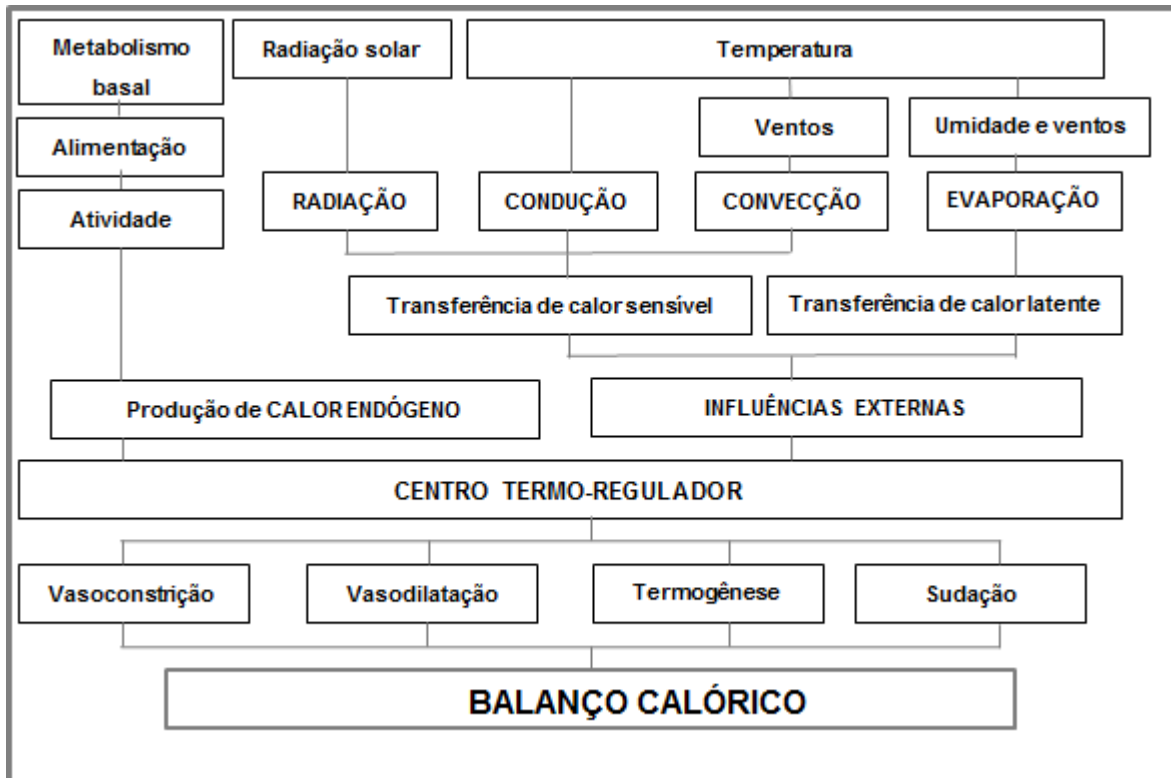
O resultado desta equação indicará se o corpo humano encontra-se em equilíbrio térmico, ausência de calor e/ou frio, ou não. Se o resultado for superior a zero a equação indica que o corpo encontra-se em desconforto relacionado ao calor; se o resultado for inferior a zero o desconforto ao frio é predominante; se o resultado foi igual a zero o corpo humano encontra-se em equilíbrio térmico (CARVALHO, 2006, p.53) (Figura 31).

Em síntese observa-se que o conforto térmico humano é resultado de uma série de fatores de produção de calor endógeno e de trocas e transferências de calor com o ambiente externo.

<sup>24</sup> GONZALEZ, E.; HINZ, E.; OTEIZA, P.; QUIROS, C. *Projecto, clima y arquitectura*, vol I, II e III, Ediciones G. Gili, S. A., Mexico, 1986.

O organismo humano a partir do centro regulador aciona respostas as diferentes condições de *stress* ao calor e ao frio. O resultado deste balanço indica se o organismo encontra-se confortável ou não podendo gerar complicações e consequências importantes ao organismo e saúde humana em caso de forte *stress*, exposição prolongada ou organismo fragilizados (Figura 32).

Figura 32 – Balanço calórico do organismo humano.



Fonte: Adaptado de Besancenot (2001, p.25).

## 6.6 ÍNDICES PARA AVALIAÇÃO DE SITUAÇÕES CONFORTÁVEIS E DESCONFORTÁVEIS

A partir deste conhecimento prévio sobre os fatores e elementos que compõem o conforto térmico humano buscou-se nesta pesquisa metodologias para identificação e quantificação de situações de *stress* e desconforto térmico.

Definir limiares e zonas de conforto não é tarefa fácil. Como foi visto nas discussões anteriores cada indivíduo é capaz de perceber e eleger suas preferências em detrimento de suas experiências subjetivas, elementos ambientais e climáticos e fatores fisiológicos.



De fato, existe na bibliografia nacional e internacional uma numerosa quantidade de metodologias e equações que podem ajudar nesta avaliação, contudo, cada técnica considera diferentes variáveis e elementos a partir da intencionalidade da pesquisa.

De acordo com Bogo *et. al.* (1994, p.11), os índices de conforto térmico têm a *finalidade de quantificar o comportamento humano ante o ambiente térmico, de acordo com o modelo teórico em estudo, são definidos índices que expressam esta relação de causa e efeito, com a utilização de valores numéricos representativos do fenômeno.*

As representações sobre as avaliações do conforto térmico podem ser apresentadas graficamente por meio dos diagramas ou a partir de equações que estabelecem zonas de conforto. Mais recentemente alguns índices também estão sendo calculado com o auxílio computacional e de *softwares* como o GADI (2000), com o programa COMFORT, que avalia os resultados de seis índices de conforto térmico, e o Ray Man, proposto pelos pesquisadores A. Matzarakis e H. Mayer, da Universidade de Freiburg, e F. Rutz da Universidade de Braunschweig (TORNERO; CUEVA; LOPERA; 2006 p.158) e o *software* alemão Bioklima.

Assim como as variáveis que compõem o conforto térmico alguns autores também organizam os índices de conforto e desconforto térmico em classes.

Para Bogo *et. al.* (1994) os índices de conforto térmico podem ser divididos em biofísicos, que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente; fisiológicos que consideram as reações fisiológicas originadas de condições atmosféricas específicas; e, subjetivas propostas a partir de sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto variam.

Carfan (2011, p.34), com base nas formulações de Ali-Toudert (2005)<sup>25</sup>, divide os índices em duas categorias: empíricos e racionais, sendo que os empíricos não consideram a fisiologia humana, a atividade e a vestimenta. Já os índices racionais associam a teoria da transferência de calor, nas trocas de fluxo de calor latente e sensível, às expressões empíricas.

---

<sup>25</sup> ALI-TOUDERT, F. Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate. Berichte des Meteorologischen der Universität Freiburg, n° 15, 2005.

Monteiro e Alucci (2007) também classificam os índices e apresentam alguns modelos preditivos seguindo os critérios: objeto de predição e o método predominante de modelagem (indutivo e dedutivo).

Tornero, Cuerva e Lopera (2006, p.155 a 157) classificam os índices de conforto térmico em empíricos ou sintéticos e índices analíticos ou racionais.

Scarazatto<sup>26</sup> (1988) apud Bogo *et. al.* (1994. p.12) agrupa os índices em três tipos principais: índices termométricos ou fisiológicos, que medem o desgaste físico ou esforço em certas condições de trabalho; índices subjetivos que tentam prever quais as condições do clima em que a pessoa pode sentir-se confortável; e, índices psico-fisiológicos que, embora subjetivos, foram desenvolvidos a partir dos dados fisiológicos mensuráveis.

Ao analisar o referencial bibliográfico pesquisado se observa que existe uma vasta literatura sobre o assunto advindo de diferentes profissionais das mais diversas áreas: geógrafos, arquitetos, biólogos, físicos. Por esse perfil a literatura é muito ampla e, assim, é importante deixar claro que o assunto não será esgotado neste item.

A seguir é apresentada uma série de índices aos quais se teve contato durante esta pesquisa doutoral. Suas definições e equações para sua aplicação podem ser consultadas no APÊNDICE C – dessa pesquisa. Mesmo que todos esses índices não tenham sido utilizados nesta pesquisa optou-se por referenciá-los nesta discussão bibliográfica com o intuito de servir, algum dia, a outros pesquisadores que se dedicam a estudar o conforto térmico.

Adverte-se, num primeiro momento, que em alguns casos foram encontrados problemas e discrepâncias entre referências bibliográficas, como por exemplo, situações em que os índices tinham as mesmas denominações, mas com equações diferentes, ou o contrário, mesmas equações, mas com denominações discrepantes.

O fato é que grande parte dos índices existem há mais de 50 e até 100 anos impediu a conferência e o contato direto com a bibliografia original e, portanto, acredita-se que estes índices foram modificados pouco a pouco a cada nova citação.

Isso não é necessariamente ruim. Acredita-se que muitos autores foram aperfeiçoando as metodologias e ultrapassando limites das equações originais, contudo,

---

<sup>26</sup> SCARAZATTO, P. S. Investigação sobre critérios para determinação e medição de níveis de conforto térmico. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Paulo, 163 p., 1988.

não se pode desconsiderar a discrepância entre a metodologia original e a utilizada atualmente.

Ao total foram analisados 44 índices de conforto/desconforto térmico fisiológicos, biofísico, subjetivos e sem classificação oficial e 53 equações/ diagramas<sup>27</sup> (Quadro 5).

Quadro 5 – Índices encontrados na bibliografia e quantidade correspondente de equações.

Índices	Quant. de equações encontradas
<i>Heat Stress Index</i> (HSI) - Belding e Hatch (1955)	1
Índice de termómetro seco e de globo (WBGT) - Yaglou e Minard (1957)	2
Índice tensão fisiológica relativa	1
Índice PMV ( <i>Predicted Mean Vote</i> )- Fanger (1972)	2
Índice PPD ( <i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i> ) – Fanger	1
Índice de tensão térmica - Givoni (1962)	1
<i>Index Thermal Stress</i> (ITS) – Givoni (1976)	2
Predict 4 hour swat rate (P4SR) - McArdle et al. (1947)	1
Temperatura Efetiva (ITE) – Houghton e Yaglou (1923)	2
Temperatura efetiva corrigida (TEC)	1
Índice De Temperatura Resultante (ITR) ou temperatura efetiva - Missenard (1948)	2
Novo índice de temperatura efetiva (NET) ou Índice de temperatura efetiva com vento (TEv)	1
Índice de <i>Wind Chill</i> (IWC) e/ou Temperatura resfriada pelo vento - Siple e Passel (1945)	3
Índice de resfriamento da pele nú – Siple e Passel (1945)	1
Novo índice de <i>Wind Chill</i> – Court (1948)	1
Novo índice de <i>Wind Chill</i> e/ou Nova temperatura resfriada pelo vento (NWCT) - Bluestein E Osczevski (2002)	1
Índice K de resfriamento eólico ( <i>Cooling power</i> )	1
Índice de temperatura e umidade - Thom (1959)	4
Heat balance modelling (MEMI)	1
Modelo de Munique (MEMI) – Hoppe (1999)	3
Temperatura neutra exterior (TNE) - Humphreys (1975).	1
Índice de Hill - Hill (1972)	2
Índice Te - Steadman (2001).	1
Temperatura aparente ou Índice de conforto – Steadman (1979)	1
Índice de desconforto ou Índice do bem estar – Ono e Kawamura (1991)	2
Temperatura ótima (TO) – Peguy (1961)	1
Índice de sensação térmica (IST)	2
Método COMFA ou	1

<sup>27</sup> Definições sobre cada uma das técnicas podem ser assimiladas no APÊNDICE C – dessa pesquisa.

Fórmula de conforto – Brown e Gillespie (1995)	
Temperatura fisiológica equivalente ( <i>Physiological Equivalent Temperature – PET</i> ) – Mayer & Höppe (1987)	1
Índice HUMIDEX – Masterton & Richardson (1979)	1
Índice Equatorial de conforto (Equatorial Comfort – EC) – Webb (1960)	1
DIAGRAMAS	
Diagrama bioclimático de Olgay - Olgay (1963)	Diagrama
Diagrama bioclimático de Carrier.	Diagrama
Diagrama bioclimático de ASHRAE.	Diagrama
Diagrama bioclimático de Givoni (1992).	Diagrama
Diagrama de Szokolay (1987)	Diagrama
Diagrama bioclimático de Watson & Labs (1983).	Diagrama
Diagrama do conforto humano – INMET (2006)	Diagrama
Total: 44 índices	Total: 53 equações ou diagramas

Fonte: Dados da pesquisa

### 6.6.1 Índices e diagramas de conforto/desconforto térmico aplicados na pesquisa

Como observado existe uma grande variedade de metodologias que podem ser aplicadas para a análise do conforto e sensação térmica considerando os aspectos fisiológicos, biofísicos e subjetivos.

Definir uma melhor técnica não é tarefa fácil e talvez, neste momento, ainda não exista uma metodologia aplicável a todos os contextos climáticos e sujeitos. Isso dependerá da intencionalidade e objetivo da pesquisa.

Nessa tese a utilização destas técnicas tem como foco definir limiares em que as temperaturas e demais elementos atmosféricos passam a ser considerados como desconfortáveis e possíveis agravantes e risco à saúde da população residente na cidade de Presidente Prudente. Diante desse aspecto foi necessário conhecer os limites e vantagens de cada metodologia para que, munidos deste conhecimento, seja escolhida a mais aplicável e condizente com a proposta de pesquisa.

### 6.6.2 Novo índice de temperatura efetiva (NET) ou índice de temperatura efetiva com vento (TEv)

Elaborado pelo pesquisador francês Missenard, em 1937, esta equação é utilizada para mensurar o conforto térmico a partir da relação entre temperatura, umidade relativa e velocidade do vento.

Autores como Suping *et. al.* (1992, p. 65) utilizaram essa metodologia com o objetivo de testar a relação ente às condições do tempo e os efeitos fisiológicos no desempenho de atletas maratonistas na cidade de Beijing/China. De acordo com Suping *et. al.* (1992, p. 65) o índice de temperatura efetiva com vento é expressa por:

$$TEV = 37 - \frac{37 - t_a}{0,68 - 0,0014 RH + \frac{1}{1,76 + 1,4 v^{0,75}}} - 0,29 t (1 - RH/100)$$


---

$t_a$  = temperatura do ar  
 $RH$  = umidade relativa  
 $V$  = velocidade do vento

Fonte: Missenard (1937) *apud* Suping *et. al.* (1992, p.65).

A partir dos valores gerados os resultados podem ser classificados em (Quadro 6):

Quadro 6 – Classes de conforto térmico aplicado ao índice de temperatura efetiva com vento.

TEv (°C)	Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico
<13	Muito frio	Extremo estresse ao frio
13 – 16	Frio	Tiritar
16 - 19	Frio Moderado	Ligeiro resfriamento do corpo
19 – 22	Ligeiramente frio	Vasoconstrição
22 – 25	Confortável	Neutralidade térmica
25 – 28	Ligeiramente quente	Ligeiro suor e vasodilatação
28 – 31	Quente moderado	Suando
31 – 34	Quente	Suor em profusão
>34	Muito quente	Falha na termorregulação

Fonte: Maia e Gonçalves (2002, p. 312)

### 6.6.3 Índice de temperatura e umidade (THOM, 1959)

De todas as bibliografias consultadas o índice de Temperatura e umidade de Thom (1959) é um dos mais utilizados e citados na bibliografia nacional e internacional (CARVALHO, 2006; GOBO, 2013; PEREIRA, ALEIXO e SILVA NETO, 2016;

GARCIA, 1996; BESANCENOT, 2001; VIANA, 2013; AMORIM, 2011). Contudo parece haver uma confusão entre os pesquisadores que utilizam esse índice. Foram encontradas 4 equações diferentes e intituladas como Índice de temperatura e umidade de Thom (1959): todas com referência ao mesmo autor, ano da publicação e as mesmas características de índice de temperatura-umidade.

- Índice de temperatura-umidade (1).

Referenciada por Carvalho (2006, p.71) este índice pode ser utilizado durante o verão e baseia-se em condições de temperatura e umidade:

$$ITH = T - 0,55 (1 - UR) (T - 14)$$


---

Onde,  
T = temperatura do ar (°C)  
UR = umidade relativa

Fonte: Carvalho (2006, p.71)

Em outro trabalho em parceria com Monteiro (MONTEIRO, CARVALHO, 2013, p.123), as autoras definem uma equação parecida como a anterior:

$$ITH = T - 0,55 (1 - 0,01UR) (T - 14,5)$$


---

Onde,  
T = temperatura do termômetro seco (°C)  
UR = umidade relativa %

Fonte: Monteiro e Carvalho (2013, p.123).

Também neste trabalho as autoras definem limiares de intensidade e possíveis respostas no conforto térmico da população a partir do resultado do índice de Thom (Quadro 7):

Quadro 7 – Impactos do conforto/desconforto térmico na população a partir da proposta de Thom.

Nível de alerta	Índice de desconforto	Impactos do conforto térmico na população
Nível I	< 21°C	Sem desconforto
Nível II	21°C – 24°C	Menos da metade da população sente desconforto
Nível III	25°C – 27°C	Mais da metade da população sente desconforto
Nível IV	28°C – 29°C	Mais da metade da população sente desconforto e deterioração das condições fisiológicas
Nível V	30°C – 32°C	A totalidade da população sente elevadíssimo desconforto
Nível VI	>32°C	Emergência sanitária devido a um desconforto capaz de provocar acidentes vasculares cerebrais.

Fonte: Monteiro e Carvalho (2013, p.128).

- Índice de temperatura-umidade (2)

Gobo (2013, p.38); Besancenot (2001, p.45); Funari (2006), Pereira, Aleixo e Silva-Neto (2016, p.921) e Boubaker (2010, p. 60) utilizaram o seguinte índice:

$THI = Ts - (0,55 - 0,0055 UR) (Ts - 14,5)$
<p>Onde,</p> <p>THI = é o índice de temperatura e umidade (°C)</p> <p>Ts = temperatura do ar do bulbo seco (°C)</p> <p>UR = umidade relativa (%)</p>

Fonte: Gobo (2013, p. 38); Funari (2006); Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016, p.921); Besancenot (2001, p.45) e Boubaker (2010, p. 60).

Em todos os casos os autores agruparam os resultados em classes de desconforto termo-higrométricos. Besancenot (2001, p.46), por exemplo, definiu como confortável a faixa de intervalo de THI de 15,0°C a 19,9°C; desconfortável ao frio os valores inferiores a 15°C; e desconfortável ao calor valores superiores a THI 20°C; Funari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto por sua vez definiram o limite da zona de conforto entre 21°C a 23,9°C; desconforto ao frio os valores inferiores a 20,9°C; e, desconforto ao calor os valores superiores a 24°C (Quadro 8):

Quadro 8 – Classes de desconforto termo-higrométricos para o índice de Thom (1959).

Besancenot (2001, p.47)		Funari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016, p.921)	
Valor do índice	Características	Valor do índice	Características
≤ - 40	Hiperglacial	≤ 5,9	Resfriamento muito elevado
-39,9 a -20,0	Glacial	6,0 a 8,9	Resfriamento elevado
-19,9 a -10	Extremamente frio	9,0 a 11,9	Frio
-9,9 a -1,7	Muito frio	12,0 a 14,9	Desconforto ao frio
-1,6 a 12,9	Frio	15,0 a 17,9	Leve desconforto ao frio
13,0 a 14,9	Fresco	18,0 a 20,9	Limite inferior da zona de conforto
15,0 a 19,9	Confortável	21,0 a 23,9	Centro da zona de conforto
20,0 a 26,4	Quente	24,0 a 26,9	Limite superior da zona de conforto
26,5 a 29,9	Muito quente	27,0 a 29,9	Leve desconforto ao calor
30	Tórrido	30,0 a 32,9	Desconforto ao calor
		≥33	Aquecimento elevado

Fonte: Besancenot (2001, p.47); Funari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016, p.921)

- Índice de temperatura e umidade (3)

García (1996, p. 218) também apresenta uma equação intitulada como índice de temperatura e umidade. Segundo o autor a equação é expressa por:

$$\text{THI} = T_x - (0,0055 * \text{UR}) (T_x - 14,5)$$

Onde,  
 THI = Temperatura efetiva (°C)  
 Tx = temperatura máxima do ar (°C)  
 UR = umidade relativa no momento da temperatura máxima (%)

Fonte: Garcia (1996, p.218)

#### 6.6.4 Índice De Temperatura Resultante (ITR)/ Temperatura efetiva – Misse- nard (1948)

Criado por Misse-  
nard em 1948, na França, este índice considera em sua equação os efeitos da umidade e do movimento do ar em indivíduos com ou sem vestuário (CARVALHO, 2006, p.69).

Na bibliografia consultada foram encontradas 2 denominações para a mesma equação, autor e ano: temperatura resultante (MONTEIRO, 2006, p.46; GOBO, 2017, p.62) e Temperatura Efetiva (SUPING *et. al.*, 1992, p. 65; CARVALHO, 2006. p.69)

Monteiro (2006, p.46) esclarece que a pesquisa de Misse-  
nard (1948) é seme-  
lhante àquelas realizadas por Houghten e Yaglou (1923), contudo com períodos de exposição de maior duração. Ela foi baseada em experimentos de laboratório com pessoas em vários países e [...]

[...] Considera-se que seja confiável para climas temperados, mas não para condições tropicais, pois subestima o efeito de resfriamento dos movimen-  
tos de ar a temperaturas acima de 35°C e umidade acima de 80%, enquan-  
to em valores mais baixos da umidade o efeito do movimento do ar é supe-  
restimado. Gobo (2017, p.62)

A equação é descrita por:

$$\text{TR} = T_s - 0,4 (T_s - 10) (1 - \text{UR} / 100)$$

Onde,  
 TR = temperatura resultante (°C)  
 Ts = temperatura do ar (bulbo seco) (°C)  
 UR = umidade relativa do ar (%)

Fonte: Suping *et. al.* (1992, p. 65); Gobo (2017, p.62); Carvalho (2006, p.69).



Conforme Gobo (2013, p.41) o índice de temperatura resultante também pode ser modificado para a utilização do ábaco de Koenigsberger (1973). Neste caso será necessário utilizar os dados do termômetro de bulbo úmido ( $T_u$ ):

$$TR = T_s - 0,4 (T_s - 10) (1 - e_a / e_s)$$

$$e_a = e_w - 0,5 (T_s - t_u)$$

Onde:

$e_w$  = tensão de saturação do vapor na temperatura do termômetro de bulbo úmido (mmHg)

$e_s$  = tensão de saturação do vapor na temperatura do termômetro seco (mmHg)

$T_s$  = temperatura do ar (bulbo seco) (°C)

$T_u$  = temperatura do ar (bulbo úmido) (°C)

### 6.6.5 Temperatura equivalente percebida (TEP) – Monteiro (2008)

O índice de temperatura equivalente percebida (TEP) foi proposto pelo arquiteto brasileiro Monteiro (2008) em sua tese de doutorado. Este índice foi elaborado para condições externas na cidade de São Paulo e, segundo o autor, foi baseado em temperaturas equivalente ao invés de escalas interpretativas (MONTEIRO, 2008, p.204 e 205).

Os resultados desta equação representam o valor médio de percepção de sensação térmica de 1750 questionários aplicados com pessoas em pé e paradas, com vestimentas escolhidas por elas próprias.

Para sua proposição admitiu-se as seguintes condições para o ambiente de referência: temperatura radiante média igual a temperatura do ar ( $T_{rm} = T_{ar}$ ); velocidade do ar aproximadamente igual a zero ( $v_{ar}=0,1\text{m/s}$ ); umidade relativa igual a cinquenta por cento ( $ur=50\%$ ).

$$TEP = -3,777 + 0,4828 * T_{ar} + 0,5172 * T_{rm} + 0,0802 * ur - 2,322 * v_{ar}$$

Onde:

TEP = temperatura equivalente percebida

$T_{ar}$  = Temperatura do ar

$T_{rm}$  = Temperatura radiante média

$ur$  = umidade relativa do ar

$v_{ar}$  = velocidade do ar

Fonte: Monteiro (2008, p.205).

De acordo com Monteiro (2008, p. 206) as faixas interpretativas para a temperatura equivalente percebida (TEP) são (Quadro 9):

Quadro 9 – Faixas interpretativas para a temperatura equivalente percebida (TEP).

TEP	Sensação
>50,0	Extremo calor
42,5 ~ 50,0	Muito calor
34,9 ~ 42,4	Calor
27,3 ~ 34,8	Pouco calor
25,4 ~ 27,2	Leve calor
21,5 ~ 25,3	Neutralidade
19,6 ~ 21,4	Leve frio
12,0 ~ 19,5	Pouco frio
4,4 ~ 11,9	Frio
4,3 ~ -3,2	Muito frio
< -3,2	Extremo frio

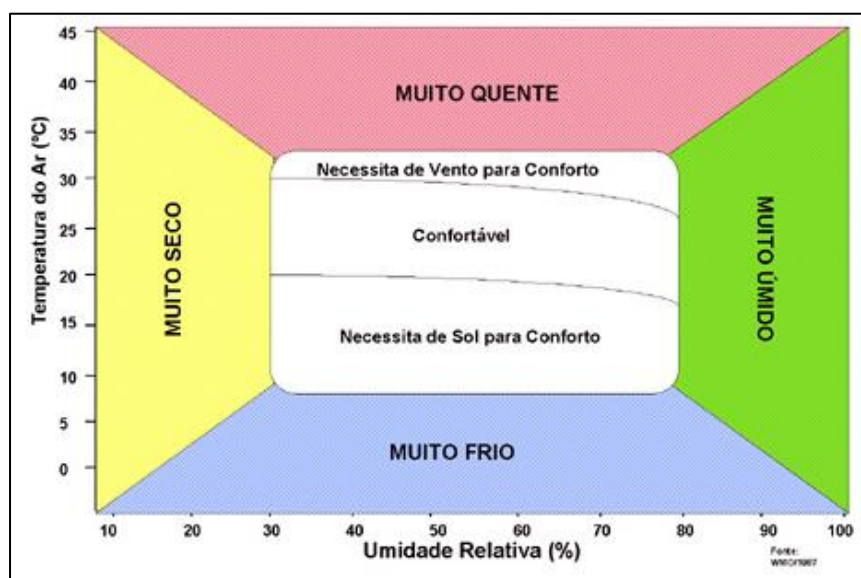
Fonte: Monteiro (2008, p. 206).

### 6.6.6 Diagrama do conforto humano – INMET (2006)

O diagrama de conforto humano, elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), é uma das poucas metodologias brasileiras encontradas.

Para sua utilização é necessário que seja realizado o cruzamento de informações de temperatura do ar e umidade relativa. O local da abscissa indicará se está tal situação está confortável ou não e classifica as condições atmosféricas em: muito quente, muito seco, muito úmido, muito frio e confortável, sendo este último dividido em confortável, necessita de vento para conforto e necessita de sol para conforto (Figura 33).

Figura 33 – Diagrama de conforto térmico – INMET (2006).



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/porta1/index.php?r=clima/confortotermicoHumano>

## **6.7 O CONFORTO TÉRMICO EM PRESIDENTE PRUDENTE/BRASIL E COMPARAÇÃO ENTRE METODOLOGIAS BIOCLIMÁTICAS**

### **6.7.1 Procedimentos metodológicos**

A partir dos índices detalhados a seguir e da relação de consultada na tese (APÊNDICE C – ) foram selecionadas para essa pesquisa 3 metodologias diferentes para análise do conforto térmico humano: índices, diagrama e questionário aplicado com a população residente na cidade estudada.

Para a eleição dos índices que compõem esta tese foram considerados os seguintes critérios:

- 1) Eleição de índices apropriados a realidade tropical;
- 2) Exclusão dos índices fisiológicos em que não havia condições e conhecimentos suficientes para analisá-los com maior detalhamento, como exemplo, os índices que consideram dados de taxas de suor, energia metabólica, intercâmbio de calor convectivo, evaporativo, condutivo, entre outros;
- 3) Escolha por índices que consideram na sua equação os dados climatológicos disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Não foi possível utilizar, por exemplo, índices que consideram valores de radiação, insolação e/ou duração solar;
- 4) Preferência por índices em que havia na bibliografia consultada classificações e limiares de conforto e desconforto térmico;
- 5) Opção por índices que utilizam diferentes variáveis climatológicas na sua formulação: temperatura e umidade; temperatura e velocidade do vento; temperatura, velocidade do vento e umidade, por exemplo.
- 6) Escolha por índices aplicáveis tanto para situações de desconforto térmico associados ao frio quanto ao calor (alguns índices são específicos para análises de calor ou de frio).
- 7) Opção por índices aplicados a ambientes externos.

Posteriormente também foram aplicados nesta pesquisa um dos diagramas utilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os resultados do questionário sobre a sensação e percepção do conforto térmico compilado junto à população prudentina.

Na maioria das pesquisas em conforto térmico a população é consultada e estudada a partir de questionários dirigidos. Normalmente as pesquisas são feitas dentro de ambientes controlados e com um grupo de pessoas também selecionadas. A vantagem desta metodologia é que a população, foco principal dos estudos em conforto térmico, faz parte do processo de pesquisa e suas preferências, sensações, níveis de satisfação podem ser atendidas e consideradas. Este é um dos princípios fundamentais para posterior elaboração de índices e diagramas.

Para a presente pesquisa a utilização dos questionários, ainda que de maneira incipiente e simples, foi uma tentativa de aproximação desta pesquisa com a população residente em Presidente Prudente. Nesta análise foram consideradas as respostas subjetivas referentes as questões: “a partir de qual temperatura você sente calor?”; “a partir de qual temperatura você sente frio?” e definiu-se a partir desses resultados limiares de conforto e desconforto térmico ao calor ao frio. Também foram considerados as respostas referentes a sensação térmica e principais sintomas em situações desconfortáveis obtidas a partir das questões: “durante o calor como você se sente?” e “durante o frio como você se sente?”.

Com base nesses critérios foram selecionadas as seguintes metodologias:

- Índice de temperatura e umidade (THI) elaborada por Thom (1959);
- Índice de temperatura efetiva com vento (TEv) desenvolvida por Missenard (1937);
- Índice de temperatura efetiva (TE) também elaborada pelo pesquisador francês Missenard (1948);
- Índice de temperatura equivalente percebida (TEP) proposto pelo arquiteto brasileiro Monteiro (2008);
- Diagrama bioclimático: diagrama de conforto térmico (INMET);
- Resultados do questionário aplicado a população de Presidente Prudente referentes a predileção térmica.

Estas técnicas foram testadas e aplicadas em diferentes análises:

A primeira refere-se a uma análise descritiva de toda a série histórica disponível na cidade de Presidente Prudente (1966 a 2016). Foi aplicada com o intuito de identificar mudanças e tendências (linear) de desconforto térmico ao calor e ao frio ao longo dos anos e organizados por décadas (1966-1975, 1976-1985, 1986-1995, 1996-2005, 2006-2016). Para esta análise foi utilizado somente o índice de Tempe-

ratura e umidade de Thom (1959) que considera os dados de temperatura e umidade, informações disponíveis em larga série pelo INMET (Análise 1, p. 117).

Depois, com posse das demais variáveis atmosféricas e informações horárias, foi possível realizar um estudo mais detalhado. Foram realizados os estudos diários/anuais e mensais (análise 2, p. 123) e horários, representativos da manhã, 9h; tarde, 15h; e, noite, 21h, (Análise 3, p. 133) aplicadas para o período de 01/01/2005 a 31/12/2016. Os dados climáticos utilizados foram: temperatura, umidade e velocidade do vento, obtidas na estação meteorológica de Presidente Prudente mantida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Os índices, diagrama e resultado do questionário escolhidos são descritos por:

### **Índice de temperatura e umidade (THI) – Thom (1959)**

Por se tratar de uma referência antiga poucos têm acesso ao original e diante desse fato optou-se pela equação mais utilizada pela bibliografia consultada:

$$THI = T_s - (0,55 - 0,0055 UR) (T_s - 14,5)$$

THI = é o índice de temperatura e umidade (°C)

$T_s$  = temperatura do ar do bulbo seco (°C)

UR = umidade relativa (%)

Fonte: Funari (2006); Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016, p.921); Besancenot (2001, p.45) e Boubaker (2010, p. 60).

Para esta equação foram admitidas as classificações de conforto utilizadas pelos autores brasileiros: Funari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016, p.921) (Quadro 10):

Quadro 10 – Classes de desconforto termo-higrométricos para o índice de Thom (1959).

Valor do índice	Características
$\leq 5,9$	Resfriamento muito elevado
6,0 a 8,9	Resfriamento elevado
9,0 a 11,9	Frio
12,0 a 14,9	Desconforto ao frio
15,0 a 17,9	Leve desconforto ao frio
18,0 a 20,9	Limite inferior da zona de conforto
21,0 a 23,9	Centro da zona de conforto
24,0 a 26,9	Limite superior da zona de conforto
27,0 a 29,9	Leve desconforto ao calor
30,0 a 32,9	Desconforto ao calor

≥33

Aquecimento elevado

Fonte: Funari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016, p.921).

**Índice de temperatura efetiva com vento (TEv) – Missenard (1937)**

$$TEV = 37 - \frac{37 - t_a}{0,68 - 0,0014 RH + \frac{1}{1,76 + 1,4 v^{0,75}}} - 0,29 t (1 - RH/100)$$

ta = temperatura do ar  
RH = umidade relativa  
V = velocidade do vento

Fonte: Missenard (1937) *apud* Suping *et. al.* (1992, p.65).**Índice de Temperatura Efetiva/ Índice de temperatura Resultante (ITR) – Missernard (1948)**

$$TR = T_s - 0,4 (T_s - 10) (1 - UR / 100)$$

TR = temperatura resultante (°C)  
Ts = temperatura do ar (bulbo seco) (°C)  
UR = umidade relativa do ar (%)

Fonte: Suping *et. al.* (1992, p. 65); Carvalho (2006, p.69).

Tanto para o Índice de temperatura efetiva com vento (TEv) quanto para o Índice de temperatura efetiva/ temperatura resultante foram utilizadas a classificação de conforto térmico elaborada por Fanger (1972) e reaplicada em pesquisas brasileiras (MAIA e GONÇALVES; 2002; GOBO, 2013; e NEDEL *et. al.*, 2015) (Quadro 11).

Quadro 11 – Classes de conforto térmico aplicado aos índices de temperatura resultante (ITR) e índice de temperatura efetiva com vento (TEv).

Resultado dos índices	Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico
<13	Muito frio	Extremo estresse ao frio
13 – 16	Frio	Tiritar
16 - 19	Frio Moderado	Ligeiro resfriamento do corpo
19 – 22	Ligeiramente frio	Vasoconstrição
22 – 25	Confortável	Neutralidade térmica
25 – 28	Ligeiramente quente	Ligeiro suor e vasodilatação
28 – 31	Quente moderado	Suando
31 – 34	Quente	Suor em profusão
>34	Muito quente	Falha na termorregulação

Fonte: Adaptada de Fanger (1972), Maia e Gonçalves (2002, p.312), Gobo (2013, p. 80) e Nedel *et. al.* (2015, p.191).

**Índice de temperatura equivalente percebida (TEP) – Monteiro (2008)**

$$TEP = -3,777 + 0,4828 * T_{ar} + 0,5172 * T_{rm} + 0,0802 * ur - 2,322 * v_{ar}$$

TEP = temperatura equivalente percebida

$T_{ar}$  = Temperatura do ar

$T_{rm}$  = Temperatura radiante média

ur = umidade relativa do ar

$v_{ar}$  = velocidade do ar

Fonte: Monteiro (2008, p.205).

As faixas interpretativas para a temperatura equivalente percebida (TEP) são (Quadro 12):

Quadro 12 – Faixas interpretativas para o índice de temperatura equivalente percebida.

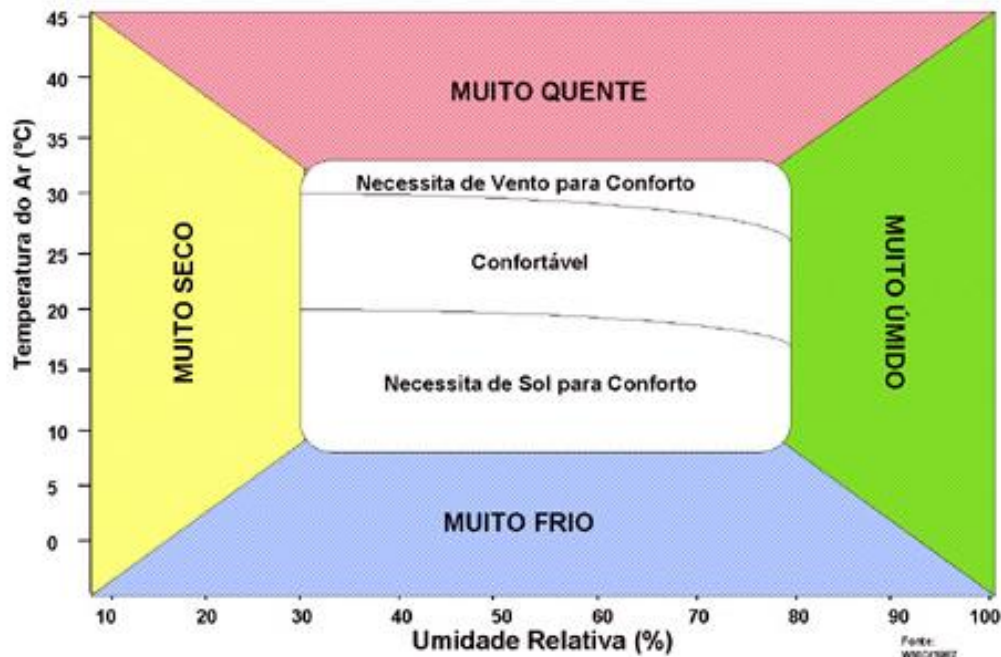
TEP	Sensação
>50,0	Extremo calor
42,5 ~ 50,0	Muito calor
34,9 ~ 42,4	Calor
27,3 ~ 34,8	Pouco calor
25,4 ~ 27,2	Leve calor
21,5 ~ 25,3	Neutralidade
19,6 ~ 21,4	Leve frio
12,0 ~ 19,5	Pouco frio
4,4 ~ 11,9	Frio
4,3 ~ -3,2	Muito frio
< -3,2	Extremo frio

Fonte: Monteiro (2008, p. 206)

### Diagrama de conforto térmico (INMET)

O único diagrama dentre as demais técnicas é expresso por (Figura 34).

Figura 34 – Diagrama de conforto térmico – INMET (2006).



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/confortotermicoHumano>.

### **Predileção térmica da população residente em Presidente Prudente (PT)**

Esta análise foi elaborada a partir dos resultados do questionário aplicado com a população residente na cidade de Presidente Prudente. Diferente das demais metodologias descritas esta considera apenas a predileção térmica da população entrevistada e, portanto, ainda que incipiente é uma primeira aproximação da pesquisa com os moradores da cidade estudada.

Para obtenção dos dados referentes a predileção térmica a pesquisa foi embasada e adaptada de Fanger (1972). Na metodologia original as pessoas elegeram sensações térmicas confortáveis e desconfortáveis a partir de uma gradação entre o extremo quente e frio. No entanto, neste caso, foi realizada uma adaptação e os entrevistados indicaram valores absolutos das temperaturas em que se sentem confortáveis e desconfortáveis ao frio e calor. Durante a aplicação do questionário também foi informado aos entrevistados a temperatura do momento e a partir deste valor e de seu conhecimento prévio e subjetivo elegeram o valor em que começam a sentir frio e calor.

Para esta análise foram consideradas as respostas subjetivas referentes as questões: “a partir de qual temperatura você sente calor?”; “a partir de qual temperatura você sente frio?” e definiu-se a partir desses resultados os seguintes parâmetros e limiares de conforto, desconforto térmico ao calor e ao frio (Quadro 13):



Quadro 13 – Parâmetros definidos para a análise da predileção térmica dos residentes de Presidente Prudente a partir do questionário aplicado com a população.

	Homens e Mulheres	Mulheres	Homens
Temperatura desconfortável ao frio	<17,4°C	<18,4°C	<16,4°C
Faixa de conforto térmico	17,5°C – 29,5°C	18,5°C – 29,4°C	16,5°C – 29,7°C
Temperatura desconfortável ao calor	>29,6°C	>29,5°C	>29,8°C

Fonte: Dados da pesquisa

## 6.7.2 Resultados e discussão.

### 6.7.2.1 *Análise 1 – O conforto térmico histórico em Presidente Prudente: análise da série histórica de 1966 a 2016 e das décadas a partir do Índice de temperatura e umidade de Thom (1959)*

Durante os anos de 1966 a 2016, últimos 50 anos, observa-se que as situações de conforto e desconforto térmico acompanharam as mudanças nos padrões térmicos deste local. De acordo com Fante (2014, p.118) ocorreu na cidade de Presidente Prudente um aumento importante nas temperaturas máximas e mínimas especialmente nos anos após a 3ª normal climatológica (1961-1990). De acordo com a autora foi constatado o aumento médio das temperaturas máximas de 0,44°C e de 1,47° para as temperaturas mínimas em relação a última normal climatológica. Este incremento nas temperaturas também foi percebido no aumento do número de dias mais desconfortáveis ao calor, verificado a partir do índice de temperatura e umidade de Thom (1959)<sup>28</sup>.

Observa-se que ao longo da série houve uma ligeira diminuição no número de dias considerados mais amenos verificado nas classes de “leve desconforto ao frio” e “limite inferior da zona de conforto” em decorrência do aumento no número de dias mais confortáveis e quentes e classificados como “centro da zona de conforto” e “limite superior da zona de conforto”<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> Limiares considerados: resfriamento muito elevado,  $\leq 5,9$ ; resfriamento elevado, 6,0 a 8,9; Frio, 9 – 11,9; Desconforto ao frio, 12 a 14,9; Leve desconforto ao frio, 15 a 17,9; Limite inferior da zona de conforto, 18 a 20,9; Centro da zona de conforto, 21 a 23,9; Limite superior da zona de conforto, 24 a 26,9; Leve desconforto ao calor, 27 a 29,9; Desconforto ao calor 30 a 32,9; aquecimento elevado,  $\geq 33$ .

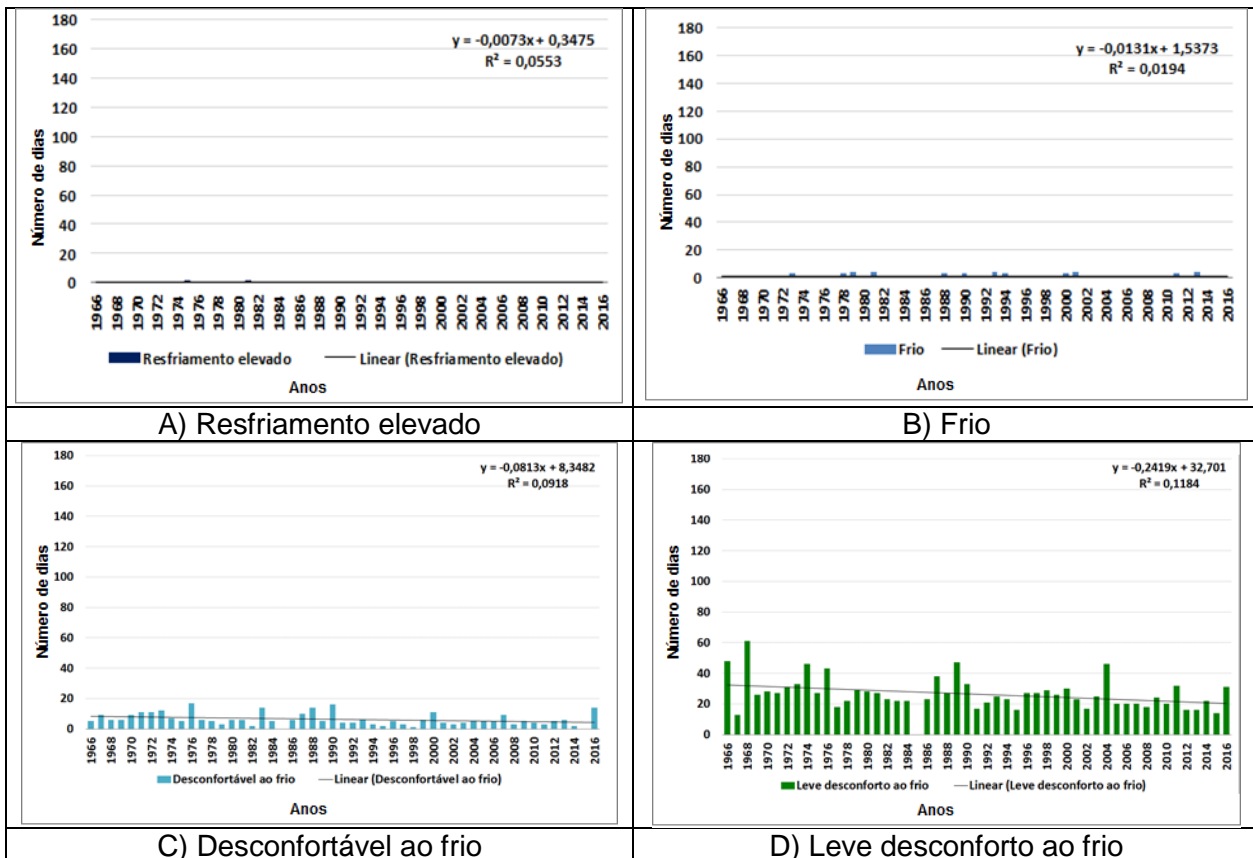
<sup>29</sup> Os limiares considerados para a referida classificação, a partir do índice de Thom (1959), e embasados em Funari (2006) e Pereira, Aleixo e Silva Neto (2016) são:  $\leq 5,9$ , resfriamento muito elevado; de 6 a 8,9, resfriamento elevado; de 9 a 11,9, frio; de 12 a 14,9, desconforto ao frio; de 15 a 17,9, leve desconforto ao frio; de 18 a 20,9, limite inferior da zona de conforto; de 21 a 23,9,

Os valores da reta de tendência linear e valor de  $\beta$  constataram diminuição de -0,2419 para a classe de “leve desconforto ao frio”, -0,4329 para o “limite inferior da zona de conforto” e aumentos de 0,215 para o “centro da zona de conforto”, 0,2921 para o “limite superior da zona de conforto”.

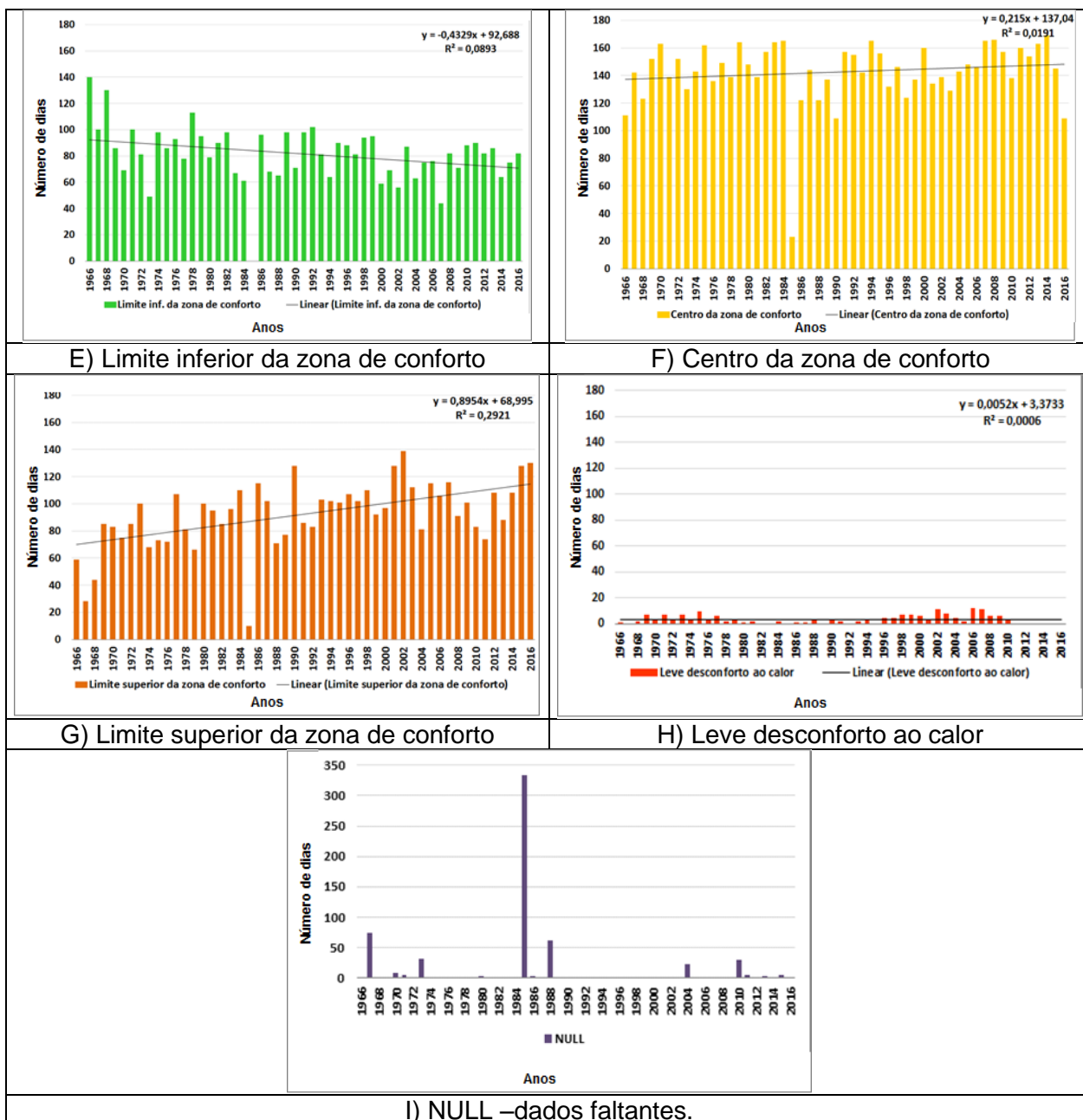
Verifica-se que houve uma transferência e deslocamento positivo entre as classes próximas a zona de conforto, situações que predominam durante a parte do ano, mas que não puderam ser constatados nas classes mais extremas de desconforto ao frio e calor como, por exemplo, nas classes de “resfriamento elevado”, “frio”, “desconfortável ao frio”, “leve desconforto ao calor”.

Por fim, nas últimas classes mais extremas: “resfriamento muito elevado”, “desconforto ao calor” e “aquecimento muito elevado”, não foram constatados nenhum dia nos 50 anos analisados com essa magnitude de desconforto ao frio e calor (Figura 35).

Figura 35 – Conforto térmico entre os anos de 1966 e 2016 a partir do índice de temperatura e umidade – Thom (1959).



centro da zona de conforto; de 24 a 26,9, limite superior da zona de conforto; de 27 a 29,9, leve desconforto ao calor; de 30 a 32,9, desconforto ao calor; e  $\geq 33$ , aquecimento elevado.



Fonte: Dados da pesquisa

Ao organizar essa série em décadas observa-se que as principais mudanças positivas e desconfortáveis ao calor ocorreram principalmente após os anos de 1986-1995. Já neste período é notório o aumento positivo médio de 26,8 dias na classe de “limite superior da zona de conforto”. Nas décadas seguintes este incremento no total de dias foi intensificando e conheceu seu ápice na última década (2006 – 2016). De acordo com esta metodologia, no último período analisado, houve um incremento de 192 dias na classe “limite superior da zona de conforto”, ou 4,76% no número de dias em relação ao valor médio da série para esta classe.

Ainda que esta classe tenha sido alterada e constatado um aumento no número de dias desconfortáveis ao calor a classe “confortável/centro da zona de conforto” foi a mais representativa de alteração entre as demais. Verificou-se na década de 2006 a 2016 o aumento de 217 dias, a mais que a média do período, o equivalente ao incremento de 5,39%.

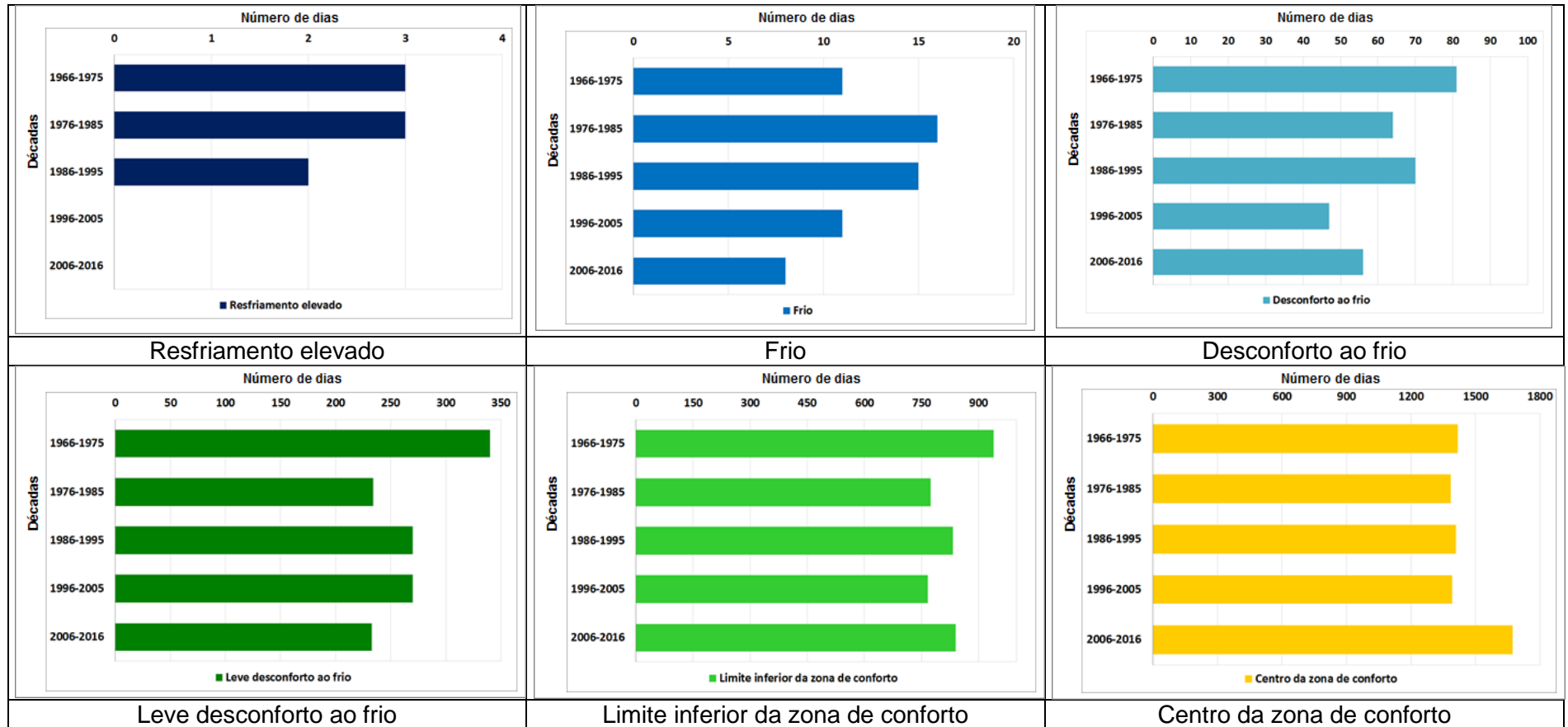
Para as classes desconfortáveis ao frio verifica-se que houve com o decorrer das décadas uma diminuição no número de dias. Elas ocorreram principalmente nas décadas de 1960 e 1970, contudo, com o aumento médio das temperaturas, as situações desconfortáveis ao frio também diminuíram suas frequências. As classes mais extremas e desconfortáveis ao frio, por exemplo a classe de “resfriamento elevado”, que no passado ocorria entre 2 a 3 vezes por década, desde 1990 não apresenta nenhum caso; ou ainda a classe “frio” que chegou a ocorrer 16 vezes durante a década de 1980, nesta última apresentou apenas a metade de dias desconfortáveis ao frio com esta magnitude, 8 dias (Quadro 14, Figura 36).

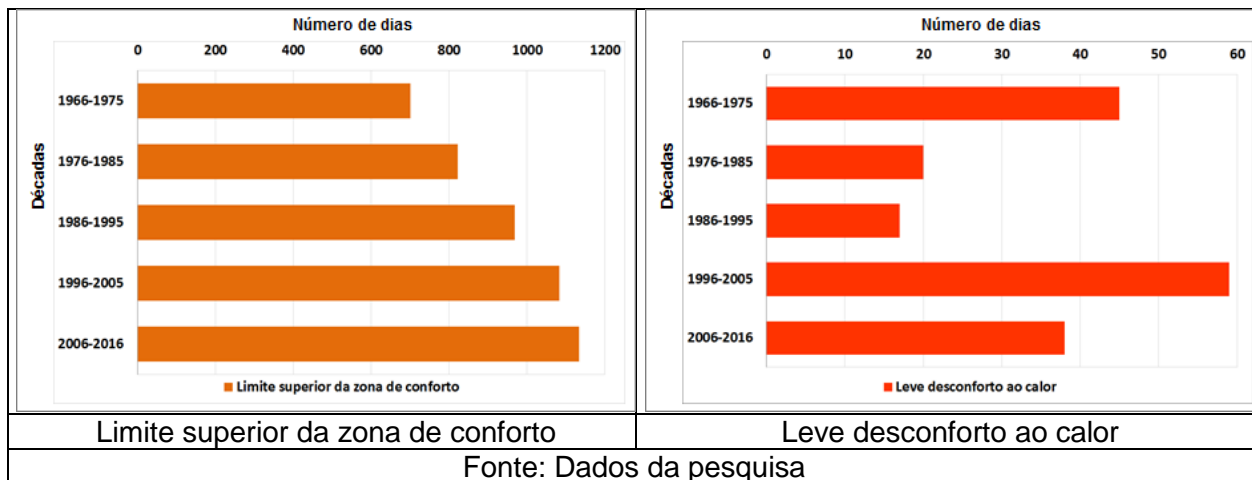
Quadro 14 – Desvios percentuais entre a média do período (1966-2016) e as décadas, a partir do Índice de temperatura e umidade de Thom (1959).

Desvios em relação a média da série	Resfriamento muito elevado	Resfriamento elevado	Frio	Desconforto ao frio	Leve desconforto ao frio	Limite inferior da zona de conforto	Centro da zona de conforto	Limite superior da zona de conforto	Leve desconforto ao calor	Desconforto ao calor	Aquecimento elevado
1966-1975	0	0,04	-0,03	0,48	1,93	2,96	-1,03	-6,59	0,25	0,00	0,00
1976-1985	0	0,04	0,10	0,01	-0,97	-1,55	-1,93	-3,26	-0,43	0,00	0,00
1986-1995	0	0,01	0,08	0,17	0,02	0,07	-1,25	0,73	-0,51	0,00	0,00
1996-2005	0	-0,04	-0,03	-0,45	0,02	-1,74	-1,72	3,87	0,63	0,00	0,00
2006-2016	0	-0,04	-0,10	-0,19	-0,90	0,23	5,39	4,76	0,05	0,00	0,00

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 36 – O conforto térmico nas diferentes décadas. Comparação do número de dias para entre a média do período (1966 – 2016) e as cinco décadas a partir do índice de temperatura e umidade – Thom (1959).





### **6.7.2.2 *Análise 2 – O conforto térmico anual e mensal em Presidente Prudente: comparação entre diferentes metodologias entre os anos de 2005 a 2016***

A partir da análise anual e das décadas objetivou-se detalhar um pouco mais as análises e verificar como o ocorre o conforto térmico mensal e anual a partir de outro conjunto de dados mais detalhados, dados horários, no período de 2005 a 2016. Além disso, com posse dos dados de outro elemento atmosférico, vento, foi possível testar e aplicar outras metodologias para identificação do conforto térmico. O intuito além de descrever as situações de conforto/desconforto térmico também foi o de comparar e avaliar criticamente o desenvolvimento de cada metodologia, suas vantagens e limitações. As técnicas utilizadas foram: Índice de temperatura e umidade, temperatura efetiva, temperatura efetiva com vento, temperatura equivalente percebida, questionário de predileção térmica, diagrama bioclimático do INMET.

Para o índice de Thom, durante os 12 anos analisados, o ano de 2014 foi o que apresentou o maior percentual de dias confortáveis classificados como “centro da zona de conforto” com 46,2%, seguido pelo ano de 2008 com 45,4% dos dias (Quadro 15). Os dias confortáveis ocorreram em todos os meses do ano, contudo, Abril e Novembro se destacam entre os demais uma vez que 56,4% e 55,6% dos dias foram considerados confortáveis, respectivamente (Figura 37).

As classes consideradas dentro da zona de conforto (Limite inferior da zona de conforto, centro da zona de conforto e limite superior da zona de conforto) são as que tiveram as maiores frequências percentuais durante os anos analisados. Juntas as 3 classes somam, em média, 90,7% dos dias do ano, ou seja, aproximadamente 332 dias (331,96), um número expressivo, considerando que apenas 33 dias, espalhados ao longo do ano, representam os maiores desconfortos térmicos para o calor e frio (Quadro 15).

As situações de desconforto estão concentradas em poucos meses do ano. Em relação ao desconforto associado ao frio a classe identificada como mais desconfortável em Presidente Prudente, “frio”, apenas pode ser constatada nos meses de junho, julho e agosto e nestes 12 anos analisados somam apenas 8 ocorrências, concentradas nos anos de 2009 (1 vez), 2011 (3 vezes) e 2013 (4 vezes).

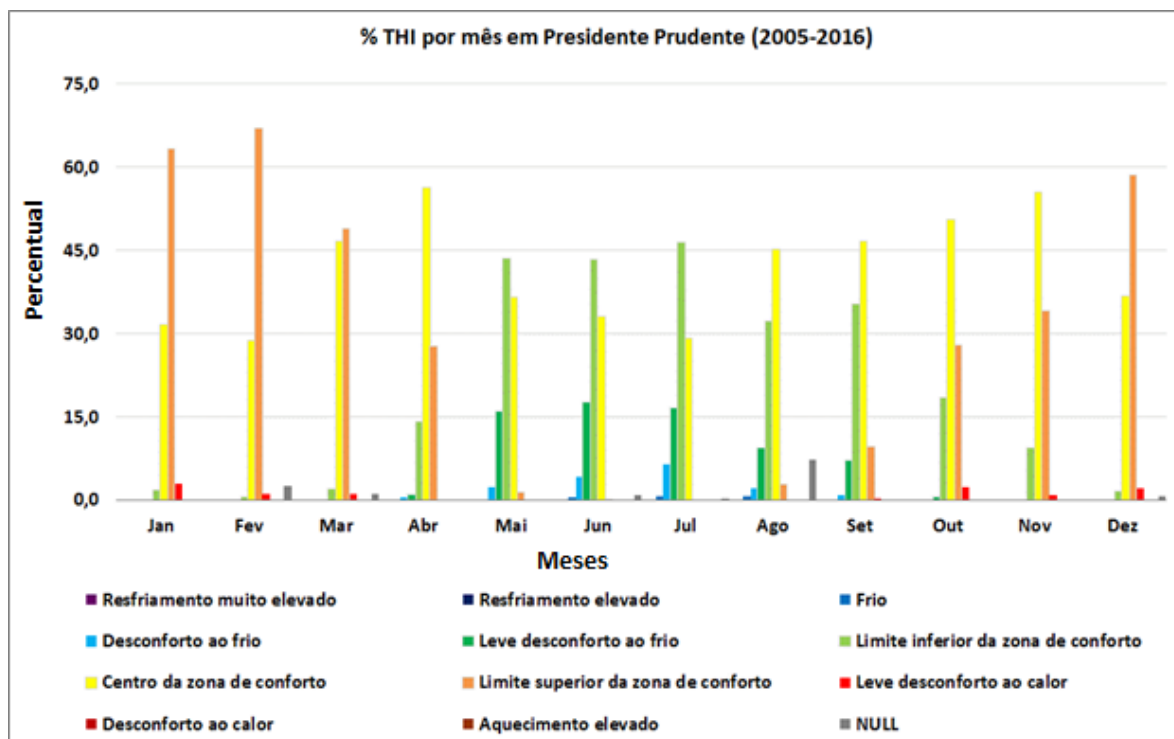
Para as situações de desconforto associadas ao calor a classe mais frequente é “leve desconforto ao calor”. Este padrão foi verificado especialmente no início da série entre 2005 e 2010 sendo o ápice em 2006 com 12 ocorrências, no entanto, nos anos mais recentes estes episódios não foram identificados. Estes eventos sucederam especialmente nos meses de primavera e verão. As maiores ocorrências foram nos meses de outubro (9 vezes), dezembro (8 vezes) e janeiro (11 vezes).

Quadro 15 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do índice de temperatura e umidade (THOM, 1959).

%	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Resfriamento muito elevado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Resfriamento elevado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Frio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,8	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0
Desconforto ao frio	1,4	1,4	2,5	0,8	1,4	1,1	0,8	1,4	1,6	0,5	0,0	3,8
Leve desconforto ao frio	5,5	5,5	5,5	4,9	6,6	5,5	8,7	4,4	4,4	6,0	3,8	8,5
Limite inferior da zona de conforto	20,5	20,8	12,0	22,4	19,4	24,0	24,6	22,4	23,5	17,5	20,5	22,4
Centro da zona de conforto	40,4	39,9	45,1	45,4	42,9	37,7	43,7	42,1	44,5	46,2	39,6	29,8
Limite superior da zona de conforto	31,4	29,0	31,7	24,9	27,6	22,7	20,2	29,5	24,0	29,5	35,0	35,5
Leve desconforto ao calor	0,5	3,3	3,0	1,6	1,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Desconforto ao calor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aquecimento elevado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NULL	0,3	0,3	0,3	0,0	0,3	8,2	1,1	0,3	0,8	0,3	1,1	0,0

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 37 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura e umidade (2005 – 2016).



Fonte: Dados da pesquisa



O índice de temperatura efetiva, em que o vento está incluído, apresentou um elevado número de dias confortável e desconfortável ao frio em relação às demais técnicas. Em todos os anos analisados foram contabilizados mais de 9% dos dias como “muito frio”, a classe mais extrema desta categorização, e em especial o ano de 2016 em que mais de 20% dos dias teve essa característica. O mais interessante é que com exceção dos meses de janeiro e fevereiro todos os demais tiveram ao menos 1 dia “muito frio”, até mesmo meses caracterizados pelas fortes temperaturas como outubro, novembro e dezembro.

A classe mais amena ao frio, “ligeiramente frio”, representa um percentual importante na frequência anual. Em todos os anos verificou-se entre 21,9% a 35,2% dos dias com essa característica, ou seja, de 80 a 129 dias do ano, como nos anos de 2016 e 2011. Tais ocorrências foram constatadas principalmente nos meses de primavera e verão, sendo o ápice contabilizado em fevereiro, com 49,4%, e março com 49,2%.

A classe de “conforto”, em média, representou na série 18,1% das ocorrências e pode ser verificada em todos os meses do ano com exceção de junho e junho, a predominância dessas situações entre dezembro e janeiro.

As classes desconfortáveis ao calor foram pouco contabilizadas por esta técnica o que demonstra certa falha metodológica para este índice. Fante (2014, p. 127) descreve que as temperaturas neste local são durante quase todo o ano elevadas e inclusive nos meses mais frios do ano, inverno, as temperaturas médias das máximas atingiram 25,9°C em junho, e 15,2°C para a média das temperaturas mínimas em julho, dados calculados após a última normal climatológica (1991 a 2011). Nos meses mais quentes, por exemplo, a temperatura média das máximas chega a 31,2°C em dezembro e as mínimas atingem a média de 21,7°C em janeiro (FANTE, 2014, p. 127) o que causa certa incerteza sobre a aplicação desta técnica em ambiente tropical.

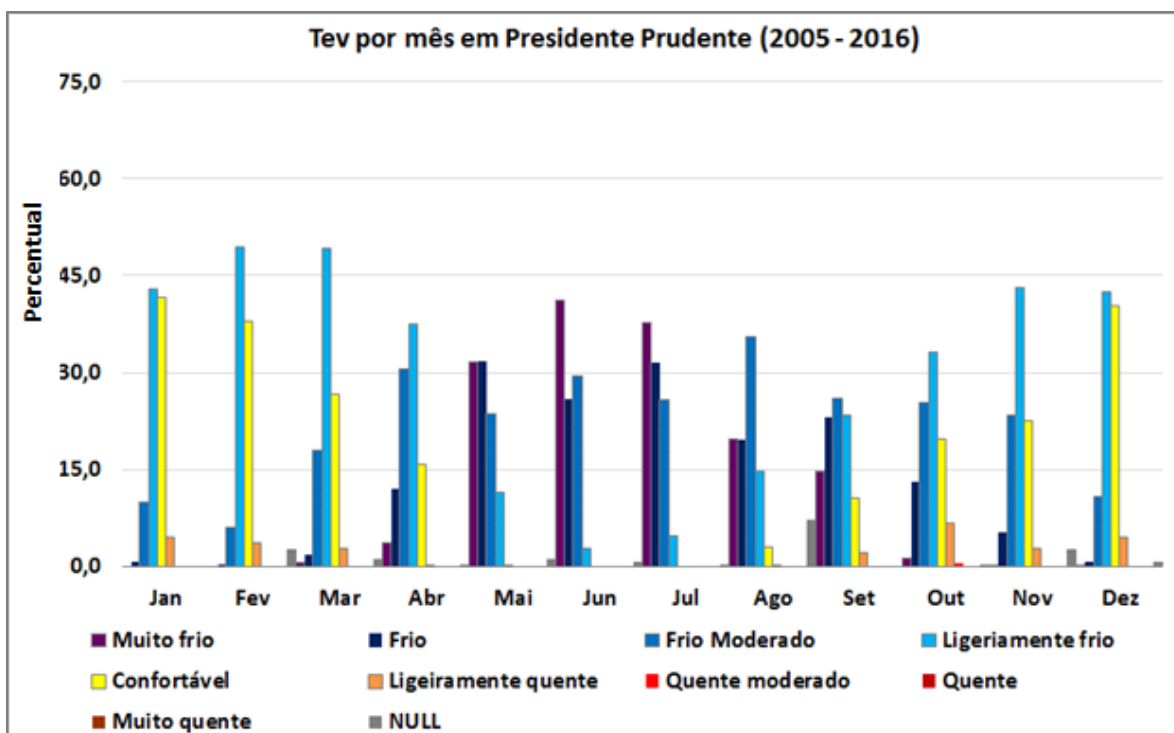
A saber, durante os anos de 2005 a 2016, o ano que mais contabilizou situações “ligeiramente quente”, ano de 2006, apresentou apenas 5,5% dos dias com esse perfil, o equivalente a 20 dias do ano (Quadro 16; Figura 38).

Quadro 16 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do índice de temperatura efetiva com vento.

%	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Muito frio	11,2	11,7	10,7	12,8	14,8	10,9	13,9	10,9	13,4	9,3	11,2	20,5
Frio	11,7	10,4	7,9	13,9	13,9	17,2	18,9	14,8	15,6	13,1	15,0	13,9
Frio Moderado	17,8	21,9	18,3	24,3	21,3	22,1	21,6	26,0	24,6	26,5	21,9	18,6
Ligeiramente frio	27,3	25,4	32,8	30,3	33,6	27,0	35,2	27,9	29,5	32,8	30,3	21,9
Confortável	25,7	23,5	24,9	16,1	13,4	12,6	9,3	17,2	15,6	16,9	18,6	24,0
Ligeiramente quente	3,0	5,5	4,9	2,2	2,7	1,9	0,0	3,0	0,5	1,1	1,9	1,1
Quente moderado	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quente	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muito quente	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NULL	3,3	1,6	0,3	0,0	0,3	8,2	1,1	0,3	0,8	0,3	1,1	0,0

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 38 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura efetiva com vento (2005 – 2016).



Fonte: Dados da pesquisa

O índice de temperatura efetiva apesar de gerar mais resultados de desconforto ao frio que ao calor apresentou resultados pouco melhores que a técnica anterior. Este índice teve uma melhor distribuição da porcentagem das frequências dos tipos de conforto térmico, mas, sobretudo tendentes ao desconforto ao frio (Figura 39, Quadro 17).

Para esta técnica a maior frequência dos dias do ano são “confortáveis” entre 32%, como verificado em 2016, a 45,1% em 2008. Depois, há uma predominância

de dias “ligeiramente frios” que correspondem de 21,3% dos dias em 2003, a 33,9% em 2011 e 2012. Essas duas classes são bem delimitadas durante os meses do ano: as situações confortáveis predominam entre os meses de outubro a abril, com o ápice em março, 66% dos dias, e nos demais meses, maio a setembro, há um domínio de situações “ligeiramente frias”, com o máximo nos meses de agosto, 51,3%, e julho, 51,1%.

Para esta técnica o ano de 2016 foi considerado o que teve o maior percentual de dias desconfortáveis ao frio: 1,6% dos dias foram considerados “muito frio”, classe mais extrema desconfortável ao frio; 4,4% foram “frios”, 14,5% “frio moderado”, e 26,2% “ligeiramente frio”, juntas, todas essas classes representaram 46,7% dos dias, ou seja, aproximadamente 171 dias.

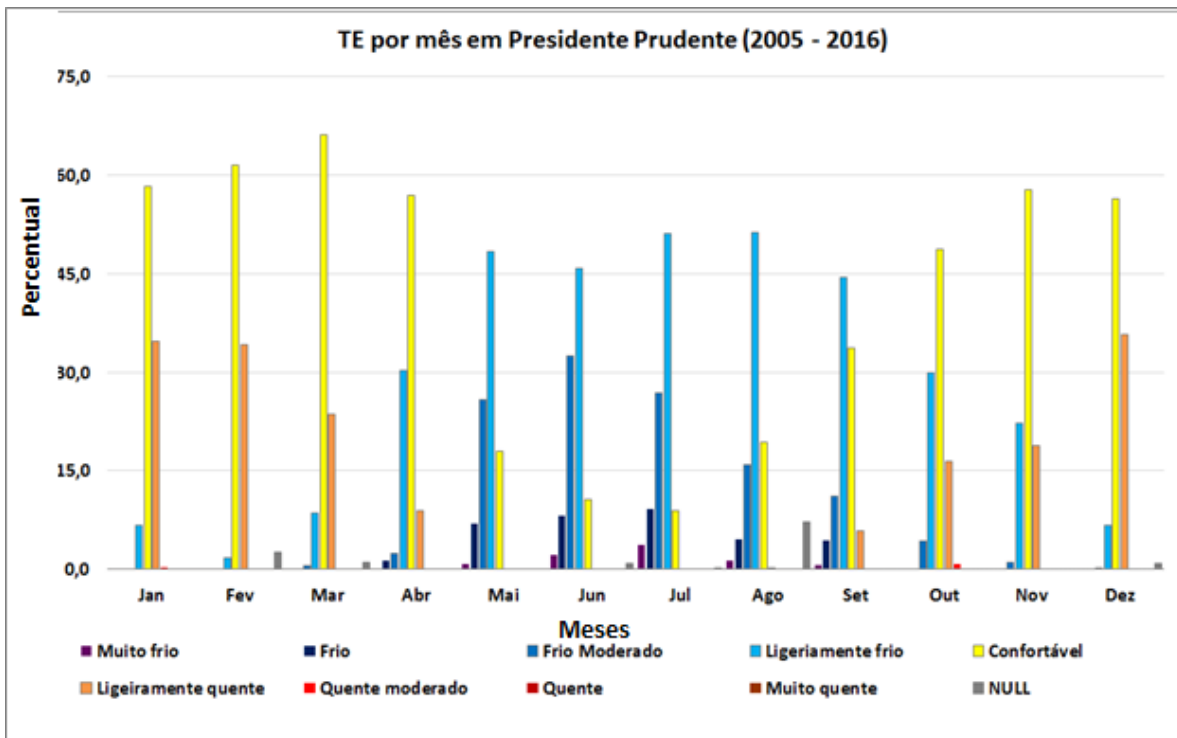
Em relação a classe mais quente, constatada por essa técnica, verifica-se que apenas nos anos de 2007, 2008 e 2010 tiveram dias considerados “quente moderado”, uma vez durante o mês de janeiro e 3 vezes no mês de outubro. Para as demais classes desconfortáveis ao calor, “quente” e “muito quente” não foram reconhecidas nenhuma situação durante os anos pesquisados.

Quadro 17 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do índice de temperatura efetiva.

%	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Muito frio	0,5	0,5	0,8	0,0	1,6	0,3	1,1	0,3	1,6	0,3	0,0	1,6
Frio	3,0	2,5	4,4	2,7	2,7	2,2	3,6	4,1	2,2	2,2	0,8	4,4
Frio Moderado	8,5	10,7	6,6	13,4	10,4	10,9	10,9	7,7	9,6	9,0	9,3	14,5
Ligeiramente frio	29,2	29,0	21,3	26,5	27,3	30,9	33,9	33,9	33,1	28,1	28,7	26,2
Confortável	42,1	35,8	44,0	45,1	42,3	38,8	44,0	39,9	41,3	49,2	40,7	32,0
Ligeiramente quente	16,4	21,3	22,4	11,7	15,3	8,5	5,5	13,9	11,5	10,9	19,4	21,3
Quente moderado	0,0	0,0	0,3	0,5	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quente	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muito quente	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NULL	0,3	0,3	0,3	0,0	0,3	8,2	1,1	0,3	0,8	0,3	1,1	0,0

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 39 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura efetiva (2005 – 2016).



Fonte: Dados da pesquisa

O índice de temperatura equivalente percebida também teve boa distribuição da frequência entre as classes de conforto. Na grande parte dos anos analisados a maior parte dos dias foram “neutros” /confortáveis. Isto ocorreu em todos os anos entre 2005 a 2016, a exceção do ano de 2005, quando 41,3% dos dias foram considerados “pouco frios”. Essas duas classes, “neutra” e “pouco frio”, são as mais representativas para este índice e apresentam-se bem delimitadas durante os meses do ano: de outubro a abril temos a predominância de dias “neutros” /confortáveis, e de maio a setembro a classe “pouco frio” se torna a mais representativa (Quadro 18; Figura 40).

Os ápices de calor, “pouco calor”, são conhecidos nesta cidade entre outubro e abril, contudo os maiores acontecimentos ocorrem no mês de fevereiro com 14,7% das ocorrências entre 2005 a 2016.

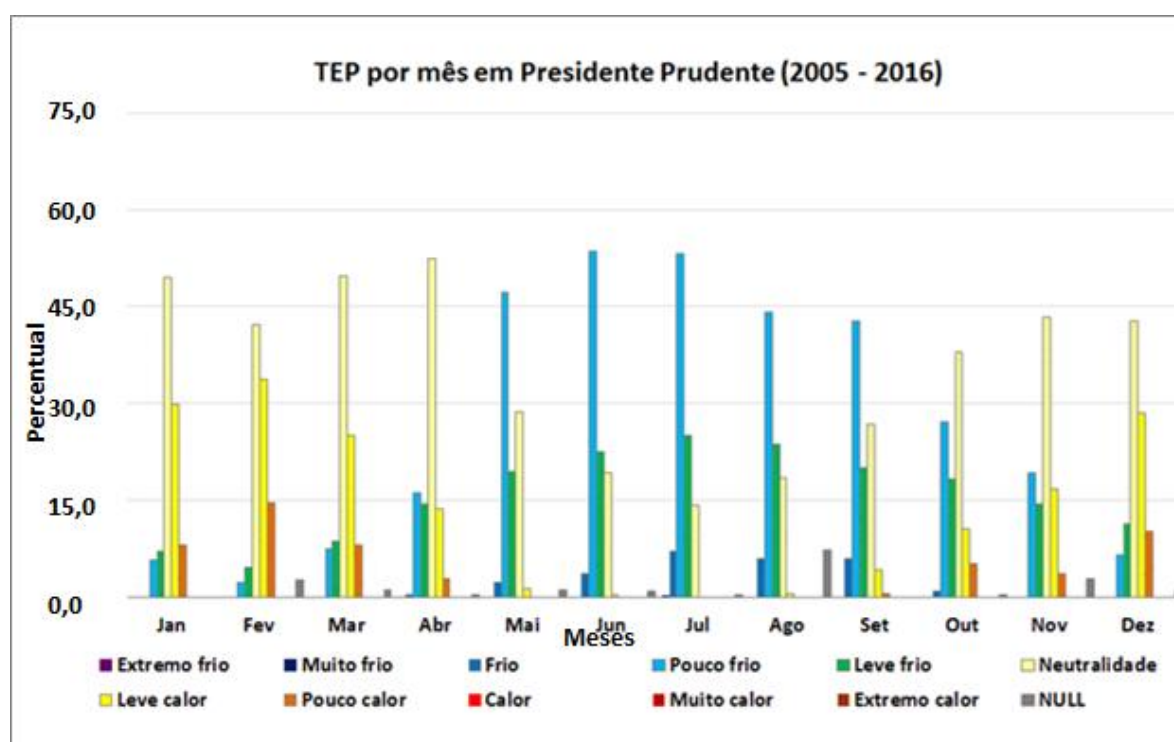
Categorias mais extremas para o frio e calor como “extremo frio”, “calor”, “muito calor”, “extremo calor”, não foram identificadas por essa técnica.

Quadro 18 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura equivalente percebida.

%	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Extremo frio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muito frio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Frio	3,0	3,0	3,6	2,5	1,6	1,1	2,7	1,4	3,6	1,4	0,0	1,9
Pouco frio	41,3	28,1	24,6	28,7	25,4	31,7	31,7	27,3	24,0	24,0	14,5	24,9
Leve frio	14,5	18,9	18,9	14,5	13,9	12,8	17,2	14,8	17,2	14,5	16,7	15,8
Neutralidade	27,3	32,0	37,2	43,2	37,2	32,2	35,2	36,3	39,3	40,2	36,1	28,7
Leve calor	8,5	11,5	10,1	7,9	15,3	11,7	11,2	17,2	12,6	15,3	23,5	18,6
Pouco calor	2,2	4,9	5,5	3,3	6,3	2,2	0,8	2,7	2,2	4,4	8,2	10,1
Calor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muito calor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Extremo calor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NULL	3,3	1,6	0,3	0,0	0,3	8,2	1,1	0,3	0,8	0,3	1,1	0,0

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 40 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do Índice de temperatura equivalente percebida (2005 – 2016).



Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados do questionário de predileção térmica indicam que na maior parte do ano os dias foram confortáveis para a população. Estes foram os limiares mais altos de conforto dentre todas as demais metodologias. Desde o ano de 2005 a frequência de dias confortáveis foi sempre superior a 89,1%, como verificado em 2007 e atingiu até 94,3%, nos anos de 2008, 2011 e 2013, o equivalente em números absolutos de 325 a 345 dias. Este padrão é encontrado em todos os meses do

ano sendo o mês de abril, de acordo com essa técnica, o mês com maior frequência de dias confortáveis, 97,2%, e o mês de julho com a menor frequência, 85,5%, mas ainda assim um valor expressivo (Quadro 19; Figura 41).

No restante dos dias, considerados desconfortáveis, observa-se a presença de situações desconfortáveis ao frio nos meses de abril a setembro e também em dezembro, e desconfortáveis ao calor nos meses de agosto a abril.

Dentre todos os anos analisados 2016, 2012 e 2007 se destacam os anos em que ocorreram as maiores frequências de dias desconfortáveis ao frio, mas que não ultrapassou 6,6% ou 24 dias, como verificado em 2016.

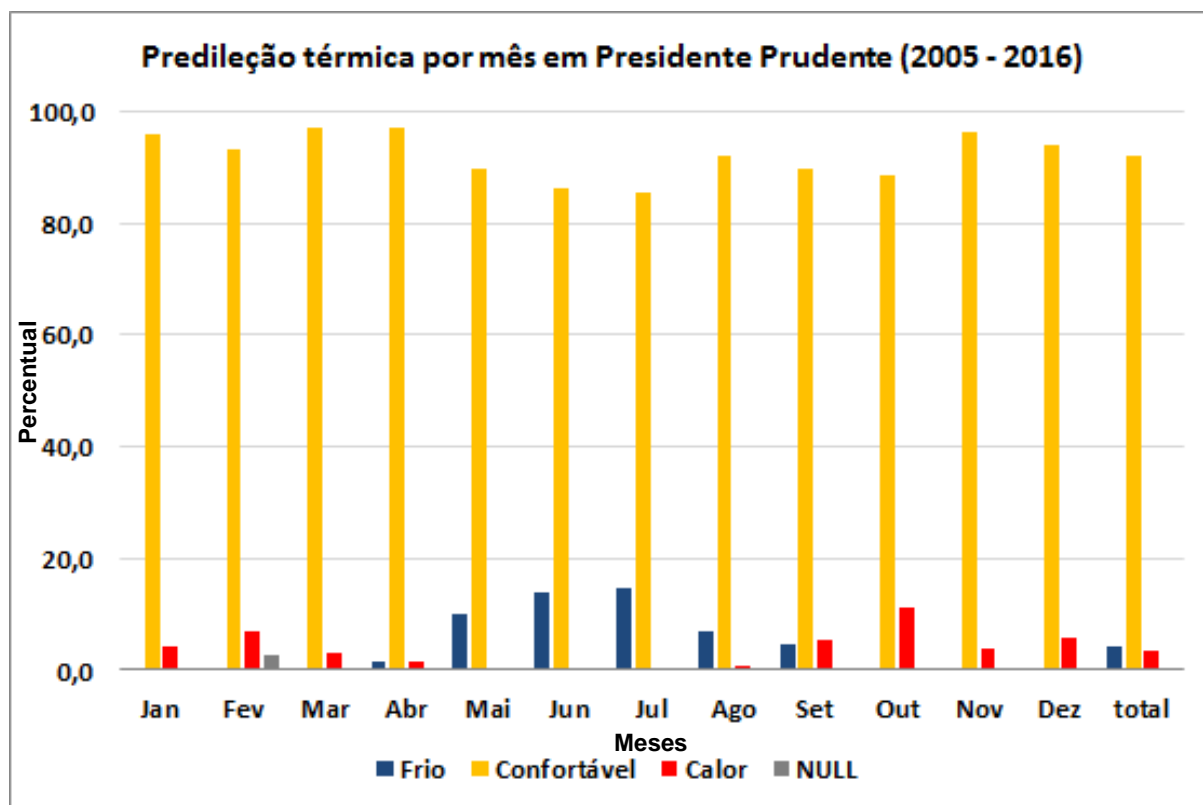
Para os desconfortos associados ao calor o ano de 2015 foi, sem dúvida, o de maior representação, 7,4%, 27 dias, mais que o dobro para a média do período (13 dias).

Quadro 19 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do questionário de predileção térmica.

%	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Frio</b>	3,6	3,3	5,5	3,3	5,7	3,8	4,9	5,5	4,1	4,1	1,6	6,6
<b>Confortável</b>	92,3	92,9	89,1	94,3	92,9	93,2	94,3	88,8	94,3	90,4	90,7	89,9
<b>Calor</b>	3,8	3,6	5,2	2,5	1,1	2,7	0,5	5,7	1,4	5,2	7,4	3,6
<b>NULL</b>	0,3	0,3	0,3	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0	0,3	0,3	0,3	0,0

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 41 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do questionário de predileção térmica (2005 – 2016).



Fonte: Dados da pesquisa

O diagrama bioclimático de conforto térmico do INMET, de modo geral, contabilizou principalmente situações “confortáveis” e “muito úmidas” durante o período analisado. Diferente das demais técnicas este diagrama tem algumas classes específicas para a análise das condições higrométricas: “muito seco” e “muito úmido”. Apesar de serem importantes para a composição do conforto bioclimático as condições de umidade normalmente não são expressas nas análises de conforto/desconforto. Neste caso a umidade relativa ganha especial destaque porque a grande maioria das condições atmosféricas com mais de 80% e menos de 30% é representada nestas classes, com maior importância, inclusive, que das temperaturas (Quadro 20, Figura 42).

A categorização “muito úmida”, por exemplo, representa uma porcentagem significativa de dias ao longo do ano. Entre os anos 2005 a 2016 não houve menos de 7,9% de dias com esta característica e chegou a retratar 20,5% dos dias em 2009. Ela ocorre em todos os meses do ano, contudo, é no verão que se presencia o maior número de dias “muito úmidos” possivelmente em detrimento do volume de precipitação que ocorre nos meses de verão nesta região. Os dias “muito secos”

ocorreram especialmente nos meses de julho a outubro e conhece sua expressão máxima em meados de setembro, com 7,8% das ocorrências registradas.

Em todos os meses do ano a predominância é de condições “confortáveis”, com valores superiores a 67% dos dias do ano, como verificado em 2016, e podendo alcançar até 79,5% como ocorrido em 2014.

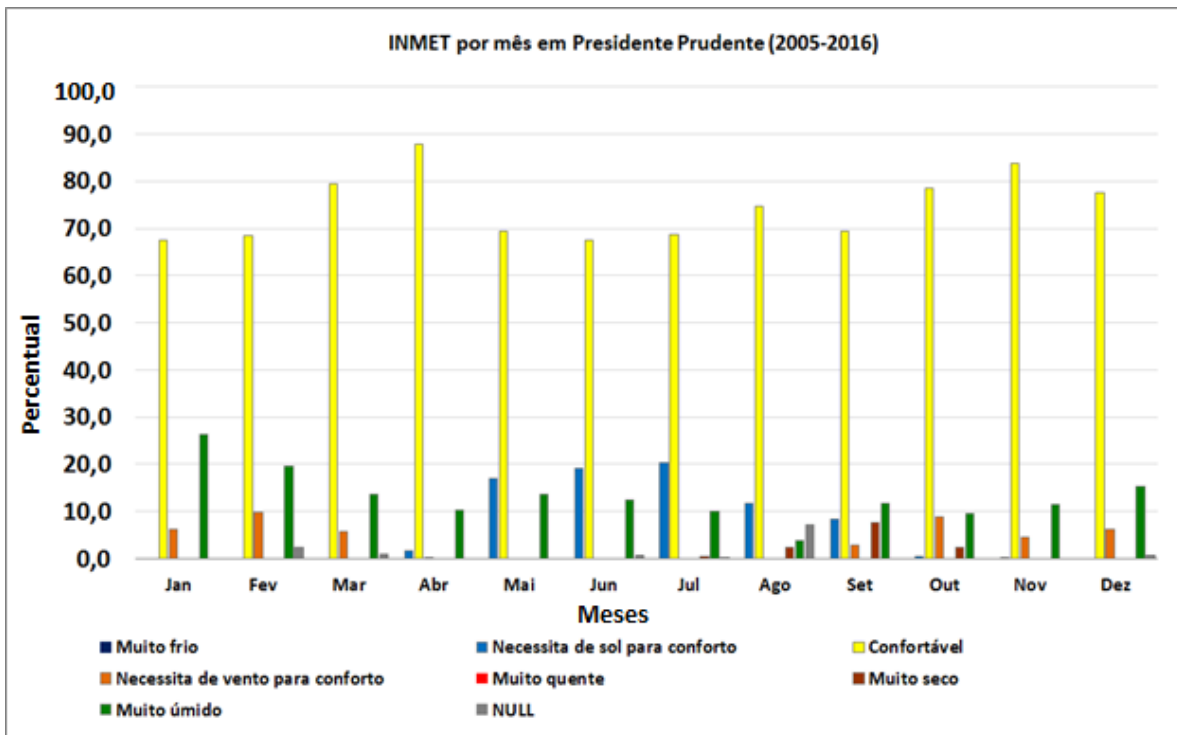
Para a cidade de Presidente Prudente esta técnica não constatou nenhum dia “muito frio” ou “muito quente” nos 12 anos analisados.

Quadro 20 – Porcentagem anual das frequências e tipos de conforto térmico a partir do diagrama bioclimático de conforto térmico (INMET, 2006).

%	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Muito frio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Necessita de sol para conforto	6,6	7,7	7,1	6,0	7,4	5,5	10,9	4,4	6,6	4,9	2,2	10,4
Confortável	77,9	70,8	73,8	75,4	68,3	70,2	77,9	78,7	76,2	79,5	76,8	67,8
Necessita de vento para conforto	3,8	6,6	5,2	3,8	3,6	1,4	0,3	4,6	1,9	3,8	4,9	4,1
Muito quente	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Muito seco	0,0	1,4	0,5	0,3	0,0	1,6	1,9	0,8	1,4	3,0	1,4	0,8
Muito úmido	11,5	13,7	13,1	14,5	20,5	13,1	7,9	11,2	13,1	8,5	13,7	16,9
NULL	0,3	0,0	0,3	0,0	0,3	8,2	1,1	0,3	0,8	0,3	1,1	0,0

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 42 – Porcentagem mensal das frequências e tipos de conforto térmico a partir do diagrama bioclimático de conforto térmico/ INMET (2005 – 2016).



Fonte: Dados da pesquisa



### **6.7.2.3 Análise 3 – O conforto térmico horário em Presidente Prudente e a comparação entre diferentes metodologias (2005 a 2016)<sup>30</sup>**

Por esta análise a intenção foi verificar o conforto térmico em três períodos do dia (manhã, tarde e noite) representados pelos horários das 9h, 15h e 21h de acordo com 6 metodologias diferentes explicitadas no item Procedimentos metodológicos, p. 111. Os resultados dos 6 testes de conforto térmico, de modo geral, apontaram resultados interessantes e diferentes de acordo com a metodologia empregada.

Os resultados obtidos a partir do Índice de temperatura e umidade (THI) – (THOM, 1959) demonstram que na maior parte dos dias analisados a população de Presidente Prudente encontra-se em condições agradáveis de conforto: limite inferior da zona de conforto, centro da zona de conforto, limite superior da zona de conforto (Figura 43).

Nesta equação são considerados apenas os dados de temperatura e umidade. Dentre as demais metodologias analisadas esta também é a que tem o maior número de classes de definições de conforto o que pode de certa forma detalhar excessivamente o resultado dificultando a compreensão real.

O período da manhã foi marcadamente representado por resultados entre 18 e 20,9, denominado por “limite inferior da zona de conforto” e aproximadamente 35,5% das manhãs tiveram essa caracterização. No período da tarde, 42,3% dos dias analisados, ou 1856 dias, foram considerados por esta metodologia dentro do “limite superior da zona de conforto”. No período da noite, na maioria dos dias, esta situação também se repetiu. Obteve-se 39,7% das noites classificadas como dentro do “limite superior da zona de conforto” e 38,4% como no “centro da zona de conforto”.

Fato interessante para esta análise nos últimos 11 anos não ocorreram em nenhum período analisado situações consideradas como “desconfortável ao calor” e “aquecimento elevado”, as classes mais desconfortáveis ao calor em Presidente Prudente.

---

<sup>30</sup> Os resultados apresentados nesse item foram publicados originalmente no artigo: FANTE, K.P.; DUBREUIL, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Avaliação comparativa entre metodologias de identificação de situações de conforto térmico humano aplicado ao contexto tropical, Presidente Prudente/Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, ano 13, vol 21, jul-dez, 2017, p. 588 – 612.

Situações consideradas com extremas frias também não foram expressivas e apenas constatadas no período da manhã. Contabilizou-se 6 manhãs com “resfriamento muito elevado”, 0,1% da série; e, 35 manhãs como “resfriamento elevado”, aproximadamente 0,8% da série.

Dentre os demais índices testados o índice de temperatura efetiva com vento (TEv) de Missenard (1937) foi o que apresentou o maior número de dias considerados desconfortáveis ao frio classificados em: muito frio, frio, frio moderado (Figura 44).

O índice de temperatura efetiva/resultante de Missenard (1948), apesar de considerar em sua equação apenas os dados de temperatura e umidade apresentou resultados mais fidedignos as situações reais em Presidente Prudente, quando comparado ao índice anterior. A grande diferença entre as duas técnicas é que o índice de temperatura efetiva não classificou uma quantia de dias significativos relacionados aos extremos frios, como a classe “muito frio”, por exemplo (Figura 45).

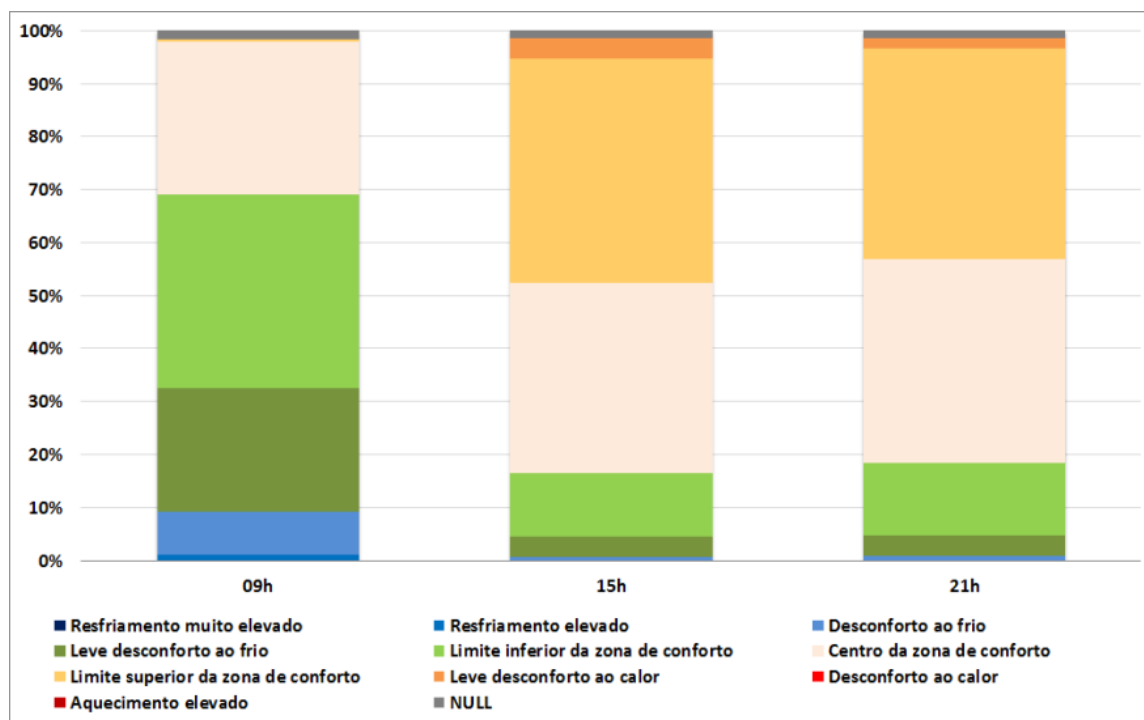
O índice de temperatura equivalente percebida (TEP) foi uma das poucas metodologias pensadas exclusivamente para o contexto brasileiro e em especial para a cidade de São Paulo (Figura 46). A vantagem desta técnica é que ela considera em sua equação dados de temperatura, umidade e ventos e por esta característica também pode ser definida como uma das mais completas por considerar uma gama maior de variáveis atmosféricas (umidade, temperatura e ventos). A desvantagem nesta metodologia está no número elevado de classes, 11, que podem de certa forma mascarar e/ou confundir a leitura dos resultados.

Observa-se, para este índice, uma tendência ao resfriamento que muitas vezes não são condizentes com a situação do conforto térmico real.

Especialmente durante as manhãs a predominância foi de 50,2% de dias “muito frio”; 27,0% de dias “frios”; e 19,2% com “frio moderado”. Ainda para o período da manhã não foram contabilizadas situações de desconforto ao calor, em todas as classes, e apenas um único dia foi classificado como confortável.

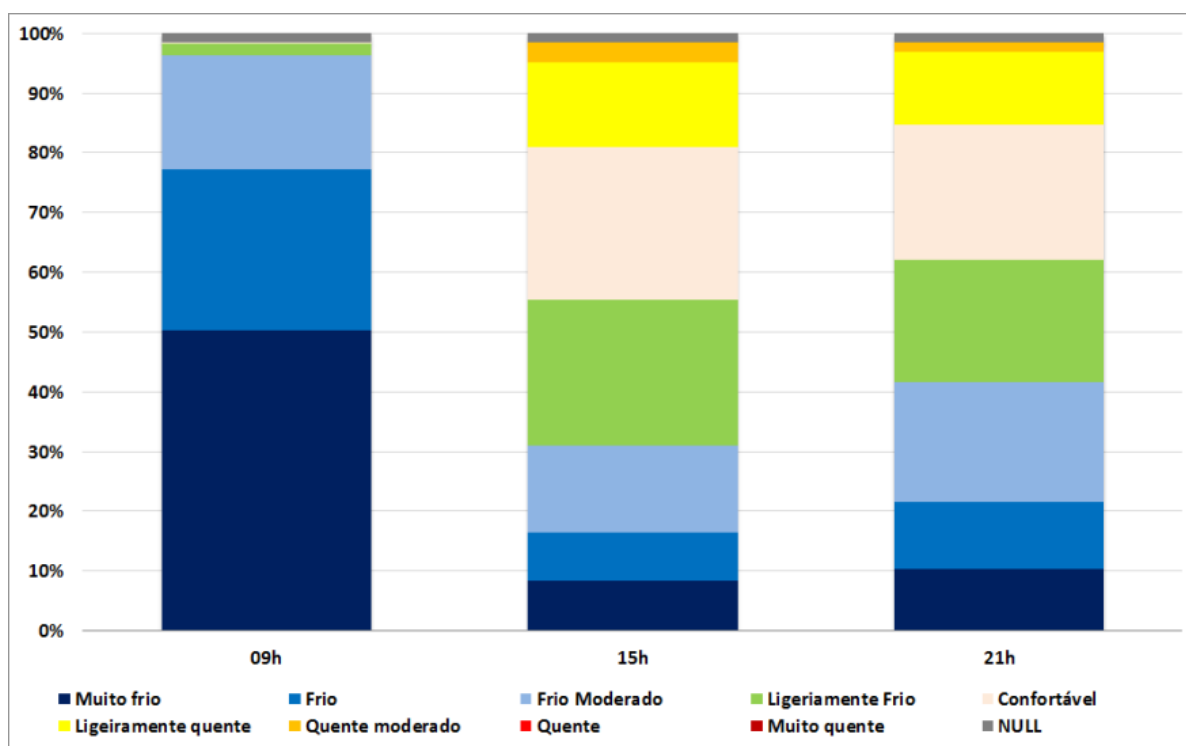
Nos períodos da tarde e da noite prevaleceram as ocorrências de dias “confortáveis”: 25,7% e 22,6% respectivamente. Nestes períodos também foram verificadas situações desconfortáveis ao calor. Ainda que em menor frequência em relação as classes desconfortáveis ao frio, as classes ligeiramente quentes e quentes moderadas representaram 14,2% e 3,3% das tardes e 12,2% e 1,4% das noites.

Figura 43. Gráfico referente às condições de conforto térmico para as 9h, 15h e 21h (2005- 2016) a partir do Índice de temperatura e umidade (THOM, 1959).



Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 600)

Figura 44 – Gráfico referente as condições de conforto térmico para as 9h, 15h, e 21h (2005- 2016) a partir do Índice de temperatura efetiva com vento (MISSENAARD, 1937).



Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 601)

Durante os 11 anos analisados apenas 1 tarde e 1 noite foram classificadas como quentes e em nenhum dia verificou-se a classe “muito quente” o extremo mais desconfortável ao calor desta metodologia.

Em sua pesquisa Gobo (2013, p.40) também observou essa mesma limitação metodológica para o índice de temperatura efetiva com vento. Segundo o autor os melhores resultados foram gerados quando há predominância de vento, pois, em situações contrárias, este índice tende a maximizar o resfriamento pelo vento, gerando um erro no resultado real do conforto térmico observado. Este foi um dos motivos que o levou a utilizar este índice apenas para os meses representativos de outono e inverno, quando há predominância de vento em todas as regiões do estado do Rio Grande do Sul/ Brasil.

O índice de temperatura efetiva/ resultante de Missenard (1948), apesar de considerar em sua equação apenas os dados de temperatura e umidade apresentou resultados mais fidedignos as situações reais em Presidente Prudente, quando comparado ao índice anterior. A grande diferença entre as duas técnicas é que o índice de temperatura efetiva não classificou uma quantidade de dias significativos relacionados aos extremos frios, como a classe “muito frio”, por exemplo.

Diferente da técnica anterior foi contabilizada uma frequência maior de manhãs confortáveis, 10,9%, mas também foi observada uma predominância significativa de manhãs “ligeiramente frias”, 38%; “frio moderado”, 30,2%; “frio”, 13,2% e “muito frio” em 6,1%, que juntas contabilizam 87,5% das ocorrências.

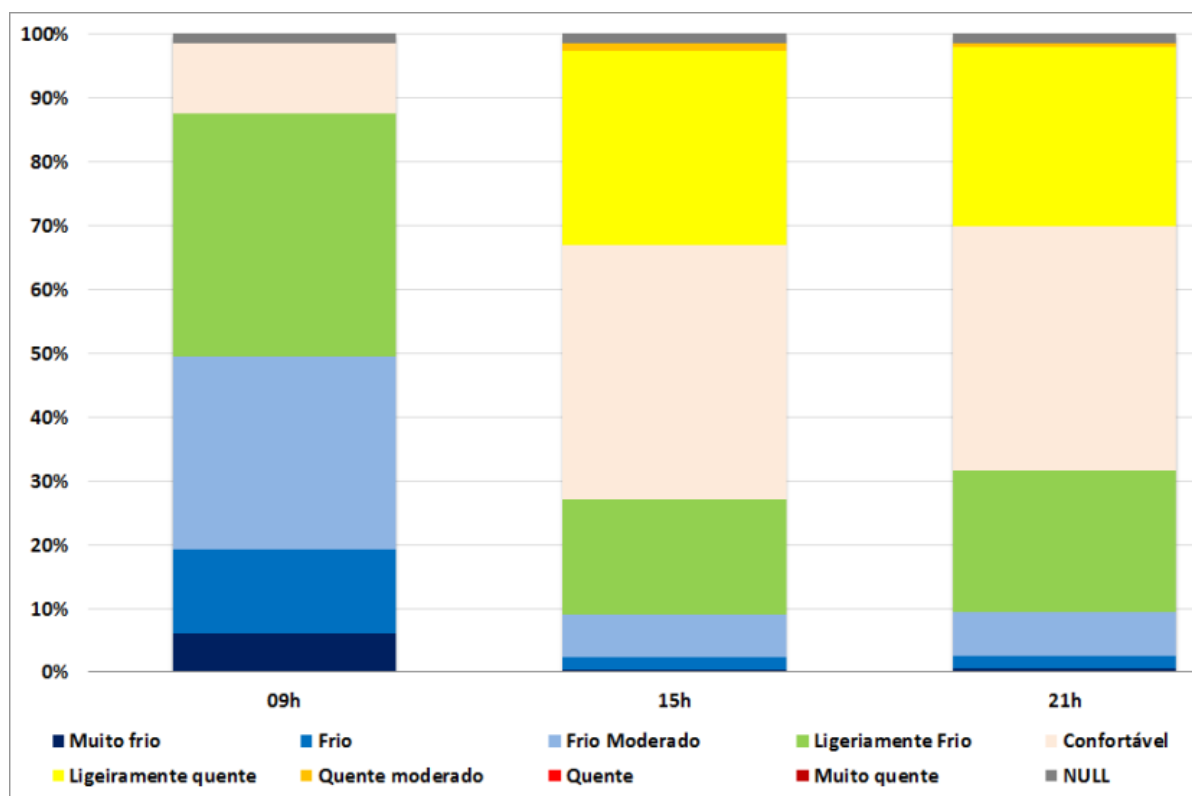
Nos períodos da tarde e noite os resultados foram muito parecidos. De modo geral ocorreu um domínio de situações confortáveis (39,8% e 38,4% para a tarde e noite) e ligeiramente quente (30,4% e 27,9%). Assim como no índice anterior não foram constatados muitos dias com extremo desconforto ao calor. Apenas 56 tardes e 26 noites tiveram os resultados de “quente moderado” e em nenhum período (manhã, tarde e noite) verificou-se situações “quente” e “muito quente”.

O índice de temperatura equivalente percebida (TEP) foi uma das poucas metodologias pensadas exclusivamente para o contexto brasileiro e em especial para a cidade de São Paulo.

A vantagem desta técnica é que ela considera em sua equação os dados de temperatura, umidade e ventos e por esta característica também pode ser definida como uma das mais completas por considerar uma gama maior de variáveis atmosféricas (umidade, temperatura e ventos). A desvantagem nesta metodologia está no

número elevado de classes, 11, que podem de certa forma mascarar e/ou confundirem a leitura dos resultados.

Figura 45 – Gráfico referente as condições de conforto térmico para as 9h, 15h e 21h (2005- 2016) a partir do Índice de temperatura efetiva (MISSENARD, 1948).



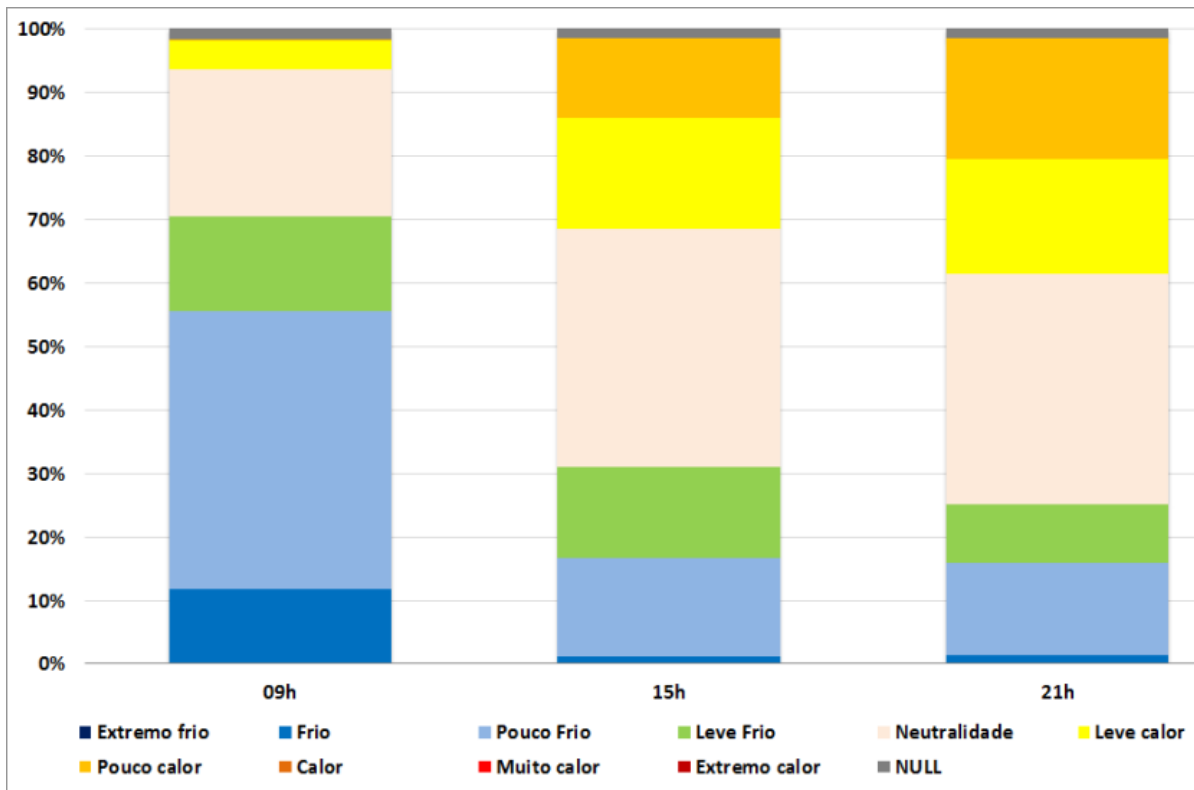
Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 602)

Para esta técnica observa-se que há uma predominância de classes neutras/confortáveis e também de classes próximas: “leve calor” e “leve frio”, “pouco calor” e “pouco frio” e “frio”.

Os extremos de calor e frio não foram constatados para esta análise.

No período da manhã a maioria dos dias foi “pouco frio” (43,6%), seguido pela classe de “neutralidade” (23%); à tarde predominaram as situações “neutras” (37,5%) e “leve calor” com 17,6% dos dias; no período noturno a maior ocorrência também foi de “neutralidade”, 36,2%, e “pouco calor”, 18,9%.

Figura 46 – Gráfico referente as condições de conforto térmico para as 9h, 15h e 21h (2005- 2016) a partir do Índice de temperatura equivalente percebida (MONTEIRO, 2008).



Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 603)

O diagrama de conforto térmico (INMET) foi uma metodologia diferente dos tradicionais índices empregada nesta pesquisa (Figura 47).

Em sua aplicação esta metodologia utiliza os dados de temperatura e umidade e apresentam de forma clara uma faixa considerada “confortável”. Contudo para a identificação de episódios extremos e desconfortáveis esta não é uma metodologia muito eficaz. Os maiores problemas ocorrem quando se tem dados de umidade superiores a 80% e inferiores a 30%.

Para elucidar este problema supõe-se uma situação hipotética em que dois dados apresentam temperaturas completamente diferentes: 5°C e 30°C, mas ambos com umidade superior a 90%. De acordo com o diagrama estas duas situações serão classificadas da mesma forma: “muito úmido”. O mesmo ocorre com os dados com umidade inferiores a 30%, onde são classificados como “muito seco”.

Entende-se que o diagrama classifica, neste caso, o resultado a partir da variável mais expressiva, mas que nem sempre essa classificação é adequada e recomendada para análises de conforto térmico, ou passível de utilização com o objetivo de comparar um conjunto de dados.

Observa-se, portanto, que esta metodologia é limitada apenas para a identificação de situações confortáveis, onde as variáveis temperatura e umidade possuem um maior detalhamento no diagrama (área central do diagrama) sendo, inclusive, subdivididas em outras 2 categorias: “necessita de vento para conforto”, “necessita de sol para conforto”.

De acordo com esta metodologia a série histórica de 2005 a 2016 pode ser classificada principalmente como “muito úmida” no horário das 9h, com aproximadamente 50,9% dos dias, e “confortável” para o período da tarde (66% dos dias) e da noite (56,9% dos dias analisados).

As classes mais extremas: muito quente e muito frio, foram as que tiveram o menor número de dias com as referidas classificações. Para a classificação “Muito quente” observou-se 209 ocorrências divididos nos horários das 15h (109) e 21h (100). A classe “muito fria”, por sua vez, foi contabilizada apenas em 19 dias, durante toda a série, e apenas no período da manhã.

Por fim a última metodologia analisada foram as respostas de predileção dos habitantes de Presidente Prudente e considera apenas os valores de temperatura.

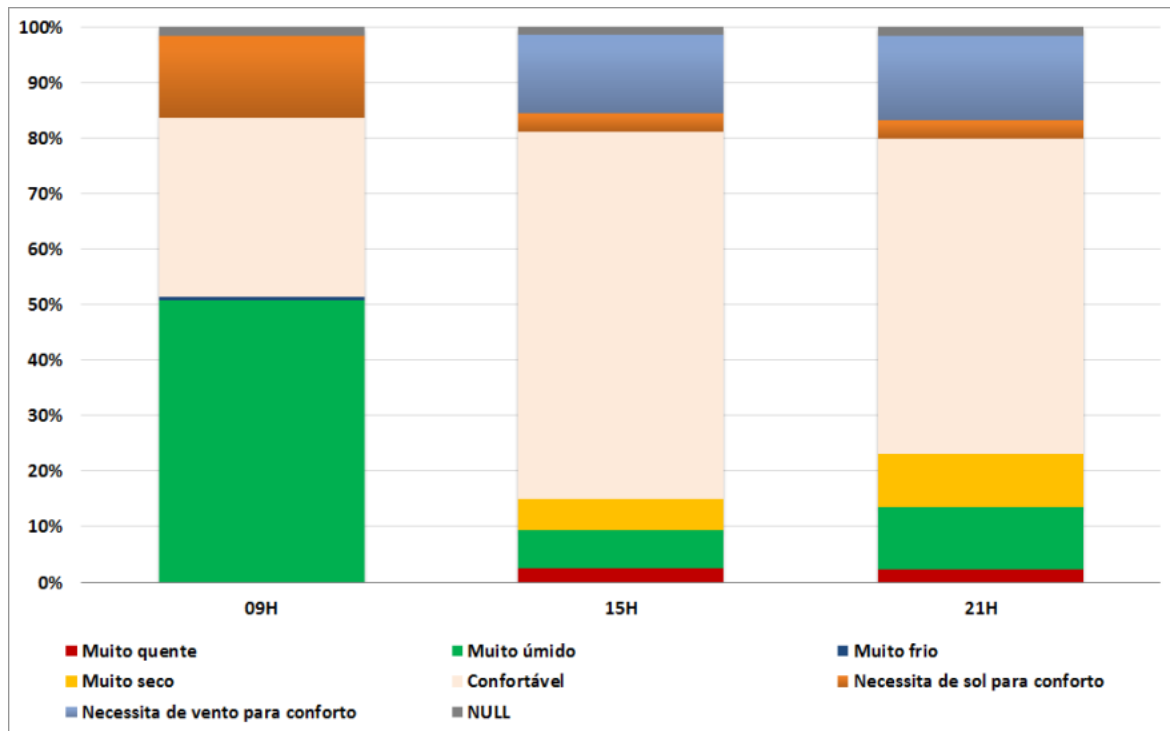
De acordo com os resultados do questionário a população, homens e mulheres, tiveram em média 74,2% das manhãs com situações de conforto térmico e 73,9% das tardes também consideradas agradáveis. O horário com menos situações confortáveis, dentre os demais, foi o das 21h com 70,8%, um valor elevado comparado aos demais índices (Figura 48).

Dentre os testes analisados este foi o que apresentou o maior número de dias com situações consideradas “confortáveis”, nos três horários analisados, principalmente por considerar uma grande amplitude na faixa de conforto, 12°C.

Em relação às diferenças de respostas obtidas entre homens e mulheres observou pouca diferença para os limiares de temperatura desconfortáveis ao calor, mas a diferença de 1,7°C para as temperaturas desconfortáveis ao frio representou uma importante diferença em relação ao número de dias desagradáveis entre os dois sexos.

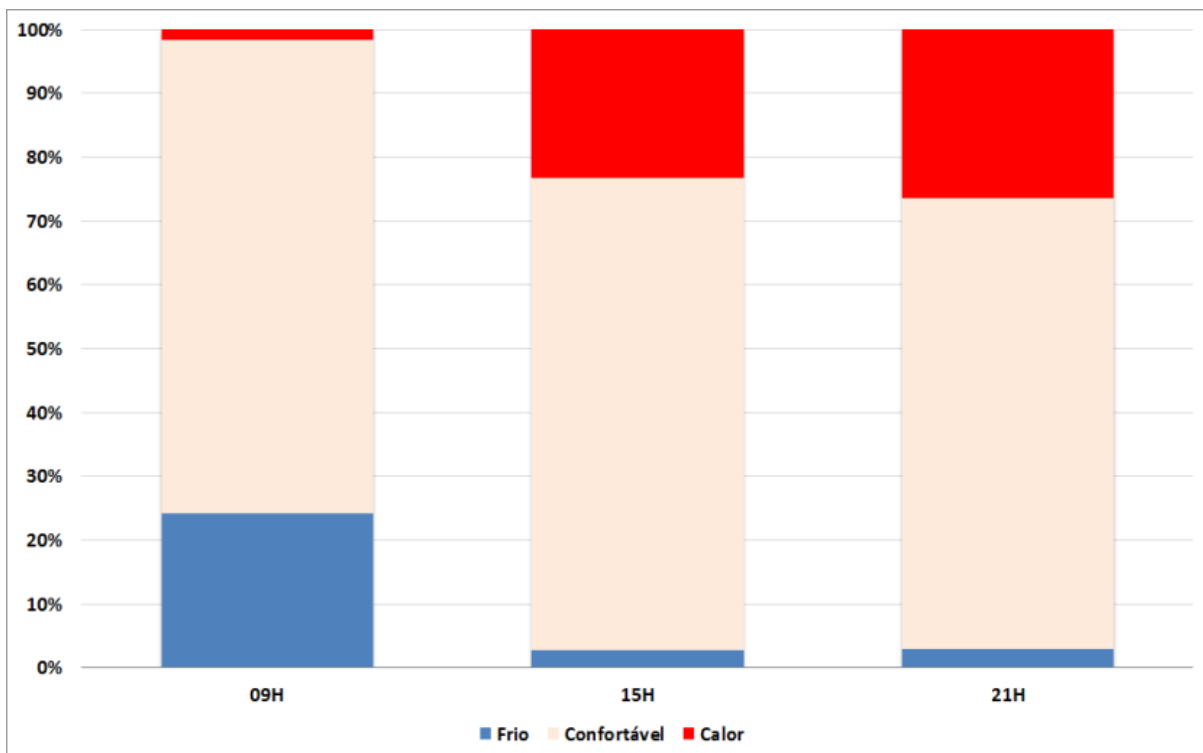
De acordo com esta análise as mulheres sentem, em relação aos homens, mais que o dobro do número de dias desconfortáveis ao frio, principalmente durante as noites com uma diferença de 118,2% (168 dias desconfortáveis ao frio para as mulheres e 77 dias para os homens); seguido pelo horário das 15h com 93,8% (157 dias com situações desconfortáveis ao frio para as mulheres e 81 para homens) e

Figura 47 – Gráfico referente às condições de conforto térmico para as 9h, 15h, e 21h (2005- 2016) a partir do Diagrama de conforto térmico (INMET).



Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 604)

Figura 48 – Gráfico referente às condições de conforto térmico para homens e mulheres as 9h, 15h e 21h (2005- 2016) a partir do resultado do questionário de predileção térmica (PT) para a cidade de Presidente Prudente.



Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 604)



das 9h, com 65,6% (1298 dias com temperaturas desconfortáveis para as mulheres e 784 para os homens).

Tal resultado condiz com o resultado de outras pesquisas sobre o conforto térmico como a Burse (1979) e LeBlanc et. al. (1978) e pode ser explicado pelas próprias condições fisiológicas e estrutura corporal diferente entre homens e mulheres. Burse (1979, p.687) explica que durante situações de frio as mulheres têm geralmente:

less capability for maximum heat production by either exercise or shivering, a more extensively vasoconstricted periphery, lower foot, hand, and mean skin temperatures, greater surface heat losses, especially from the geometrically thinner extremities, increased rates of extremity, but not core, cooling, and relatively greater risk of cold injury.

Nesta análise também ficou evidente o baixo número de dias com temperaturas desconfortáveis ao calor no horário das 9h da manhã e observado principalmente nos horários das 15h e 21h, com 23,3% e 26,4% dos dias avaliados desconfortáveis ao calor respectivamente.

Tal resultado nos leva a pensar sobre os motivos intrínsecos nestas respostas e pensar em hipóteses que podem ser explicadas pela adaptação humana em relação aos ambientes em que habitam ou mesmo uma limitação metodológica. É possível que os habitantes desta cidade realmente estejam acostumados com altas temperaturas e, portanto, criaram mecanismos de adaptação a tais condições devido a sua frequência e permanência ao longo de quase todo o ano. Este argumento também é confirmado pela eleição de temperaturas consideradas elevadas pela bibliografia em biometeorologia humana (acima de 25°C, por exemplo) indicando que os habitantes se sentem melhores e preferem temperaturas mais quentes e estão pouco adaptados a situações de frio;

Os outros dois fatores limitantes deste questionário recaem sobre a opção metodológica:

Foram considerados pelo questionário apenas informações referentes à temperatura e desconsiderado propositalmente informações sobre umidade e ventos. Sabe-se que o conforto térmico humano está atrelado a estes e outros elementos do clima, contudo, observou-se uma dificuldade para encontrar pessoas que tenham conhecimento aprofundado sobre estes elementos. Normalmente as pessoas desconhecem o papel da umidade e dos ventos, mas identificam dias frios ou quentes a

partir das informações que obtém cotidianamente, pela percepção ou senso comum, principalmente sobre as temperaturas: “hoje o dia está quente”, “hoje o dia está frio”. Trata-se, portanto, de uma análise simples, sem grande rigor matemático, e sem considerar equações e outros elementos do clima, mas importante no sentido de possibilitar que os principais sujeitos desta pesquisa sejam ouvidos.

O terceiro e último argumento que pode ser contrário a esta metodologia refere-se ao desconhecimento das pessoas em definir um valor exato aos quais se sentem desconfortáveis ao frio e ao calor. De fato, as pessoas podem não saber exatamente as temperaturas em que se sentem desconfortáveis uma vez que como visto na bibliografia o conforto térmico é dependente de inúmeras variáveis físicas, biológicas e subjetivas individuais e coletivas que compõem essa situação, mas também se deve considerar que esta análise é resultado do voto médio. Foram analisadas as respostas de 300 pessoas, homens e mulheres, de diferentes faixas etárias e perfis socioeconômicos e experiências que juntas compuseram o resultado aqui apresentado. Além disso, no momento da pesquisa, também foi informado à população a temperatura momentânea. Mesmo que as pessoas não tivessem um conhecimento aprimorado sobre os valores de temperatura elas puderam parametrizar suas respostas a partir da sensação no momento da pesquisa.

Por fim buscou-se comparar os resultados obtidos pelas diferentes técnicas. Como as faixas de classificação são diferentes a opção foi comparar o que todas as técnicas têm em comum: os limiares de conforto é possível verificar o número de dias confortáveis de acordo com as diferentes metodologias empregadas para os horários das 9h, 15h e 21 horas (Figura 49, Figura 50, Figura 51).

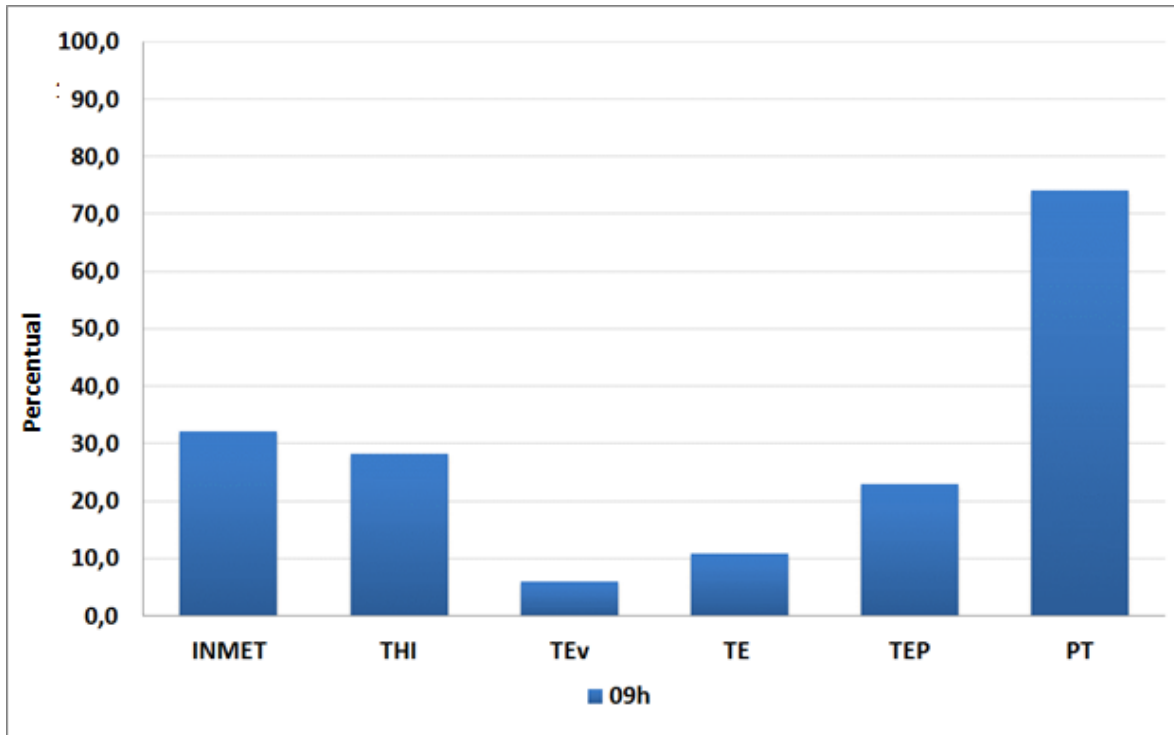
Neste gráfico são apresentados apenas os resultados do “centro da zona de conforto” do Índice de Temperatura e Umidade (THI) – (THOM, 1959), “confortável” do índice de temperatura efetiva com vento (MISSENARD, 1937), “confortável” do índice de temperatura efetiva (MISSENARD, 1948), “neutralidade” do índice de temperatura equivalente percebida (TEP) – (MONTEIRO, 2008), “confortável” do diagrama de conforto térmico (INMET), e “faixa de conforto térmico”, resultado do questionário aplicado à população de Presidente Prudente.

Os resultados apontam que as técnicas do Diagrama de conforto térmico e as Respostas da predileção térmica foram aqueles em que mais se constatou situações confortáveis especialmente nos horários 15h e 21h, contudo, não se podem esquecer algumas limitações apresentadas por essas metodologias, descritas acima.

Para as demais técnicas observa-se que tiveram a frequência de dias confortáveis parecidas especialmente nos períodos da tarde e noite. Para essas quatro técnicas a porcentagem de tardes confortáveis ficou entre 30,9%, com o índice de temperatura efetiva com vento, e 39,8% com o índice de temperatura efetiva; no período da noite os resultados foram ainda mais próximos e ficaram entre 35,4% (índice de temperatura efetiva com vento) a 38,4% (índice de temperatura efetiva e índice de temperatura e umidade).

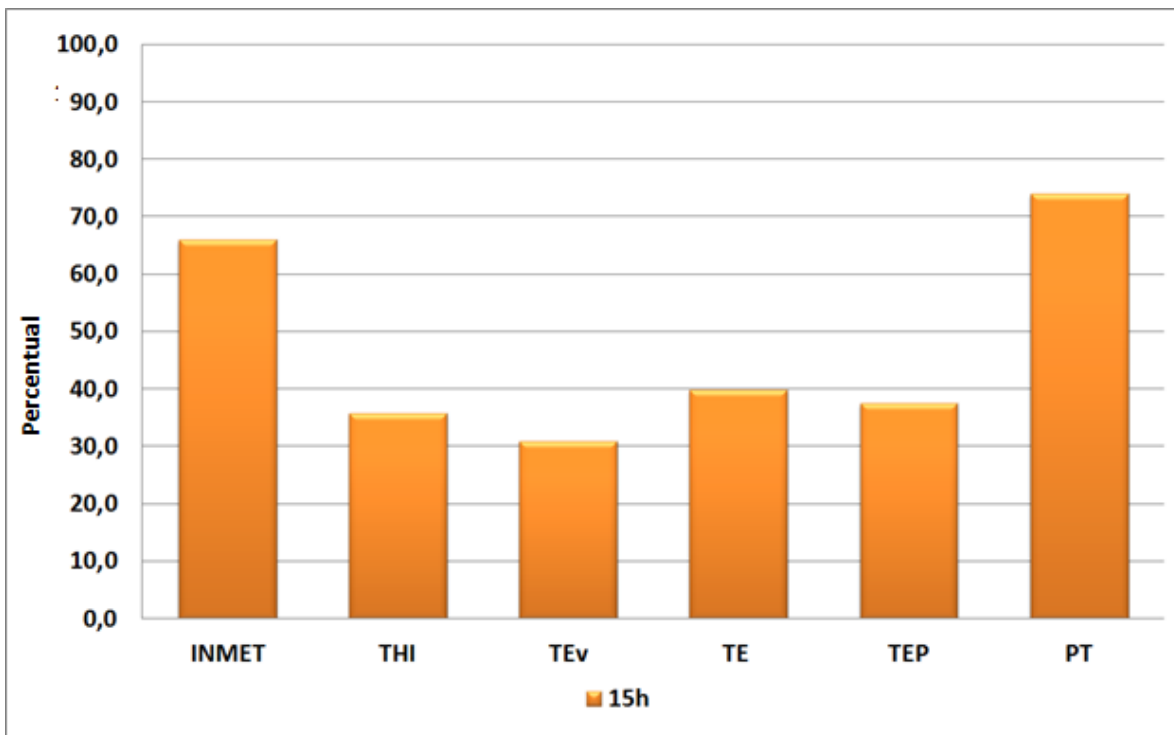
As maiores diferenças na frequência de dias confortáveis, entre as técnicas, ocorreram no período da manhã e este também foi o período do dia com o menor número de situações confortáveis. Algumas técnicas, como a do índice de temperatura efetiva com vento, apresentaram um valor muito baixo de situações confortáveis pela manhã e não ultrapassou 5,9% dos casos. As demais ficaram entre 10,9% (Índice de temperatura efetiva) e 28,2% (Índice de temperatura e umidade). Este resultado é interessante para a análise comparativa entre os índices porque demonstra certa similaridade entre técnicas empregadas quando há um predomínio de temperaturas mais elevadas (período da tarde e noite), mas a grande diferença ocorre no período da manhã quando as temperaturas estão mais amenas e a umidade mais elevada. Também se devem considerar as classes de conforto empregadas. Alguns índices, com mais níveis classificatórios, acabam por confundir e decompõem os resultados dificultando a comparação.

Figura 49 – Porcentagem de dias confortáveis, de acordo com as diferentes metodologias empregadas, nos horários das 9h.



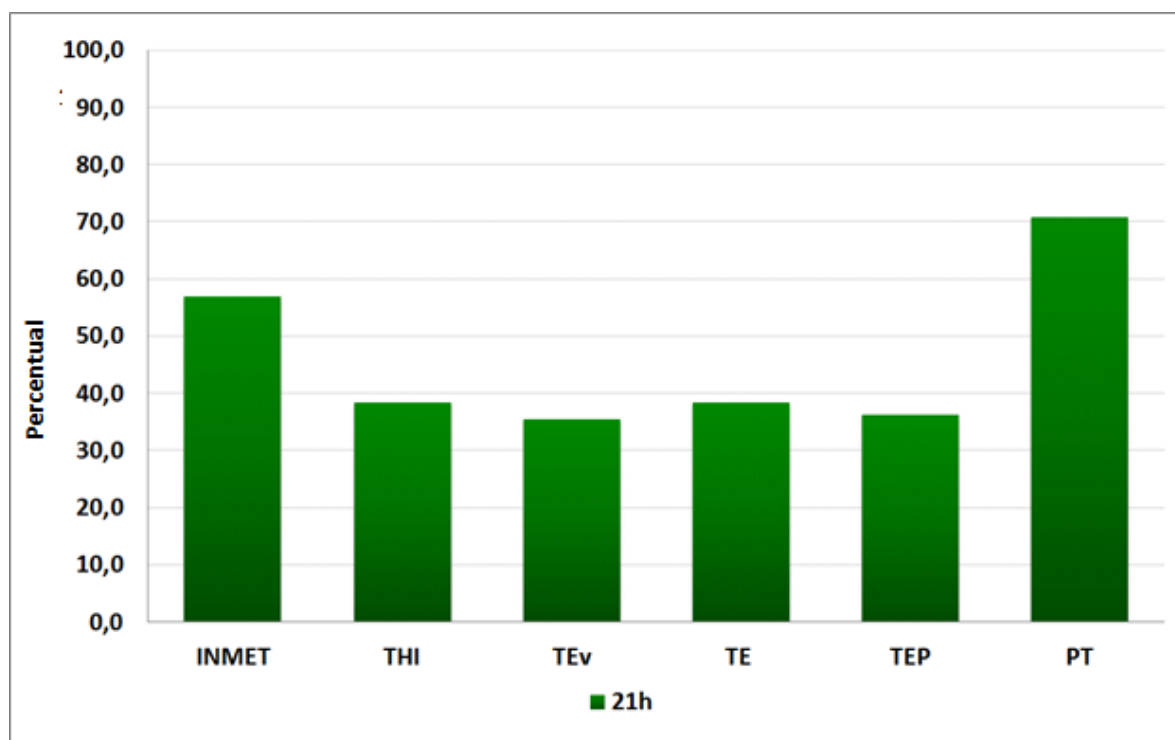
Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 608)

Figura 50 - Porcentagem de dias confortáveis, de acordo com as diferentes metodologias empregadas, nos horários das 15h.



Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 608)

Figura 51 – Percentagem de dias confortáveis, de acordo com as diferentes metodologias empregadas, nos horários das 21h.



Fonte: Fante *et. al.* (2017, p. 608)

## 6.8 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

A partir dos resultados obtidos e conhecimentos adquiridos com este capítulo a intenção foi a de compreender um pouco mais sobre temas específicos ao conforto térmico humano e obter informações primordiais para o desdobramento desta pesquisa.

Os temas abordados neste capítulo: definição e compreensão do conforto térmico humano; funcionamento do organismo humano e mecanismos biológicos de termorregulação; métodos de análise de conforto térmico (índices, diagramas e normativas vigentes); e avaliação comparativa de algumas técnicas e índices; foram importantes para as etapas seguintes e aplicação para análises voltadas a vulnerabilidade às temperaturas extremas e também para compreensão do funcionamento do corpo humano e inferências atmosféricas e, positivamente e/ou negativamente, no funcionamento circulatório e respiratório humano, sujeito desta pesquisa.

A partir da leitura realizada compreende-se como conforto térmico a situação ótima e agradável entre o organismo humano e as condições atmosféricas a ele relacionadas, sem que seja necessário estabelecer qualquer mecanismo de termore-

gulação biológica. Quando as condições de neutralidade são alteradas o organismo humano responde rapidamente a partir de processos internos como a vasoconstrição, vasodilatação, termogênese e sudação visando reestabelecer o equilíbrio ótimo para animais homeotérmicos, em torno de 37°C.

Diversas variáveis podem amenizar ou agravar a relação entre homem-meio e a percepção do conforto térmico e podem ser divididas em humanas – individuais e fisiológicos (metabolismo, as atividades desenvolvidas, sexo, formas do corpo, massa corporal e gordura, hábitos alimentares, idade, estado de saúde, vestuário e aclimatização dos indivíduos), ambientais (temperatura, vento, umidade, radiação) e subjetivas (experiência passada, expectativa, tempo de exposição, necessidades ambientais, estímulos ambientais, controle percebido, preferencias individuais e culturais).

Normalmente as pesquisas de conforto térmico humano são divididas em subjetivas, biofísicas e fisiológicas em detrimento do objeto de estudo e variáveis consideradas. Estas condições são avaliadas a partir de índices de conforto e desconforto térmico que ponderam em suas equações a relação matemática entre dados ambientais e estudos testes realizada com determinados grupos humanos, além, é claro, dos diagramas bioclimáticos.

De acordo com a bibliografia consultada existe uma infinidade de metodologias que buscam compreender diferentes aspectos relacionados ao conforto térmico, como exemplo os limites considerados confortáveis, taxa de sudação, taxa de resfriamento do corpo a partir da velocidade do vento etc.

Nesta pesquisa foram avaliadas e comparadas 6 diferentes metodologias e os resultados demonstraram que para o mesmo contexto, mesmo conjunto de dados, as respostas podem ser muito diferentes, restando ao pesquisador avaliar aquela que melhor corresponde aos seus interesses de pesquisa e indagação. Os resultados apresentaram diferenças importantes na forma em que avaliam o conforto térmico que está atrelado aos dados utilizados e os métodos de classificação.

Em específico aos índices de temperatura e umidade (THI), temperatura efetiva com vento (TEv), temperatura efetiva, índice de temperatura equivalente percebida, diagrama de conforto térmico e o questionário de predileção térmica, utilizados nesta pesquisa, os resultados mostraram-se diferentes entre as técnicas, mas que também confirmam o pouco consenso entre as metodologias utilizadas atualmente em análise bioclimáticas, e definidas, muito mais, pelo objetivo de cada pesquisa.

Durante os anos de 1966 a 2016 verificou-se uma tendência de aumento de dias desconfortáveis ao calor que, de certa forma, acompanha a tendência de elevação das temperaturas de Presidente Prudente (FANTE, 2014, p.118). Os maiores aumentos foram constatados na classe “limite superior da zona de conforto” classe imediatamente próxima da zona de neutralidade, “centro da zona de conforto”. Estes aumentos foram constatados principalmente durante a última década entre 2006 a 2016, quando se conheceu o ápice no número de dias com esta categoria, 1113 dias, em relação as demais décadas.

O índice de Temperatura e umidade (THI) foi um dos utilizados em que mais classificou o conforto térmico em Presidente Prudente como agradáveis. Para esta metodologia existe muitas classes que ao mesmo tempo em que detalha também dificulta a compreensão real. O maior número das manhãs foi classificado com situações dentro do “limite inferior da zona de conforto” e os horários da tarde e noite em situações de “limite superior da zona de conforto”.

Quando se analisa o índice a partir dos valores médios diários verifica-se que as classes consideradas dentro da zona de conforto (Limite inferior da zona de conforto, centro da zona de conforto e limite superior da zona de conforto) foram as que mais expressivas e juntas contabilizam, em média, 90,7% dos dias do ano. Este padrão pode ser verificado em todos os meses do ano, contudo, abril e novembro se destacam entre os demais, com a frequência maior que 55% dos dias ao longo desses meses.

O índice de temperatura efetiva com vento (TEv) foi um dos índices em que apresentou a maior quantidade de dias desconfortáveis ao frio dentre as demais. Foram constatados por esta técnica inclusive situações consideradas de extremo frio (muito frio), fato este inexistente para as demais metodologias. A partir desta equação verifica-se uma tendência em subestimar as condições atmosféricas para situações desconfortáveis ao frio. Foram verificados por essa técnica que em todos os meses do ano, a exceção de janeiro e fevereiro, ao menos 1 dia foi classificado como “muito frio”, inclusive meses de elevadas temperaturas como outubro, novembro e dezembro.

O índice de temperatura efetiva, proposto pelo mesmo pesquisador francês da técnica supracitada, parece ter corrigido na versão mais recente (1948) os problemas metodológicos do índice de temperatura efetiva com vento (TEv)- (MISSE-NARD, 1937). Ainda que seja mais simplória, por considerar apenas os dados de

temperatura e umidade, de acordo com esta análise, não se obteve muitos dias classificados com frio extremo, característica esta condizente com as situações reais da cidade estudada. Para esta metodologia a maior parte das manhãs foram ligeiramente frias e no período da tarde e noite, confortáveis. Em relação aos dados diários a maior frequência dos dias foi contabilizada como “confortáveis” e no período analisado esta condição oscilou de 32%, verificado no ano de 2016, a 45,1% em 2008, especialmente nos meses de outubro a abril.

O índice de temperatura equivalente percebida (TEP), juntamente com o Diagrama de conforto térmico foram algumas das poucas metodologias pensadas e originadas em nível nacional. O Índice de temperatura equivalente percebida (TEP) mostrou-se eficaz para este tipo de análise sem subestimar ou superestimar situações de conforto. Para esta análise os resultados da equação indicaram uma predominância de classes neutras/confortáveis entre outubro e abril e outras próximas, a exemplo pouco frio nos meses de maio a setembro.

O diagrama de conforto térmico definiu a maior parte das manhãs como “muito úmido” enquanto os períodos da tarde e noite foram classificados como “confortável”. Para esta metodologia verifica-se que há problemas com valores extremos de umidade que podem ser classificados na mesma categoria, por exemplo, “muito úmidos”, mas que de fato não representam as condições térmicas, importantes para análises de conforto térmico. Para esta análise em todos os meses do ano a predominância é de condições “confortáveis” que superam 67% dos dias do ano, como verificado em 2016.

Por fim a última técnica obtida a partir do questionário de predileção térmica foi uma tentativa de aproximar o voto da população nas análises de conforto térmico. Para esta análise 74,2% das manhãs, 73,9% das tardes e 70,8% das noites, foram consideradas agradáveis. Esta metodologia apresenta limitações uma vez que considera apenas os votos médios de temperatura, além dos problemas intrínsecos à análises quali-subjetivas. Contudo também apresentou uma distinção importante para discussão do conforto térmico e as diferenças biológicas de sexo, principalmente, neste caso, referentes os desconfortos ao frio, muito mais efetivo e intolerante para as mulheres, com aproximadamente mais que o dobro de situações desconfortáveis quando comparadas aos homens. Vale ressaltar que devido as condições locais, ou seja, cidade localizada em clima com característica tropical e continen-



tal há uma prevalência de climas quentes e que, por esta razão, a predileção térmica a valores mais elevados são maiores quando comparada aos dias de frio.



## **7 OS EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA: FREQUENCIA, MAGNITUDE E PERMANENCIA DAS ONDAS DE CALOR E DE FRIO**

### **7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Os eventos extremos podem ser entendidos como situações em que as manifestações dos elementos atmosféricos ocorrem de modo demasiado e/ou suficientes para desencadear situações de perigo ao homem e as ocupações humanas. Devido a sua magnitude, intensidade do fenômeno, permanência em relação ao número de dias e frequência no espaço temporal podem ser prejudiciais a vida e a saúde humana.

Diversos eventos podem se enquadrar nesta abordagem e, em síntese, são entendidos e classificados a partir da fonte geradora de energia que desencadeiam essas manifestações: geofísicas, hidrológicas, climatológicas, atmosféricas. Tradicionalmente os eventos considerados extremos são aqueles em que ultrapassam os limiares estatísticos definidos como normais/habituais no local em que ocorrem. Organizações importantes como o IPCC, por exemplo, consideram essa definição como fundamento para os seus estudos. No entanto, alguns autores (SANT'ANNA NETO, 2001; ARMOND, 2014; SILVEIRA, 2014) também enfatizam a necessidade de entendimento da conjuntura geográfica em que estes eventos ocorrem: seja do ponto de vista da produção do espaço urbano, que podem intensificar os eventos extremos e gerar desarranjos com valores cada vez mais baixos e, também, das condições socioeconômicas que definirá, em primeira ordem, sobre o grau de vulnerabilidade em que a população atingida está inserida.

Diante deste contexto espera-se esclarecer neste capítulo conceitos fundamentais utilizados nessa tese como: eventos extremos, ondas de calor e frio e que a posteriori serão importantes para a definição dos impactos causados na saúde, relacionando-os com a ocorrência de mal estares subnotificados.

Nesse momento, a ênfase recai sobre o reconhecimento do que vem a ser considerado como extremo térmico na cidade de Presidente Prudente. Além do esclarecimento e embasamento teórico foi realizada neste capítulo, a partir da série de 1961 a 2016, uma análise e descrição estatística sobre a frequência, permanência, magnitude das ondas de calor e frio e também os limiares considerados normais para este local.

## **7.2 OS EVENTOS EXTREMOS NATURAIS E O IMPACTO NA POPULAÇÃO**

Os eventos extremos vêm assumindo nos últimos anos um papel de destaque pelos impactos desencadeados no espaço geográfico. Eles podem ocorrer de diversas maneiras e são subdivididos a partir do elemento precursor: eventos geológicos ou geofísicos (processos erosivos, movimentos de massa e deslizamentos); eventos meteorológicos (raios, ciclones, tornados e vendavais); eventos hidrológicos (enchentes, alagamentos e inundações, deslizamento de massas úmidas); e eventos climatológicos (estiagem e seca, incêndios florestais, chuvas de granizo, geadas e ondas de frio e calor) (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Devido ao seu caráter excepcional (baixa frequência), magnitude, e duração, não existe um consenso sobre o conceito e, portanto, os limiares de intensidades e impactos são definidos a partir do fenômeno e da relação espaço-tempo ocorridos nos locais atingidos. Diversos autores (ALMEIDA, 2012; SILVEIRA, 2014; ARMOND, 2014, BRYANT, 1993) alertam que a capacidade de reconhecer e categorizar um evento extremo dependerá sempre do contexto socioespacial do local em que ocorre. As magnitudes aceitáveis e normais serão diferentes nas zonas latitudinais, por exemplo. Além disso, estão fortemente associadas a capacidade econômica e tecnológica de cada grupo social em se precaver, prevenir, resistir e restaurar. Quanto mais raro ou imprevisível um evento for menor será a capacidade de resposta das populações.

Em específico aos eventos climáticos entende-se que existe uma variabilidade natural, um estado normal bem conhecido e definido estatisticamente a partir das médias e valores absolutos de um período e das normais climatológicas. Um extremo, por sua vez, constitui como uma forma de paroxismo climático que se manifestam como anomalias/desvios que flutuam além deste padrão médio.

Alguns autores e instituições são partidários desta conceituação. O IPCC, por exemplo, assume este embasamento teórico e esclarece que um evento extremo ocorre quando a magnitude de alguma ocorrência excede esses limiares conhecidos. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2001, p. 800) um evento climático extremo “é um evento raro dentro de uma referência estatística de um lugar particular” (ALMEIDA, 2012, p.54).

Fante e Armond (2016, p.147) sobre ondas de frio e enfermidades respiratórias consideram que os eventos extremos, de forma geral:

são considerados como anomalias ou desvios que flutuam em torno de um padrão médio. Constituem-se em fenômenos que se manifestam de forma diferente do seu padrão habitual, sobretudo estatisticamente, ou mesmo acima dos desvios padrões positivos e negativos utilizados para mensurar os elementos climáticos. Pode-se aplicar este pressuposto aos estudos de temperatura, nos quais se utiliza de medidas de tendência central, de frequência e de intensidade para gerar índices de identificação de grandes ondas de calor ou de frio.

Goodin *et al.* (2004, p. 1)<sup>31</sup> *apud* Almeida (2012, p. 53) também utilizaram uma definição semelhante pautada em valores estatísticos. Segundo os autores “os eventos climáticos extremos são, estatisticamente, raros em frequência, magnitude e/ou duração para um único parâmetro ou uma combinação de parâmetros para um determinado ecossistema”.

Molloy, Dreelin & Rose (2008, p. 537)<sup>32</sup> *apud* Almeida (2012, p.54) indicam e conceituam um evento climático extremo como um:

estado de tempo com uma intensidade incomum num determinado local. As condições meteorológicas extremas são percebidas como raras e são geralmente definidas em termos estatísticos com base na probabilidade de ocorrência de um evento.

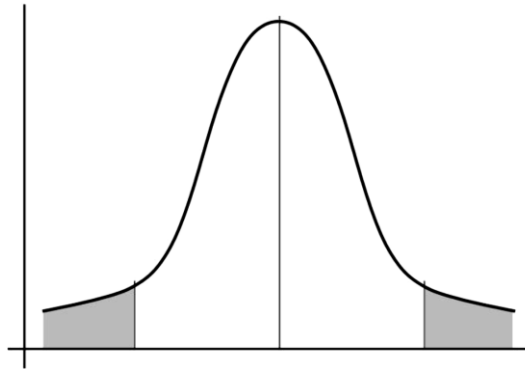
De acordo com esses autores supracitados do ponto de vista estatístico estes eventos extremos localizam-se nos limites de uma distribuição normal e são caracterizados por valores abaixo do percentil 10 ou acima do percentil 90 (ALMEIDA, 2012, p.55) (Figura 52).

---

<sup>31</sup> GOODIN, D.; BRAZEL, T.; FOUNTAIN, A.; HADLEY, J.; JUDAY, G.; KLOEPPEL, B.; ... SMITH, M. Workshop Report: LTER Extreme events working group (XEWG) (pp. 5): Long-term ecological Research (2004).

<sup>32</sup> MOLLOY, S.; DREELIN, E.; & ROSE, J. Extreme weather events and human health. International encyclopedia of public health. Academic Press. 2008, p. 53-544.

Figura 52 – Curva de distribuição normal e ênfase para a hachura dos limites de uma distribuição normal que podem ser associados aos eventos extremos.



Fonte: Almeida (2012, p.55)

De acordo com Smith (1997)<sup>33</sup> *apud* Silveira (2014, p.60 e 61) os eventos climáticos extremos podem ser classificados em algumas ordens de grandeza. Os acidentes comuns são aqueles em que um único elemento atmosférico é o precursor de um desarranjo espacial seja ela temperatura, nevasca, precipitação ou rajada de vento. Os acidentes primários são constituídos pela combinação de elementos, por exemplo, ciclones (chuva e vento), tempestade de neve (vento e neve), entre outros. Depois, têm-se os acidentes menos comuns que podem ser caracterizados por ocorrências de raios, granizos e nevoeiros e, por fim, os acidentes secundários que são aqueles derivados de um elemento atmosférico: deslizamentos, avalanches, enchentes, epidemias, por exemplo.

Neste sentido Stephenson (2008, p.12) também contribui com a definição e diagnóstico desses eventos e realiza uma classificação entre os diferentes tipos e intensidades de impacto. Para Stephenson (2008, p.12, 13 e 14) os eventos climáticos e meteorológicos extremos podem ser distribuídos em:

**Eventos severos:** geram grandes perdas em termos de quantidade de vidas, capital financeiro ou qualidade ambiental (perda de espécies, por exemplo). São associados especialmente com a exposição ao perigo e a vulnerabilidade de um grupo de pessoas, tornando-os cada vez mais grave quanto maior forem as condições desfavoráveis deste grupo.

**Eventos raros:** são aqueles com baixa probabilidade de ocorrência. Devido à raridade destes fenômenos as pessoas normalmente não es-

<sup>33</sup> SMITH, K. Climatic extremes as a hazard to humans. In: THOMPSON, R.D.; THOMPSON, A. P. (ORG). Applied Climatology: principles and practices. London: Routledge, 1997.

tão adaptadas e sofrem grandes danos. Mesmo que seja pouco frequente a vulnerabilidade associada a tais eventos faz com que os grupos sociais geralmente tenham perdas significativas podendo ser considerado, portanto, como um tipo de evento severo (STEPHENSON, 2008, p.12).

**Eventos extremos:** são eventos em que determinadas variáveis meteorológicas excedem os limiares pré-existentes. São geralmente raros e para esta definição os eventos extremos possuem atributos como: taxa, que é a probabilidade por unidade de tempo; magnitude, que refere-se a intensidade do fenômeno; tempo e duração; escala espacial; e dependências multivariadas (STEPHENSON, 2008, p.13). O autor elucida tal explicação com um exemplo ao qual as velocidades extremas do vento ultrapassam o valor de retorno de 100 anos, com uma probabilidade de ocorrência de apenas 0,01 em um ano particular.

**Eventos de alto-impacto:** podem ser definidos por esta classificação tanto os eventos meteorológicos de curta duração como, por exemplo, tempestades severas, como eventos de longa duração como os episódios de bloqueio que acabam por gerar ondas de calor prolongadas e secas.

**Eventos extremos complexos:** São aqueles em que mais de um fenômeno climático é associado. A magnitude de perdas, neste caso, é dependente das variáveis envolvidas, de sua combinação, e também da duração temporal.

**Extremos agudos:** são aqueles que têm uma rápida duração temporal, mas severo. Cita-se como exemplo os ciclones tropicais e extratropicais, baixas polares, tempestades convectivas e neblina, que pode causar grandes transtornos para os meios de transporte como nos aeroportos.

**Extremos crônicos:** são aqueles que dura um longo período ou são marcados pela frequente recorrência. Diferente dos eventos agudos eles podem ser mais difíceis de definir, mas, ao mesmo tempo, oferecem a vantagem de apresentar um maior tempo para a emissão de

avisos e medidas preventivas. Para este grupo classifica-se, por exemplo, as ondas de calor e secas (STEPHENSON, 2008, p.14).

Albala-Bertrand (op.cit. 1993)<sup>34</sup> *apud* Vicente (2004, p.08) também propõe alguns parâmetros para identificação e caracterização dos eventos. Segundo os autores essa caracterização pode ser definida a partir de 7 pontos principais: magnitude, ou seja, a máxima energia liberada por um evento; frequência; taxa de ocorrência média que um determinado evento se manifesta; duração, espaço de tempo em que o evento persiste; extensão da área, área geográfica atingida; velocidade do avanço, tempo entre o surgimento do evento até seu ápice; padrão de dispersão espacial, padrão de distribuição do evento sobre uma área geográfica; e regularidade, período de recorrência entre um evento e outro.

Além dessas definições alguns autores como Armond (2014) e Sant'Anna Neto (2001, 2008) defendem a hipótese que nem sempre um evento extremo deve ser considerado apenas a partir de valores que excedem limiares estatísticos. Monteiro (1991) afirma que as repercussões de episódios que caracterizam os desvios de precipitação ou de temperatura, por exemplo, parecem ser o que une a relação sociedade e natureza na climatologia geográfica.

Neste sentido Sant'Anna Neto (2001, 2008) e Armond (2014) buscam o que há de geográfico no clima e avançam na discussão em que é necessário considerar a produção do espaço geográfico, contraditório e desigual, que em muitos casos é suficiente para desencadear impactos na sociedade a partir de valores cada vez menores. A partir desta concepção defende-se a importância aos dados qualitativos (informações de jornais e dados da defesa civil, e secretaria de obras) utilizados juntamente com os quantitativos (séries históricas) a fim de qualificar uma abordagem mais geográfica sobre os eventos extremos.

Ainda segundo a mesma autora defende-se uma distinção entre os conceitos de “eventos extremos” e “episódios extremos”. Para Armond (2014, p. 77) eventos extremos são aqueles, definidos pela climatologia clássica, que ultrapassam os valores médios habituais meteorológicos, enquanto que os episódios apenas são identificados quando causam desarranjos e impactos na sociedade. Diaz e Murnane (2008, p. XIII) complementa que a capacidade da sociedade em responder de forma

---

<sup>34</sup> ALBALA-BERTRAND, J. M. Political economy of large natural disasters: with a special reference to developing countries. New York: Oxford University Press, 1993, 259 p.



ótima aos eventos dependem de sua habilidade em entender, antecipar, preparar e responder aos extremos.

Segundo Monteiro (1991, p.19)

À medida que se percebem as correlações complexas e uma concepção mais comportamental e complexa do clima é que nos damos conta de como os estados de tempo oscilam, admitem desvios e produzem 'acidentes' que não podem ser considerados excepcionais. Mesmo os mais graves, por vezes catastróficos, se estatisticamente poderiam ser tomados como 'ruído', seu impacto local ou regional e a reação em cadeia que se lhes segue, fazem com que eles não possam ser descartados. E, sobretudo por suas repercussões sócio-econômicas, tanto por injúrias imediatas como pelo efeito de 'desregularização' da produção agrícola, do sistema hidro-energético, da rede de transportes, etc... etc.

Para Brandão (2001)<sup>35</sup> *apud* Silveira (2014, p.60) e Vicente (2004, p. 10) os eventos climáticos extremos são os eventos naturais que mais repercutem nas atividades humanas no Brasil e são os que mais desencadeiam catástrofes naturais no mundo representados especialmente por tempestades (furacões, tornados, tufões, ciclones, etc), enchentes, e outros (incêndios, ondas de calor e frio), sem se esquecer dos processos geofísicos como os terremotos.

Só na América Latina os eventos de origem meteorológica, climatológica e hidrológica respondem por 70% do total dos casos registrados seguido pelos terremotos (geológicos) com o total aproximado de 20% das ocorrências (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

No Brasil estes dados são discrepantes em relação à América Latina e os eventos de cunho climatológico, especialmente a seca e estiagem, representam as maiores porcentagens de ocorrência: 54%, com aproximadamente 50 milhões de pessoas afetadas; seguido pelos desastres de cunho hidrológico com o total de 33% das ocorrências e quase 39 milhões de atingidos; os desastres de origem meteorológica que atingem limiares de 7%; e os de gênese geológica que correspondem a 6% dos incidentes em todo o território nacional. (UFSC-CEPED, 2012<sup>36</sup> *apud* ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015, p.14 e p.22) (Quadro 21).

<sup>35</sup> BRANDÃO, A. M. P. M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

<sup>36</sup> UFSC-CEPED. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de estudos e pesquisas sobre desastres. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. Florianópolis: CEPED UFSC; 2012.

Quadro 21 – Registros de desastres naturais no Brasil, 1991-2010.

Tipos de desastres	Total dos eventos	Afetados	Mortalidade	Morbidade (enfermos e feridos leves e graves)	Diretamente expostos (deslocados, desabrigados, desalojados)
Hidrológicos	10.444	38.836.257	1.567	309.529	4.176.851
Climatológicos	18.450	49.868.081	273	167.582	1.554.450
Meteorológico	2.290	4.120.439	161	4.917	276.847
Geológico/ Geofísico	725	3.544.059	1.403	5.530	173.259
<b>TOTAL</b>	<b>31.909</b>	<b>96.368.836</b>	<b>3.494</b>	<b>487.558</b>	<b>6.181.407</b>

Fonte: UFSC-CEPED (2012). Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010.

O mais alarmante nesta situação é que os agentes sociais, regido pela estrutura socioeconômica e geração de espaços desiguais, em grande parte, tem contribuído para a maior frequência e intensidade dos eventos extremos. Conforme Monteiro e Carvalho (2013, p. 117), para o século XXI, espera-se que haja um aumento na frequência e intensidade dos eventos extremos associados ao calor e um decréscimo nos episódios de frio especialmente em regiões europeias. Esta afirmativa também foi ressaltada na pesquisa de Tebaldi e Meehl (2008), aos quais utilizaram modelos climáticos para a identificação de eventos extremos nos próximos 100 anos. Os autores encontraram fortes e consistentes sinais de mudanças para o aquecimento de temperaturas extremas e intensificação das precipitações particularmente nas altas latitudes do hemisfério norte.

Apesar de não expressar essa preocupação no artigo consultado é evidente que grande parte dos eventos extremos que ocorrem são consequências decorrentes de uma série de fatores relacionados aos agentes sociais e sua condição socioespacial que para suprir as necessidades econômicas e de consumo, modificam as condições naturais, tem suas moradias precarizadas, convivem com desigualdades sociais cada vez mais acentuadas, além do aumento da população e concentração em grandes e médias cidades.

Para o Brasil Rittl (2012) também afirma que são esperados nos anos de 2050 perdas na ordem R\$ 719 bilhões a R\$ 3,6 trilhões de reais relacionados aos setores da agricultura e pecuária, abastecimento, transporte, energia, infraestrutura, turismo e saúde, além das perdas humanas e, deste modo, admitem que os desastres naturais podem se tornar cada vez mais frequentes e/ou mais graves do que já vem ocorrendo.

### 7.3 ONDAS DE CALOR E FRIO: CONSIDERAÇÕES E DEFINIÇÕES

As ondas de calor e frio são alguns dos processos classificados como eventos climáticos extremos e que poderão ser intensificados pelas mudanças climáticas. São caracterizados por períodos em que ocorre uma permanência de dias com temperaturas extremas quentes ou frias capazes de desencadear grandes problemas à saúde humana e animal, agricultura, transportes e abastecimento.

Assim como o conceito de eventos extremos, não existe uma definição muito clara e categórica que represente ondas de calor e frio em todo o mundo e, portanto, os limiares de aceitação entre o que é normal e extremo, a frequência e número de dias com permanência, magnitude e intensidade dos processos são fatores locais que devem ser considerados para a sua definição.

Beltrando (2011, p.211) também enfatiza essa dificuldade em caracterizar uma onda de calor ou frio. Segundo o autor estes episódios que devem ter certa duração podem ser apreciados a partir de limiares absolutos ou relativos:

Il n'existe pas de définition pleinement satisfaisante permettant de caractériser une vague de chaleur ou de froid. Ces épisodes, qui doivent avoir une certaine durée (supérieure à un jour, mais très fluctuante d'une définition à l'autre), peuvent être appréciés à partir de seuils absolus ou relatifs (BELTRANDO, 2011 p. 211).

Contudo, em todos os casos, existe um consenso que estes episódios excepcionais causam *stress* e desconforto aos seres humanos. Para Nogueira *et. al.* (2009, p. 88) as ondas constituem um importante problema de saúde pública a partir do seu potencial de impacto especialmente para populações vulneráveis (idosos, crianças, doentes, enfermos, pessoas com baixa condição socioeconômica, etc.).

Algumas pesquisas retratam que pessoas moradoras das zonas urbanas também podem ser as mais afetadas pelas ondas de frio e calor. De acordo com a pesquisa comparativa, realizada por Gabriel e Endlicher (2011), entre duas cidades da Alemanha com características diferentes, Berlim mais populosa e Brandenburg tipicamente rural e com florestas, foi constatado que distritos em Berlim densamente ocupados e com elevados níveis de desconforto térmico apresentavam proporcionalmente um número maior de mortos em relação à zona rural em episódios de onda de calor. As causas para esta ocorrência foram direcionadas ao aumento das

temperaturas devido às ilhas de calor urbana, alta densidade populacional e vulnerabilidade social.

Para identificar esses eventos extremos é requerido certo cuidado com a metodologia empregada. Segundo Monteiro e Carvalho (2013), Fante e Armond (2014) e Alves *et. al.* (2017) o critério utilizado para identificação representará peculiaridades diferentes: algumas técnicas priorizam um maior tempo de permanência com temperaturas elevadas; outras enfatizam especialmente as temperaturas muito extremas, mas com pouco tempo de permanência; têm-se ainda aquelas que buscam identificar situações desconfortáveis durante dias e noites (máximas e mínimas). A partir dos órgãos internacionais de meteorologia, como a Organização Meteorológica Mundial (**OMM**), têm-se alguns critérios para a definição inequívoca de um episódio térmico excepcional. Para esta organização uma onda de calor ou frio pode ser definida quando existem ao menos 6 dias consecutivos com a temperatura maior que 5°C acima ou abaixo do valor da normal climatológica desse lugar (SILVEIRA, 2014, p. 62; MONTEIRO, 2012, p.235; MONTEIRO E CARVALHO, 2013, p. 119).

Monteiro e Carvalho (2013, p. 125) avaliam esta metodologia como um índice aplicável a situações de “enorme excepcionalidade” uma vez que são observados apenas episódios de longa duração e bastantes intensos.

O **IPCC** também define alguns critérios. Segundo estes pesquisadores o fundamento de excepcionalidade é o da ocorrência de cinco dias consecutivos com temperatura mínima, para as ondas de frio, ou temperatura máxima, para as ondas de calor, menor ou igual a 5°C em relação a temperatura média diária do período de referência (normal climatológica), um dia a menos que a definição instituída pela OMM.

Para esta metodologia Monteiro e Carvalho (2013, p. 125) apontam que “[...] a vantagem deste índice é muito próxima do índice da OMM permitindo a avaliação de eventos longos e de carácter raro”.

Monteiro e Carvalho (2013) e Monteiro (2012) também têm realizado um trabalho importante para o contexto português e europeu. Em suas pesquisas as autoras utilizam, além das mencionadas acima, outras técnicas com diferentes parâmetros para definição de ondas de calor e frio:

**Índice australiano.** Requer ao menos quatro noites com a temperatura mínima inferior ao Percentil 10 da série atual.

**Cold Speel Duration Index (CSDI-OMM).** Demanda ao menos seis dias consecutivos com temperaturas mínimas inferiores ao Percentil 10.

**Índice Diaz.** Define como ondas de calor ao menos dois dias com o percentil superior a 90. Segundo as autoras foi definido para a cidade do Porto/Portugal os limiares: temperatura máxima maior ou igual a 29°C e temperatura mínima maior ou igual a 17°C, para os meses de maio e setembro, primavera-verão no hemisfério norte. De acordo com Monteiro e Carvalho (2013, p. 124) “a utilização deste índice será, portanto vantajosa quando se pretender avaliar eventos extremos de calor de duração muito reduzida e de intensidade bastante acentuada”. Também é possível utilizar este índice acompanhado por outro de mesma autoria intitulado **índice de intensidade** (DIAZ *et. al.*, 2002) que permite a distinção de diferentes ondas de calor pela sua magnitude. Ele também é aplicado a uma sequência mínima de 2 dias considerados como evento extremo, contudo, o resultado é obtido com a diferença entre a temperatura máxima diária e o percentil 95. Se a temperatura máxima for superior ao percentil 95 é possível verificar a intensidade do evento. A escala de intensidade do evento também pode ser definida pelo pesquisador. No trabalho de Monteiro e Carvalho (2013, p. 119), por exemplo, foram definidos 5 níveis elaborados a partir do valor mínimo e máximo obtido pelo índice. Esse índice também foi aplicado no atlas da saúde e da doença desenvolvido por Monteiro em 2012.

**Heat Index.** Este índice pode ser descrito por:

$$HI = -42.379 + (2.04901523 \times T) + (10.14333127 \times R) - (0.22475541 \times T \times R) - (6.83783 \times 10^{-3} \times T^2) - (5.4481717 \times 10^{-2} \times R^2) + (1.22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times R) + (8.5282 \times 10^{-4} \times T \times R^2) - (1.99 \times 10^{-6} \times T^2 \times R^2)$$

Onde T é a temperatura do ar (°C) e R é a umidade relativa (%) (MONTEIRO *et. al.* 2013, p. 157, *apud* ROTHFUSZ, 1990<sup>37</sup>).

Para este índice as autoras consideraram uma classificação em 4 níveis que contempla um maior número de permanência de dias e valores de HI mais amenos até situações mais calamitosas com menos dias de permanência, mas com o valor

<sup>37</sup> Rothfus, L. The heat index “equation”. National Weather Service Technical Attachment (SR 90-23), 1990.

de HI mais elevado. De acordo com o *National Weather Service Weather Forecast Office* (2011) cada nível de perigo também pode desencadear uma série de sintomas físicos e podem ser expressos por (Quadro 22):

Quadro 22. – Heat index e os níveis classificatórios.

Nível	Permanência	Valores de HI	Perigo exposto
Nível I - Cuidado	Ao menos 5 dias consecutivos	Entre 27°C a 31°C	Possível fadiga com exposição prolongada e/ou atividade física.
Nível II – Cuidado extremo	Ao menos 4 dias consecutivos	Entre 32°C a 40°C	Insolação, câimbras musculares e/ou exaustão de calor com possível exposição prolongada e/ou atividade física.
Nível III - Perigo	Ao menos 3 dias consecutivos	Entre 41°C a 53°C	Insolação, exaustão ao calor, acidente vascular cerebral devido a exposição prolongada e/ou atividade física, câimbras musculares.
Nível IV - Extremo perigo	Ao menos 2 dias consecutivos	Maiores ou iguais a 54°C	Acidente vascular cerebral ou insolação

Fonte: MONTEIRO *et. al.* (2013, p.157 e 158) e Monteiro (2012).

Este critério para identificação de ondas também foi utilizado na pesquisa de Monteiro *et. al.* (2013, p.156) em que buscou relacionar ondas de calor e excessos de mortalidade e morbidade. Para esta pesquisa os autores consideraram apenas o nível III.

Seguindo este mesmo critério e classificação em níveis de intensidade as autoras também utilizaram o **Índice de desconforto** (índice de Thom) para definir ondas de calor. Conforme a bibliografia supracitada o índice de Thom pode ser definido por:

$ID = T - 0.55(1 - 0.01UR)(T - 14.5)$ , onde T é a temperatura do termômetro seco (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Para esta aplicação os níveis admitidos foram:

Nível IV = 6 dias consecutivos com temperaturas entre 28°C e 29°C;

Nível V = 5 dias consecutivos com temperaturas entre 30°C e 32°C;

Nível III = 8 dias consecutivos com Temperatura aparente entre 27°C a 38°C;

Nível V = 4 dias consecutivos com Temperatura superior a 32°C

Silveira (2014) e (2016, p. 292) também elaborou uma classificação para a identificação dos episódios extremos de frio e calor no estado do Rio Grande do Sul/Brasil. Baseada na técnica dos quantis os limites de temperatura foram definidos de acordo com as estações do ano e com o tempo de permanência das temperatu-

ras extremas. Eles foram divididos em: evento extremo, superevento, evento alerta e dia alerta:

- A) Evento extremo. Episódios com temperaturas acima do Percentil 90 para as temperaturas máximas (eventos de ondas de calor), ou Percentil 10 para as temperaturas mínimas (ondas de frio). Estes episódios tem a duração mínima de 3 dias.
- B) Superevento. Também pode ser verificado a partir da permanência de 3 dias de temperatura extrema, contudo, ele se destaca pela elevação tanto das máximas quanto das mínimas, para o episódios de calor e, diminuição de ambas as temperaturas para os episódios de frio.
- C) Evento alerta. São episódios em que se deve prestar atenção, pois pode gerar repercussões. Tem duração mínima de 3 dias e as temperaturas se mantem próximas às do limite extremo: Percentil maior ou igual a 85 para as temperaturas máximas e menor ou igual a 15 para as temperaturas mínimas.
- D) Dia alerta. São episódios com duração mínima de um dia e temperaturas similares ao evento alerta. Normalmente antecede, sucede ou une dois ou mais eventos de calor e frio.

Ainda no Rio Grande do Sul, Sartori (2003) definiu ondas de calor como um período de elevação das temperaturas, com duração de 3 a 7 dias, e os limiares para identificação da onda variam com a altitude dos locais. Para a autora nas baixas e médias altitudes as temperaturas máximas e mínimas devem ser superiores a 33°C e 22°C, respectivamente, e nas áreas de serra e de maior altitude os limiares considerados são 30°C para as temperaturas máximas e 19°C para as mínimas.

Em outros locais também localizados na zona subtropical como Xangai, na China, Tan *et. al.* (2010, p. 77) definiu as ondas de calor como o período mínimo de 3 dias consecutivos quentes. Nesse país a administração meteorológica definiu um limiar comum e os dias quentes são aqueles em que as temperaturas máximas ultrapassam 35°C. Também é comum um sistema de alerta à população quando esses eventos extremos são registrados, importantes para a prevenção e antecipação da população local.

Na Austrália Perkins-Kirkpatrick *et. al.* (2016, p. 103) afirmam que normalmente os estudos de ondas de calor também consideram os limites identificados pelo percentil, no periodo mínimo de 3 dias, contudo, o *Australian Bureau of Meteorology*

um dos órgãos competentes sobre o assunto desenvolveram uma nova metodologia para identificação para extremos de temperatura intitulado “*Excess Heat Factor*” que, em suma, considera os valores de temperatura em um período de 3 dias em relação ao que era esperado para este determinado mês, e também ao Percentil 95. Em complemento a esta análise também foi desenvolvido um quadro multicaracterístico em que é possível classificar cinco métricas de intensidade, frequência e duração da onda de calor, possibilitando uma análise mais consistente dos eventos extremos e informações úteis a comunidade.

Em Berlin e Brandenburg, Gabriel e Endlicher (2011) observaram a mortalidade durante ondas de calor. Nesta pesquisa os autores consideraram 3 métodos diferentes para descrever as condições térmicas e identificar os períodos quentes de cada ano:

- A) Cálculo do percentil 95 para as temperaturas máximas e mínimas;
- B) Análise comparativa entre mortalidade e ondas de calor. Para esta metodologia foram considerados os resultados da linha de regressão entre temperatura e mortalidade. O ponto mais baixo e mais alto da linha de regressão classificado como a faixa “aceitável”. Valores acima do ponto máximo foram considerados como “estress ao calor”;
- C) Método da temperatura percebida (PT). Foi classificado como “quentes” os resultados superiores a 32°C da temperatura percebida. Dias em que esse valor também excedeu durante as 9h, 12h e 15h também foram definidos como “stress ao calor”. Para a noite o limite aceitável, das 00h e 03h, foi de 20°C (PT).

Gershunov e Douville (2008) também analisaram os extremos quentes, mas sob outro viés analítico. Os pesquisadores, por meio de modelos climáticos, buscaram estimar projeções para a Europa e América do Norte até o ano de 2100. Como ponto de partida definiram como ondas de calor as situações em que as temperaturas superaram em 10% a média climática local dos anos de 1950 a 1999, para os meses representativos de verão (junho, julho e agosto, no hemisfério norte).

Também focando no estudo de projeções climáticas extremas Tebaldi e Meehl (2008, p. 101) buscaram uma metodologia diferente. Ao invés de parametrizar sua definição com base em definições estatísticas os autores partiram de dois episódios extremos com grandes impactos negativos na saúde humana, economia e ambiente ocorridos em Chicago em 1995 e Paris em 2003. Tomaram como parâme-



tros duas pesquisas anteriores: a primeira realizadas por Karl e Knight (1997)<sup>38</sup> que definiram as ondas com o tempo de permanência mínima de 3 dias consecutivos em termos de temperatura mínima média e, a segunda, elaborada por Huth *et. al.* (2000)<sup>39</sup> onde obtiveram os limiares específicos para a localização: percentil 81,5 a 97,5, para as temperaturas máximas. Desta forma, os autores definiram uma onda de calor como o período mais longo de dias consecutivos que satisfazem 3 condições: todos os dias a temperatura máxima deve estar acima do limiar inferior (> Percentil 81,5); pelo menos três dias com uma temperatura máxima acima do limite mais alto (> Percentil 97,5); a temperatura média das máximas, de todo o período da onda, deve ser superior ao limite mais alto (> Percentil 97,5).

No Porto, Monteiro (2012) definiu como onda de calor os eventos com 6 dias consecutivos com temperatura máxima superior a 24°C nos meses representativos de primavera-verão, maio a setembro. Este valor foi estimado a partir do período de referência de 1901-2007. Em relação as ondas de frio, também chamadas de vagas de frio o limiar utilizado foi: 6 dias consecutivos com temperatura mínima diária inferior a 5°C, entre os meses de dezembro a fevereiro.

Ainda segundo a mesma autora outro índice foi aplicado para esse contexto. O índice desenvolvido a partir do **Projeto Ondas** considera como ondas de frio ao menos 7 dias consecutivos com temperaturas mínimas inferiores ou iguais ao percentil 30 nos meses de novembro a março. Para esta metodologia são considerados eventos com longa duração e temperaturas mais amenas.

Ainda para as temperaturas extremas frias pode-se citar alguns outros índices utilizados por Monteiro e Carvalho (2013, p. 120):

**Índice Díaz.** Considera a existência de pelo menos 2 dias consecutivos com temperatura máxima e mínima inferiores ao percentil 20 ou percentil 10 (para climas atlânticos) no período de frio, novembro a março (MONTEIRO E CARVALHO, 2013, p. 120 *apud* LÓPEZ DIAZ, 2004<sup>40</sup>; DÍAZ *et al.*, 2002):

---

<sup>38</sup> KARL, T. R.; KNIGHT, R. W. The 1995 Chicago heat wave: how likely is a recurrence? Bulletin of the American Meteorological Society, 78 (6), p. 1107-1119, 1997.

<sup>39</sup> HUTH, R.; KYSELY, J.; POKORNA, L. A GCM simulation of heat, dry spells and their relationships to circulation. Climate Change, 46, p. 29-60, 2000.

<sup>40</sup> LÓPEZ DIAZ, J. A. Análisis de tendencias em olas de calor a partir de series largas de temperature. In: El clima entre el mar y la montaña. Santander, España: Asociación Española de Climatología, 2004, p.347-354.

**Índice da Organização Meteorológica Mundial (OMM).** Admite ao menos 6 dias consecutivos com temperaturas mínimas inferiores a 5°C em relação a temperatura média diária do período de referência.

**Índice de duração das ondas de frio – *Cold Spell Duration Index (CSDI-OMM)*.** Considera ao menos 6 dias consecutivos com temperatura mínima inferior ao Percentil 10 da série anual (janeiro a dezembro).

**Índice Australiano de duração da onda de frio (*Australian meteorological*).** É representado por, no mínimo, 4 noites consecutivas com temperatura mínima inferior ou igual ao Percentil 10, nos meses de inverno (novembro a março no hemisfério norte).

Almeida (2012, p.56), outro pesquisador português, citando Molloy *et. al.* (2008, p. 538)<sup>41</sup>, entende como um episódio de calor extremo quando as temperaturas diurnas e noturnas, as máximas e mínimas, excedem as temperaturas consideradas normais numa localização específica. Esses episódios podem ser definidos quando “[...]ultrapassam o percentil de uma normal climatológica ou excedem o percentil 99 para as temperaturas mínimas de verão”.

Na França, Beltrando (2011, p. 212) definiu como uma onda de frio um conjunto de dias consecutivos, ao menos dois, em que as temperaturas mínimas são iguais ou inferiores a valor predefinido. O autor utiliza para a França o limiar de -2°C a -4°C proposto por Besleaga (1991).

Stephenson (2008, p. 15), por sua vez, refletindo para o contexto norte-americano entende como extremo frio a sucessão de dias com temperaturas mínimas inferiores a 0°C.

Firpo, Sansigolo e Assis (2012) ao analisar as ondas de frio e calor no sul do Brasil, associado aos eventos de ENOS, definiu como onda o período de cinco dias ou mais de anomalias. Essas anomalias são expressas a partir do cálculo de subtração do valor observado pelo valor médio da série tanto para as temperaturas máximas e mínimas. Ainda, para fins de cálculo, as ondas que iniciaram e finalizaram em meses diferentes foram contadas separadas, uma para cada mês analisado.

Outra metodologia também aplicada para o sul do país foi desenvolvida pelos pesquisadores Alves, Silveira e Franke (2016) e Silveira *et. al.* (2016) da Universida-

---

<sup>41</sup> MOLLOY, S.; DREELIN, E. ROSE, J. Extreme weather events and human health. International encyclopedia of public health. Academic Press, p. 53-544. 2008.

de Federal de Santa Catarina. Os autores consideraram como onda de frio quando um determinado evento apresentou a temperatura média diária do ar inferior a, pelo menos, duas vezes o desvio padrão da média da série durante dois dias consecutivos ou mais. Essa metodologia foi baseada nas formulações de Vavrus *et. al.* (2006)<sup>42</sup>.

Pezza (2003) para a cidade de São Paulo considerou uma outra metodologia diferente das habituais. O autor considerou como evento extremo de frio quando há a temperatura mínima atingisse 2,5°C, ou, acima desse valor quando houvesse a ocorrência de geadas.

Para a região do sul de Minas Gerais Reboita, Escobar e Lopes (2015, p. 76 e 77), embasados na pesquisa de Nairn e Fawcett (2013)<sup>43</sup>, definiram o período de, ao menos, dois dias com a temperatura média diária abaixo do percentil 5%, calculado para o período de maio a setembro (15°C). Nesse estudo os autores fizeram uma adaptação da metodologia original que sugeria a permanência mínima de 3 dias para uma onda de frio. Segundo os autores a temperatura média diária foi definida por:  $TM = (TMAX + TMIN)/2$ .

Uma vez apresentados esses índices observa-se que a finalidade da maioria dos índices é contabilizar o número e frequência das ocorrências de ondas de frio e calor definidos estatisticamente a partir de valores de referência. Contudo outros autores, como Almeida (2012, p.34), acreditam que o dado por si só é insuficiente para representar o impacto no local estudado e nas vidas humanas. O autor realiza uma reflexão sobre esses índices, da qual se compartilha da sua preocupação, em que se acredita que um índice para ser efetivo, eficaz, deve incorporar, além dos valores médios representativos das características locais, as características da sua população e, neste contexto, identificar os grupos mais vulneráveis e patologias agravadas por esses eventos. Compreender qual a melhor metodologia para definir os impactos do clima e das temperaturas na saúde da população seja pelo viés dos índices de conforto e de ondas ou pelo caminho inverso, aos quais os próprios dados de interação e mortalidade auxiliarão na identificação de tipos de tempo que influenciam de modo negativo em determinadas patologias e grupos sociais.

---

<sup>42</sup> VAVRUS, S.; WALSH, J.E.; CHAPMAN, W.L.; PORTIS, D. The behavior of extreme cold air outbreaks under greenhouse warming. **International Journal of Climatology**, n. 26, p. 1133–1147, 2006.

<sup>43</sup> NAIRN, J.; FAWCETT, R. Defining heatwaves: heatwave defined as a heat impact event servicing all community and business sectors in Australia. CAWCR Technical Report n°. 060, 2013.

### 7.3.1 Gênese e sistemas atmosféricos causadores e agravantes das ondas de calor e ondas de frio

Alguns estudos como os realizados por Gershunov e Douville (2008, p.75) buscaram identificar a gênese e sistemas atmosféricos que atuam e agravam os episódios de ondas de calor.

Segundo os autores supracitados normalmente as anomalias associadas ao calor são oriundas da atuação de anticiclones de bloqueio que persistem por um determinado período. De certo modo são caracterizados pela falta de chuva e condições prévias de solo e atmosfera seca. Fato importante é que a magnitude, duração e extensão espacial são características que contribuem para a gravidade de seus impactos.

Na Austrália esse fenômeno é o mais mortal entre os *hazards* naturais e representam 55% de todas as mortes causadas por catástrofes naturais. Geram um gasto público de aproximadamente US\$ 6,2 bilhões de dólares por ano (PERKINS-KIRKPATRICK *et. al.* 2016, p.102) e, por sua significância, alguns estudos mais detalhados indicam os mecanismos físico-atmosféricos que atuam nessa região do planeta. Para esses autores existe uma série de processos de diferentes escalas temporais e espaciais que interagem e contribuem para a formação das ondas de calor. Normalmente quando mais de um processo ocorre simultaneamente o evento extremo tende a ter maior repercussão, magnitude, duração e abrangência espacial.

Na Figura 53, os autores sugerem um esquema com os principais processos que intensificam os fenômenos de ondas de calor e seu período de duração (longo, médio e curto prazo). São eles: os processos climáticos de larga escala como o ENOS; respostas do uso do solo como períodos de secas prévios ao evento de ondas de calor; sistemas anticiclônicos de alta pressão; situações sinóticas como os bloqueios e rupturas das ondas de Rossby; ampliação das situações negativas pelo uso do solo local. Nessa figura os autores também apresentam uma gradação de cores que indicam a gravidade de uma onda de calor (quanto mais vermelho mais severo) e espessura das setas que sugerem o comprimento temporal dos mecanismos.

Segundo Perkins-Kirpatrick *et. al.* (2016, p.103) vários estudos avaliaram a relação entre os eventos e teleconexões de larga escala, contudo, na Austrália, o sistema meteorológico mais importante para as ondas de calor são os anticiclones per-

sistentes e também associados as ondas de Rossby de escala planetária. De acordo com os autores o sistema de alta pressão anticiclônica traz o ar quente do interior do continente para as áreas afetadas e mantém essas condições durante alguns dias.

Na França, Beltrando (2011, p.214) também observou que as situações com anticiclones estáveis e persistentes são a origem das ondas de calor. Esses eventos são frequentemente associados ao *déficit* de água na atmosfera e as fortes taxas de poluição atmosférica. Esse pesquisador também ressalta, além da questão da dinâmica atmosférica, que as ondas de calor são, sobretudo, um problema das aglomerações urbanas que intensificam e agravam esse fenômeno devido a mal ventilação nos sítios urbanos, quarteirões centrais confinados em grandes barreiras de imóveis que se tornam são mais perigosos para as populações do que nos subúrbios, mais arejados, com espaço verde de tamanho suficiente para manter um clima relativamente fresco (BELTRANDO, 2011, p.218).

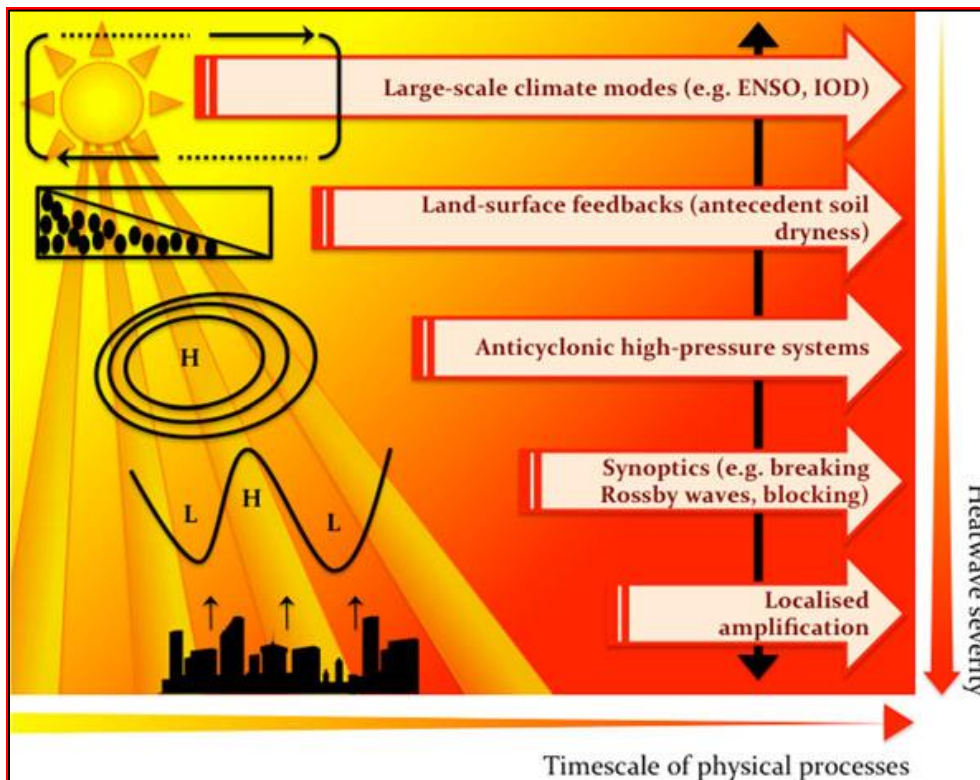
Ainda segundo o mesmo autor e também de acordo com pesquisadores chineses Tan, Kalkasteine e Li (2010, p.76) as construções, a impermeabilização do solo e a interferência da poluição atmosférica originam uma perturbação nas temperaturas também conhecidas como ilha de calor urbano. Esse processo, somado aos fenômenos de escalas espaciais superiores pode gerar e intensificar a magnitude e duração uma onda de calor. Deste modo, o meio urbano é mais prejudicial para o homem que o meio rural.

No Rio Grande do Sul Silveira (2014, p.91), citando Machado (1950)<sup>44</sup> e Sartori (2003), relembra o papel da continentalidade que provoca o superaquecimento da massa de ar, além dos sistemas que podem implementar as altas temperaturas como a Massa Polar Atlântica, Massa Tropical Continentalizada ou Massa Tropical Continental. Firpo, Sangigolo e Assis (2012, p.103) complementam os eventos de teleconexão como o El Niño são suficientemente capazes de aumentar a frequência e intensidade das ondas de calor.

---

<sup>44</sup> MACHADO, F. P. Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: ed.IBGE, 1950

Figura 53 – Ondas de calor e processos físicos que contribuem para sua gênese e permanência.



Fonte: Perkins-Kirkpatrick *et. al.* (2016, p.104).

Em específico aos episódios de frio os mesmos autores também indicam que os casos de La Niña podem agravar as ondas de frio. De acordo com sua pesquisa os eventos de ondas de frio concentram-se principalmente nos meses mais frios do ano (junho, julho e agosto) enquanto que as ondas de calor foram verificadas em todos os meses com uma diminuição durante o mês de julho (FIRPO, SANGIGOLO E ASSIS, 2012, p. 105). Alguns autores observam que a repercussão das ondas de frio tem diminuído desde final do século XIX (SILVEIRA, 2014, p.64, *apud* MARENGO, 2001<sup>45</sup>) e isso se deve a elevação das temperaturas durante o inverno. Para Beltrando (2011 p. 214) as ondas de frio podem ter consequências prejudiciais quando ocorrem na primavera especialmente para as situações agrícolas uma vez que estas condições “atrasam” a retomada da atividade vegetal após o período de inverno.

Para o mesmo autor (BELTRANDO, 2011, p.212), no contexto de regiões temperadas, França, as ondas de frio podem ser caracterizadas em três etapas: a primeira corresponde a chegada de uma massa de ar que substitui a preexistente

<sup>45</sup> MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. Revista Brasileira de Meteorologia, v.16, 2001. p. 1 - 18

diminuindo rapidamente as temperaturas; em seguida inicia-se uma etapa “radiativa”, ou seja, as temperaturas podem continuar a baixar caso existam condições meteorológicas específicas que propiciem essa diminuição (céu claro, sem nuvens, e vento fraco ou nulo); e, por fim, uma nova fase advectiva ocorre. Ela corresponde ao retorno das baixas pressões e ao aumento gradativo das temperaturas marcando o fim do episódio frio.

Conforme Mendonça e Romero (2012, p. 187) o padrão atmosférico relacionado às ondas de frio também incluem pressões atmosféricas altas, temperaturas mais baixas que o habitual, céu claro e redução de precipitações em estado líquido. Silveira (2014, p. 91) *apud* Costa *et. al.* (2006)<sup>46</sup> complementam que ocorre uma baixa na umidade relativa e ventos com direção predominante na direção sul, sudoeste e oeste.

No Brasil os principais e mais antigos estudos sobre ondas de frio foram realizados sob o enfoque meteorológico. Por longo tempo foram identificadas e caracterizadas a partir da formação de geadas e, principalmente, com o registro e descrição dos danos nas atividades agrícolas e produção de café do estado de São Paulo e Paraná, um dos motores econômicos brasileiros no século XX. Nesse contexto os trabalhos de Marengo *et. al.* (1997); Pezza (2003); e Bernardes (1982) e Lacativa (1983) devem ser referenciados. Atualmente esse pressuposto foi refutado e nem sempre as geadas são sinônimos de ondas de frio e utilizadas para sua identificação, mesmo que comprovadamente exista forte correspondência entre geadas e nevascas com ondas de frio. Silveira, Alves, Franke e Mendonça (2006, p. 2316), por exemplo, confirmou que as ondas de frio em São Joaquim, um dos locais mais frios no Brasil, foram responsáveis por apenas por 36% das ocorrências de neve no total de 30 anos analisados. Contudo, muitos registros históricos sobre os episódios de frio advêm dessas descrições e com isso a sua importância na análise das ondas de frio.

Pezza (2003) e Pezza e Abrizzi (2005) esclarecem a gênese atmosférica e propagação das ondas de frio na região sul e sudeste do Brasil e em outros países vizinhos como a Argentina. Pezza (2003), por exemplo, identificou que existe um

---

<sup>46</sup> COSTA, E. R. da; SARTORI, M. G. B; WOLLMANN, C. A.; FANTINI, V.; RUOSO, D. Gênese e frequência dos episódios de ondas de frio na região de Santa Maria-RS, entre os meses de abril a outubro. In: VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2006, Rondonópolis. Anais...Rondonópolis: Laboratório de Climatologia, UFMT, 2006.

padrão sinótico com trajetória e características relacionadas a propagação do ar frio até chegar ao estado de São Paulo. Segundo o autor *o deslocamento das massas polares obedece a um padrão em baixos e altos níveis, que pode ser identificado com mais de 10 dias de antecedência*. Para Pezza e Ambrizzi (2005, p. 141) os anticiclones formados em latitudes médias no oceano Pacífico Leste, cruzam a Cordilheira dos Andes entre 35° e 50°S, deslocam-se para o Atlântico entre 23° e 35°S até se integrar ao Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Os sistemas polares avançam preferencialmente a leste da Cordilheira dos Andes e a existência de um cavado de altos níveis localizado na região da Argentina, próxima a Patagônia, potencializa o transporte de ar frio para latitudes mais baixas. Ainda de acordo com Pezza (2003), a temperatura da superfície do mar do Pacífico e do Atlântico influencia nas temperaturas médias inverniais e na ocorrência de geadas que são frequentes mesmo em anos de El Niño. Mendonça e Romero (2012, p. 187) também complementam que a maior magnitude e alcance espacial ocorrem a partir de uma interrelação de fatores como *Fase Positiva da Oscilação Sul, com Fenômeno La Niña, Fase Fria da Oscilação Decadal do Pacífico, Fase Positiva da Oscilação Antártica e Fase Negativa da Oscilação do Atlântico Norte (NAO)*.

Na Figura 54, Pezza e Ambrizzi (2005, p. 155) apresentam um esquema ilustrativo referente aos principais padrões físicos da gênese e transporte de ar frio na América do Sul. Esta imagem foi gerada a partir de um esquema automático que permite traçar as trajetórias dos ciclones e anticiclones extratropicais e ondas de frio com temperaturas mínimas abaixo de 1°C. As áreas com cores mais fortes e setas mais grossas indicam regiões com maiores participações do anticiclone, em azul, e do ciclone, em vermelho; as setas tracejadas apontam rotas recorrentes; e, por fim, a linha de frente fria representa o deslocamento mais distante das massas polares constatados a partir de trabalhos anteriores também conhecidos como o fenômeno da friagem.

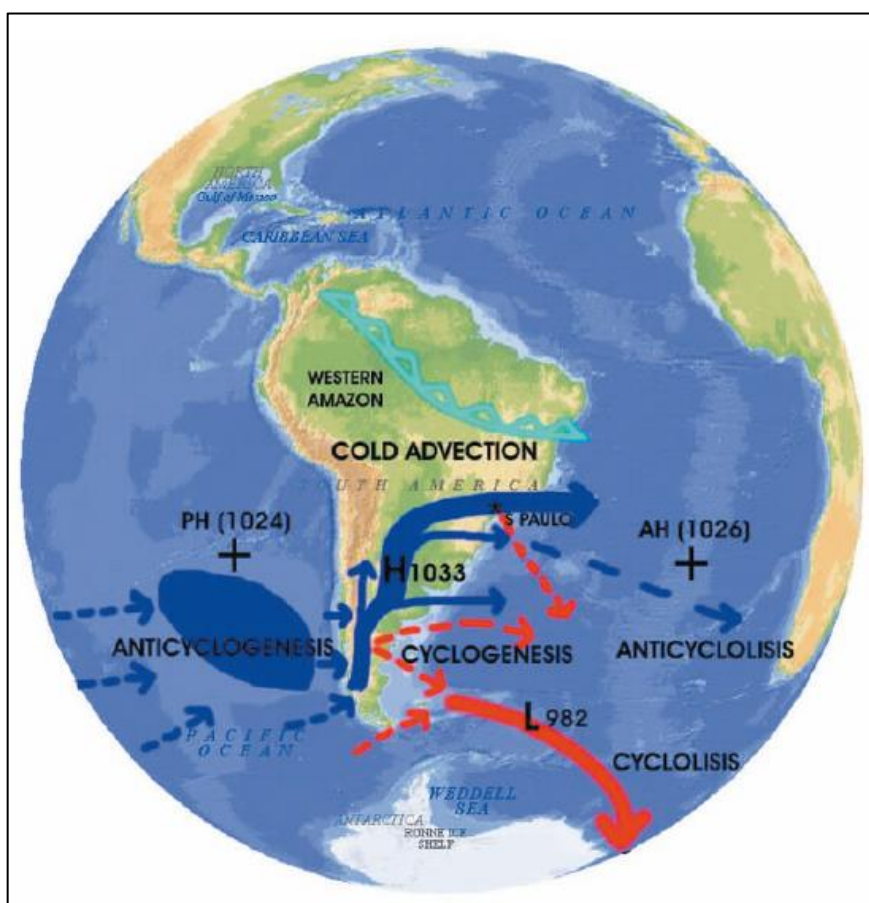
Ainda nessa pesquisa, Pezza e Ambrizzi (2005, p.145, 146 e 147), também realizaram um inventário sobre os casos de temperaturas frias extremas, geadas e nevascas ocorridas no Brasil e Argentina entre os anos de 1888 a 2003. Em específico ao estado de São Paulo os autores indicaram casos extremos nos anos de 1898, 1902, 1918, 1928, 1942, 1947, 1955, 1975, 1979, 1981, 1985, 1986, 1990 e 2000. As menores temperaturas mínimas registradas em todo o país ocorreram em Caçador em junho de 1952, com o marco de -14°C, e na cidade de São Paulo a me-



nor temperatura fria ocorreu em agosto de 1898, na estação de Horto Florestal quando verificou-se  $-4^{\circ}\text{C}$ .

Outra metodologia diferente para identificação das ondas de frio é utilizada a partir de dados de pressão do nível médio do mar, em superfície, e com 500 hPa, com dados de altura geopotencial, intitulada “padrões de sequencias principais (PSPs)”, como na pesquisa realizada por Reboita, Escobar e Lopes (2015) com enfoque nas ondas de frio na região sul de Minas Gerais. Por essa metodologia os episódios de ondas de frio estão associados a advecção de ar frio e resfriamento radiativo noturno da superfície.

Figura 54 – Climatologia sinótica das massas de ar frio na América do Sul e Brasil.



Fonte: Pezza e Ambrizzi (2005, p. 155).

## 7.4 AS ONDAS DE CALOR E FRIO NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE

### 7.4.1 Procedimentos metodológicos

Para identificar os eventos extremos de temperatura na cidade de Presidente Prudente foram selecionados alguns índices utilizados por pesquisadores especialistas no assunto como Monteiro (2012), Díaz (2002), Silveira (2014) e órgãos como o IPCC e a OMM. As técnicas utilizadas foram: CSDI-OMM, OMM, IPCC, Projecto Ondas, Silveira, Diaz e contabilizados o número de ondas entre os anos de 1961 a 2016. Cada metodologia selecionada apresenta uma característica específica e abrangem números diferentes de dias de permanência e intensidade das ondas de frio e calor (Quadro 24, Quadro 24) Na maior parte dos casos eles definem uma onda de calor ou frio como uma repetição de dias, com no mínimo 2 dias, de temperaturas anômalas ao contexto daquele local.

Definir os valores que passam a apresentar um perigo para a saúde da população é um dos pontos importantes desse trabalho, então, recorreu-se a priori a análise e comparação das técnicas existentes objetivando identificar por meio da descrição estatística a frequência, permanência, magnitude das ondas de calor e frio e também os limiares considerados normais para este local.

Os dados utilizados foram obtidos junto ao INMET e compilados na estação meteorológica da cidade. Foram considerados os valores médios diários das temperaturas máximas e mínimas (Quadro 25).

Quadro 23 – Técnicas utilizadas, valores e limiares considerados para a identificação de ondas de calor.

Técnica	Autor	Tempo de permanência	Limiar considerado	Descrição
<b>CSDI-OMM</b>	OMM	6 dias consecutivos	Temperaturas superiores ao Percentil 90	Identifica eventos de longa duração com valores pertencentes aos 10% mais quentes da série.
<b>OMM</b>	OMM	6 dias consecutivos	Temperaturas superiores a 5°C ao valor da normal climatológica	Identifica ondas de longa duração e temperaturas elevadas
<b>IPCC</b>	IPCC	5 dias consecutivos	Temperaturas superiores a 5°C ao valor da normal climatológica	Identifica eventos de longa duração e temperaturas elevadas.

<b>SILVEIRA</b>	Silveira	3 dias consecutivos	Temperaturas superiores ao Percentil 90	Identifica eventos de curta duração com valores pertencentes aos 10% mais quentes da série.
<b>PROJEC-TO ONDAS</b>	Monteiro	7 dias consecutivos	Temperaturas superiores ao Percentil 70 representativo dos meses de verão	Identifica eventos de longa duração com valores amenos.
<b>DIAZ</b>	Díaz	2 dias consecutivos	Temperaturas máximas e mínimas superiores ao Percentil 90	Identifica eventos de curta duração com valores pertencentes aos 10% mais quentes da série durante o dia e a noite.

Fonte: Monteiro (2012), Díaz (2002), Silveira (2014), IPCC e a OMM

Quadro 24 – Técnicas utilizadas, valores e limiares considerados para a identificação de ondas de frio.

<b>Técnica</b>	<b>Autor</b>	<b>Tempo de permanência</b>	<b>Limiar considerado</b>	<b>Descrição</b>
<b>CSDI-OMM</b>	OMM	6 dias consecutivos	Temperaturas inferiores ao Percentil 10	Identifica eventos de longa duração com valores pertencentes aos 10% mais frios da série.
<b>OMM</b>	OMM	6 dias consecutivos	Temperaturas inferiores a 5°C ao valor da normal climatológica	Identifica ondas de longa duração e temperaturas baixas
<b>IPCC</b>	IPCC	5 dias consecutivos	Temperaturas inferiores a 5°C ao valor da normal climatológica	Identifica eventos de longa duração e temperaturas baixas.
<b>SILVEIRA</b>	Silveira	3 dias consecutivos	Temperaturas inferiores ao Percentil 10	Identifica eventos de curta duração com valores pertencentes aos 10% mais frios da série.
<b>PROJEC-TO ONDAS</b>	Monteiro	7 dias consecutivos	Temperaturas inferiores ao Percentil 30 representativo dos meses de inverno	Identifica eventos de longa duração com valores amenos.
<b>DIAZ</b>	Díaz	2 dias consecutivos	Temperaturas máximas e mínimas inferiores ao Percentil 10.	Identifica eventos de curta duração com valores pertencentes aos 10% mais frios da série durante o dia e a noite.

Fonte: Monteiro (2012), Díaz (2002), Silveira (2014), IPCC e a OMM

A partir desses critérios os valores considerados como situações extremas foram:

Quadro 25 – Valores considerados para a análise das ondas de calor e frio.

<b>Técnica</b>	<b>Calor</b>	<b>Frio</b>
<b>CSDI-OMM</b>	33,6	13,2
<b>OMM</b>	33,9	13,1
<b>IPCC</b>	33,9	13,1
<b>SILVEIRA</b>	33,6	13,2
<b>PROJECTO ONDAS</b>	31,4	13,6
<b>DIAZ</b>	Tmax: 33,3; Tmin: 22,2	Tmax: 23,9; Tmin: 13,2

Fonte: Dados da pesquisa

Com esses resultados também foram realizadas algumas análises descritivas:

Comparação do total de ondas identificadas, por cada técnica, no período de 1961 – 2016;

Para essa abordagem foi contabilizado o número de ondas de calor e frio para cada um dos 55 anos analisados. Os dados foram expressos em gráficos de colunas e realizados a comparação entre os totais das ondas de calor e frio.

- A) Análise percentual da duração em número de dias das ondas de calor e frio entre os anos de 1961 a 2016.

Nessa análise realizou-se a contagem percentual dos números de dias de permanência das ondas de calor e frio contatados na série. Os dados foram expressos em gráficos de pizza o que permitiu sua comparação entre os demais.

- B) Identificação do mês, ano e duração das ondas de calor e frio para as diferentes técnicas (inventário de ondas);

Para identificação do mês, ano e duração das ondas de calor e frio no inventário de ondas foi utilizado o recurso gráfico de bolhas onde cada círculo representa uma onda de frio ou calor e seu tempo de permanência pode ser verificado a partir do tamanho das circunferências.

- C) Identificação das maiores permanências (duração) das ondas de calor e frio em cada uma das metodologias;

Nessa análise é expressa a maior onda de calor e frio identificada por cada técnica. Como parâmetro de definição desses resultados optou-se por eleger as ondas com maior número de dias de permanência contabilizados na série.

- D) Verificação do percentual de ondas de frio e calor sazonal.

Para identificação do percentual de ondas de calor e frio ocorridas em cada uma das estações sazonais (verão, primavera, outono e inverno) foi realizada uma soma de todas as ondas que ocorreram durante os períodos de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril, maio), inverno (junho, julho, agosto), primavera (setembro, outubro, novembro).

Em alguns casos a mesma onda ocorreu durante mais de um mês. Nessas situações optou-se por fazer um ajuste e foi eleito um único mês representativo para a contagem, pois considera-se nesse caso uma única onda. Para essa seleção considerou-se alguns critérios: escolheu-se como mês representativo da onda aquele em que teve o maior número de dias de permanência; ondas com números de dias exatamente iguais entre dois meses optou-se por definir o mês em que a onda começou, por exemplo, uma mesma onda com 20 dias, separados em dois meses, 10 dias em julho e 10 dias em agosto foi definida como uma onda do mês de julho.

E) Contagem do número de ondas de frio e calor por década.

Para essa análise os valores totais de ondas de calor e frio foram separados e somados em 6 períodos de décadas: 1961-1970, 1971-1980, 1981 – 1990, 1991 – 2000, 2001 – 2010, 2011 – 2016. Esse último período não pode ser considerado nas análises devido ao menor número de anos, 6, comparada as demais, 10, por isso são descritos apenas os resultados entre as décadas de 1960 a 2000, mesmo que nos gráficos esses valores sejam apresentados.

## **7.4.2 Resultados e discussão**

### ***7.4.2.1 Análise 1. Comparação do total de ondas identificadas, por cada técnica, no período de 1961 – 2016***

Ao analisar os resultados obtidos a partir das técnicas testadas verificou-se que algumas se sobressaem pelo elevado número de ondas identificadas entre os anos de 1961 a 2016. As técnicas que mais identificaram ondas de calor e frio foram aquelas elaboradas por Silveira e Díaz. Em ambas as versões as técnicas consideraram um menor número de dias de permanência quando comparadas as demais. Pa-

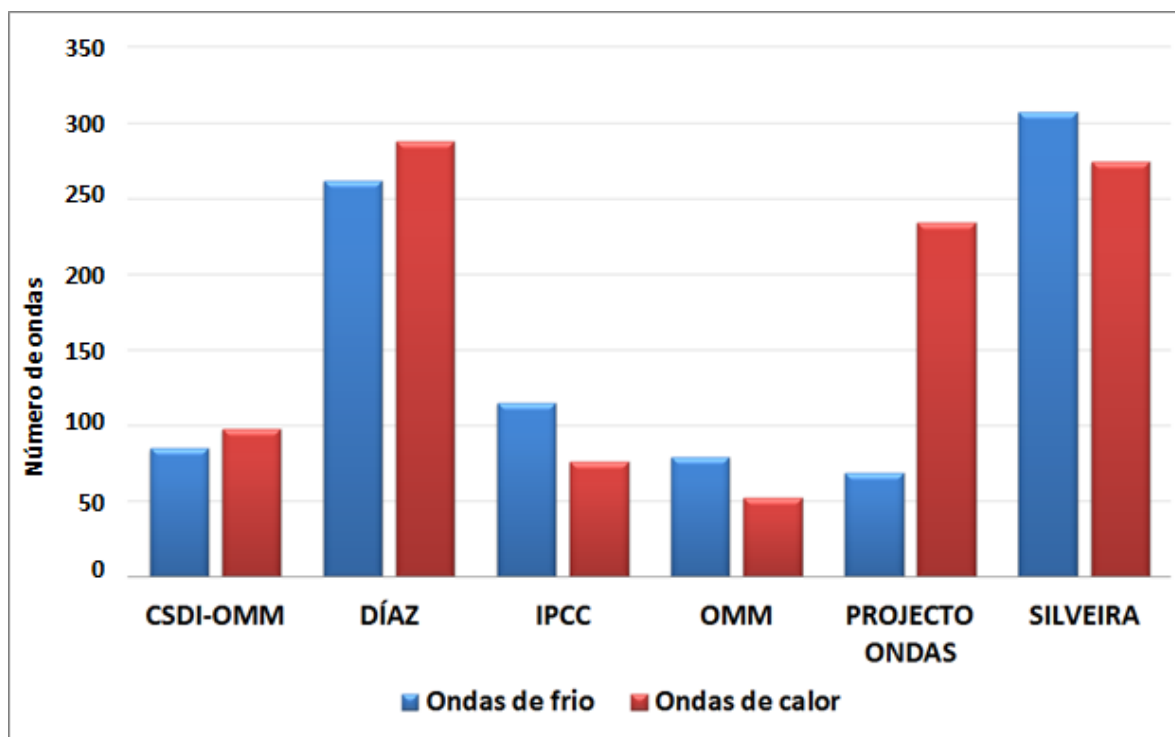
ra Silveira, por exemplo, técnica que considera uma onda a partir de 3 dias, verificou-se 307 ondas de frio e 274 ondas de calor (Figura 55).

A técnica de Díaz também demonstrou um elevado valor comparado às demais. Foi verificado 288 ondas de calor, o maior valor entre as demais, e 262 ondas de frio. Apesar dessa técnica também considerar poucos dias de permanência, 2 dias, o interessante é que são representados os valores extremos tanto das temperaturas máximas quanto das mínimas. Isso indica que mesmo que as ondas tenham menos tempo de permanência elas representam situações em que há elevada temperatura tanto no período do dia quanto da noite.

As técnicas em que menos foi verificado ondas de frio e calor foram aquelas elaboradas pela OMM com 79 ondas de frio e 52 ondas de calor; CSDI – OMM com 85 e 98 ondas de frio e calor respectivamente; e o IPCC com 115 ondas de frio e 76 ondas de calor. Em todas essas metodologias citadas um dos critérios principais é o elevado número de permanência de situações anômalas, 5 e 6 dias, o que pode ter refletido no número total de ondas observadas.

Dentre as demais o valor do Projecto Ondas foi o que mais chamou a atenção pela diferença entre o número de ondas de frio, 69, e ondas de calor, 234. Se considerar essa única técnica pode-se dizer que existem mais situações extremas de calor comparadas as de frio. Isso significa que ocorreram aproximadamente 3 vezes mais episódios de ondas de calor do que de frio. Essa técnica considera um elevado número de dias de permanência, 7 dias, mas o limite de temperatura é um dos mais amenos, percentil 30, para as mínimas, e 70, para as máximas. Suger-se que as ondas de frio, quando ocorrem, apresentam valores de temperatura mínima muito extremos e frio, eventos raros, e poucos são os casos intermediários com temperaturas menos frias. Para as ondas de calor, devido também a maior acontecimento de temperaturas quentes ao longo do ano já podem ser observadas até mesmo em situações com temperaturas mais amenas e não tão extremas como no percentil 70.

Figura 55 – Total de ondas de calor e frio para as diferentes técnicas no período de 1961 a 2016.



Fonte: Dados da pesquisa

#### 7.4.2.2 *Análise 2. Análise percentual da duração em número de dias das ondas de calor e frio entre os anos de 1961 a 2016*

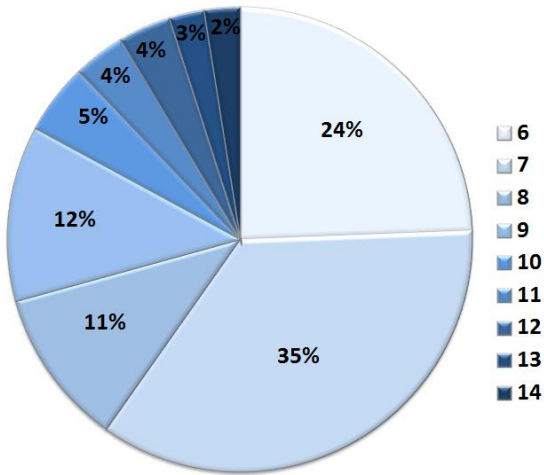
Ao analisar a porcentagem do tempo de duração das ondas de frio e calor observou-se que grande parte das ocorrências tem a duração mínima considerada por cada técnica e diminui esse percentual gradativamente. Para a análise das ondas de frio todas as técnicas comprovaram que mais de 50% das ondas identificadas tiveram o tempo de permanência mínimo ou do limite próximo, por exemplo, para a técnica do IPCC 54% das ondas que foram identificadas tiveram o tempo de permanência de 5 dias (limite mínimo da técnica) e 6 (valor sequente) dias, seguido pelo tempo de permanência de 7 dias com 19% das ocorrências (Figura 56).

A técnica que mais identificou valores percentuais do limite da técnica foi a elaborada por Díaz pela qual verificou que 75% das ondas de frio ocorreram com a duração de 2 e 3 dias.

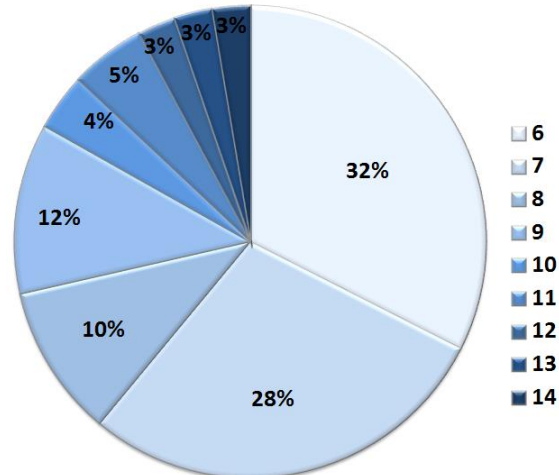
Para as ondas de calor esse padrão também se manteve. Há um maior número de ondas de calor com pouco tempo de duração e esse percentual vai diminuindo conforme aumenta o número de dias de permanência da onda. Em todas as técnicas avaliadas mais de 41% das ondas tiveram poucos dias de permanência, ou seja, o

valor de tempo limite indicado pelas técnicas e o número de dia quente. Esses 41%, por exemplo, foi verificado pela técnica do Projeto Ondas, enquanto que o maior valor percentual foi constatado pela metodologia de Díaz, com 73% das ondas com 2 e 3 dias de permanência (Figura 57).

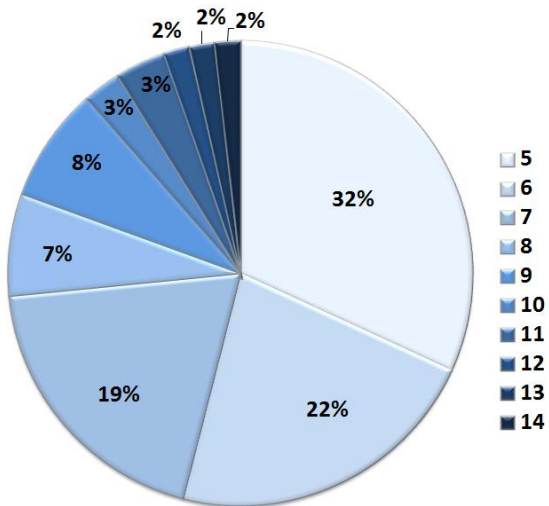
Figura 56 – Gráficos percentuais sobre a duração em dias das ondas de frio em Presidente Prudente/ por técnica.



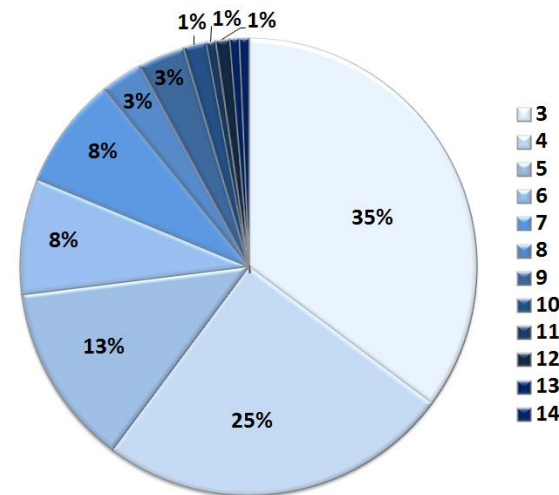
(a) Duração das ondas de frio (n° de dias) - CSDI-OMM



(b) Duração das ondas de frio (n° de dias) – OMM

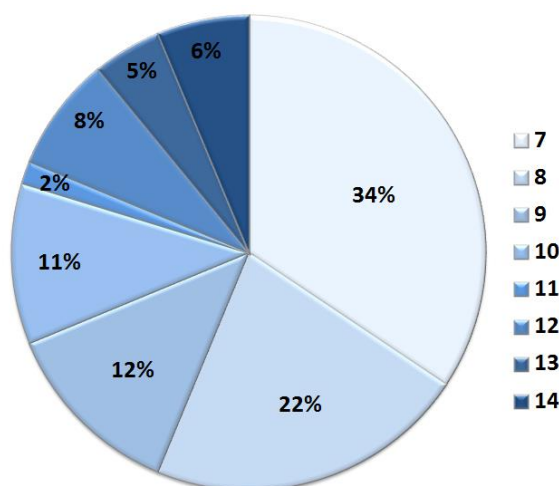


(c) Duração das ondas de frio (n° de dias) – IPCC

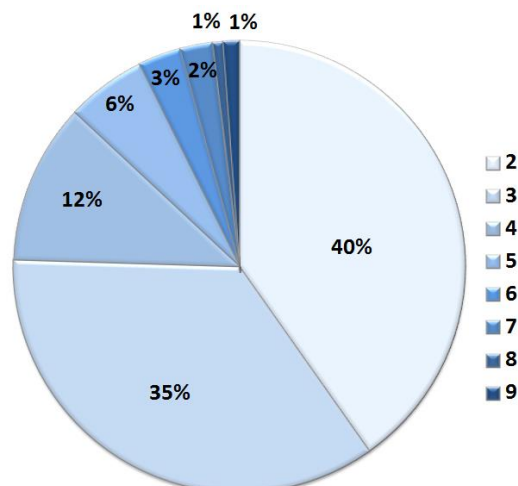


(d) Duração das ondas de frio (n° de dias) – SILVEIRA





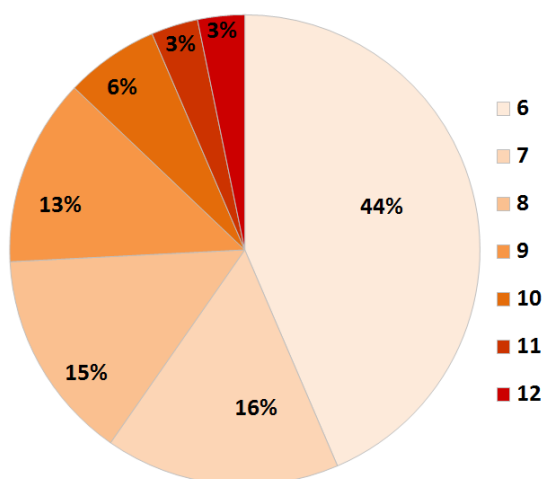
(e) Duração das ondas de frio (nº de dias) - Projecto Ondas



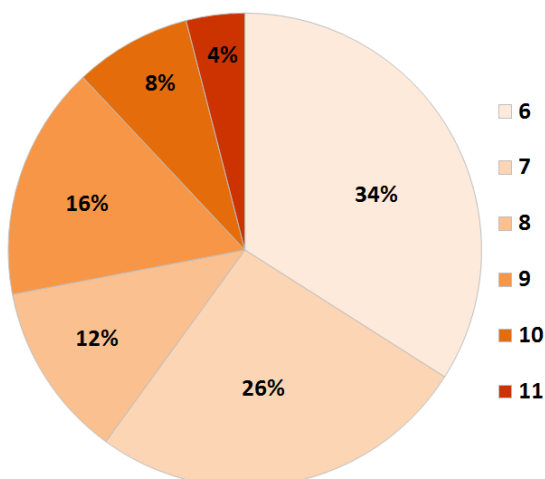
(f) Duração das ondas de frio (nº de dias) - Diaz

Fonte: Dados da pesquisa

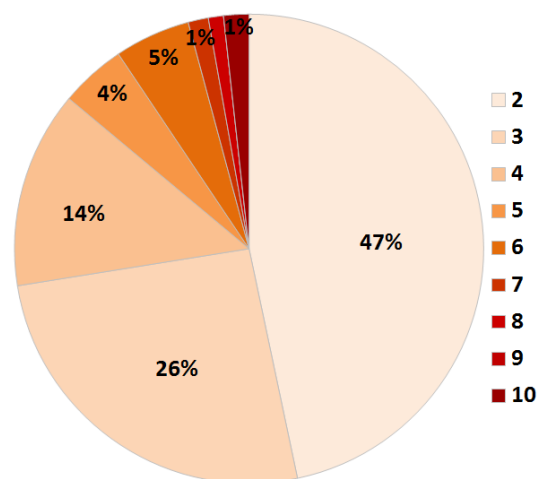
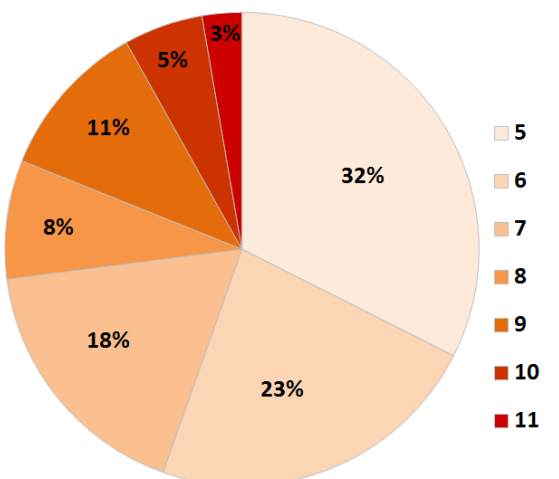
Figura 57 – Gráficos percentuais sobre a duração em dias das ondas de calor em Presidente Prudente por técnica.



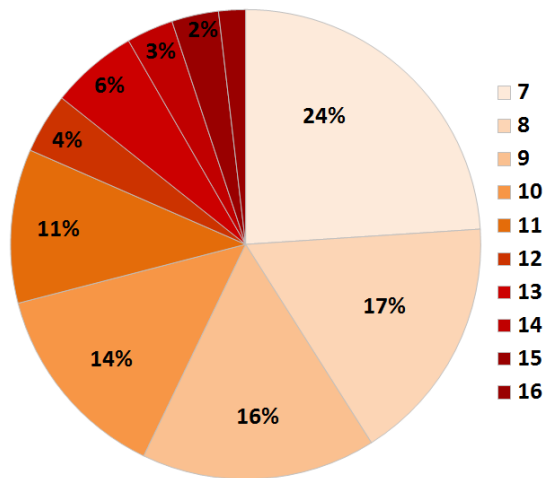
Duração das ondas de calor (nº de dias) - CSDI-OMM



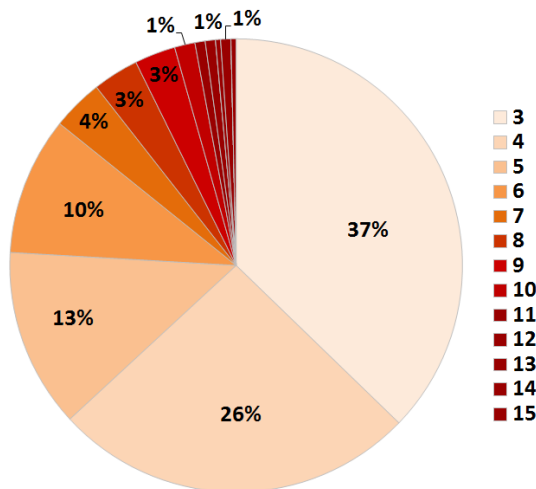
Duração das ondas de calor (nº de dias) - OMM



Duração das ondas de calor (n° de dias) – IPCC



Duração das ondas de calor (n° de dias) – Díaz

Duração das ondas de calor (n° de dias) - Projecto Ondas  
Fonte: Dados da pesquisa

Duração das ondas de calor (n° de dias) – SILVEIRA

### 7.4.2.3 *Análise 3. Inventário de ondas: identificação do mês, ano e duração das ondas de calor e frio para as diferentes técnicas*

Ao analisar a ocorrência dessas ondas de calor e frio na série temporal (1961 – 2016) verifica-se que cada técnica apresentou uma variação temporal e de frequência. Essa observação é importante e remete a criticidade da escolha das técnicas que poderá demonstrar resultados muito díspares a partir da metodologia aplicada. Ambas as técnicas apresentaram certo padrão em relação ao período de ocorrência: normalmente as ondas de frio ocorrem entre maio e setembro, enquanto que as ondas de calor pode ser observada principalmente entre setembro e abril.

Para a técnica **CSDI-OMM** houve uma maior ocorrência de ondas de frio na década de 1960 até meados de 1970 e diminuição nas últimas décadas. Para os casos de calor observa-se um aumento no número de ondas de calor entre os meses de fevereiro e abril especialmente após os anos 2000 (Figura 58 e Figura 64).

O maior número de ondas de calor foi identificado por **Díaz**: ondas com poucos dias de permanência, mas que pôde se observado em todo o período analisado. As ondas com maiores números de dias de permanência ocorreram especialmente nos meses de junho e julho. Para as ondas de calor verifica-se um acréscimo de ondas durante os primeiros meses do ano, entre janeiro e abril, após os anos 2000. Durante os anos de 1975 até 1983 verifica-se que houve poucas ondas de calor, especialmente concentradas entre janeiro e março (Figura 59, Figura 65).

Para a análise das ondas constatadas na técnica do **IPCC** verificam-se poucas ondas de frio ao longo dos anos e concentradas, sobretudo, durante a década de 1960 até 1970 e importante diminuição no número de ondas nos últimos anos da série. Supõe-se com essa análise que tem diminuído, nas últimas décadas, o número de dias frios com longa permanência inclusive nos meses de inverno.

Para as ondas de calor, desde o início da série, todas as ocorrências sempre tiveram maior número de dias de permanência quando comparada aos resultados das ondas de frio. Foram verificadas, sobretudo, nos meses de primavera e verão entre setembro e dezembro. Contudo, após os anos 2000 foram verificadas importantes ondas de calor entre fevereiro e maio (Figura 60 e Figura 66).

As ondas identificadas pela técnica da **OMM** tiveram um padrão muito parecido com aquelas observadas pelo IPCC, inclusive as maiores ondas de frio e calor verificadas foram as mesmas. Para as ondas de frio observa-se um maior número de ondas durante os primeiros anos da série e uma diminuição gradual até os anos mais recentes. Para as ondas de calor observa-se um maior número de ondas nos meses de primavera e verão, contudo as ondas com maior significância relacionadas ao número de dias de permanência ocorreram nos meses de verão e outono, após os anos 2000 (Figura 61 e Figura 67).

O resultado obtido com o **Projecto Ondas** se destaca entre os demais pela quantidade superior de ondas de calor comparado as de frio. Para as ondas de frio, assim como nas técnicas supracitadas, ocorreu uma diminuição no número e tempo de permanência ao longo dos mais de 50 anos analisados. As ondas constatadas por essa técnica ocorrem especialmente nos meses de julho e em menor número nos meses anterior e posterior, junho e agosto.

As ondas de calor, por sua vez, foram identificadas em todos os meses do ano a exceção apenas de maio e junho. As ondas de maior magnitude ocorreram especialmente nos meses característicos da primavera (Figura 62 e Figura 68).

Por fim a técnica de **Silveira** também constatou um elevado número de ondas de calor e frio, mas com predomínio de ondas de curta duração. Para as de frio as que tiveram as maiores durações sucederam nos meses de junho e julho. Essa técnica se destaca entre as demais, pois verificou a presença de ondas de frio em meses que nenhuma outra técnica identificou: março, outubro e novembro.

Para os episódios de calor eles se tornaram mais intensos durante a década de 2000, sobretudo nos meses de transição entre verão e inverno (março a abril).

Para essa técnica em quase todos os anos da série foram verificadas ondas de calor com excessão apenas dos meses maio, junho e julho (Figura 63 e Figura 69).

Figura 58. Período e duração das ondas de frio (CSDI-OMM).

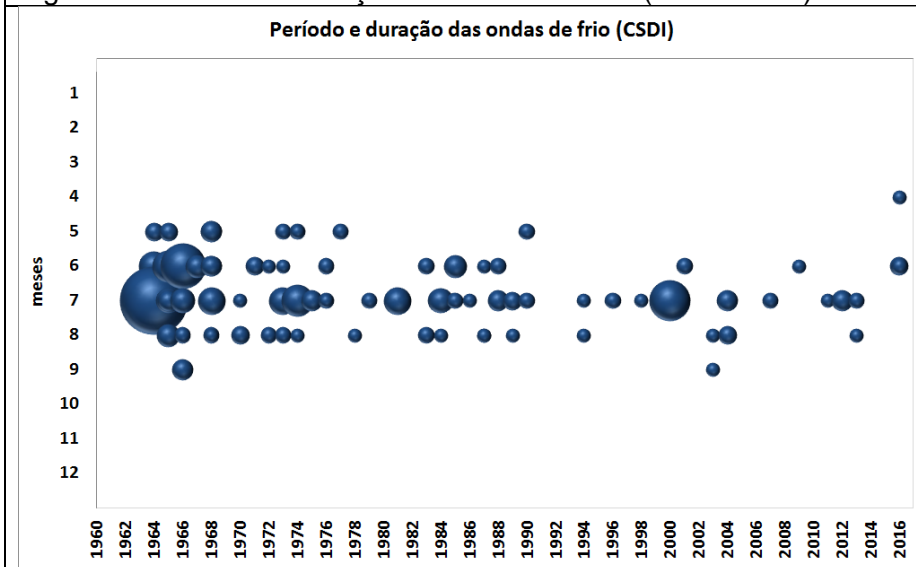


Figura 59. Período e duração das ondas de frio (Diaz).

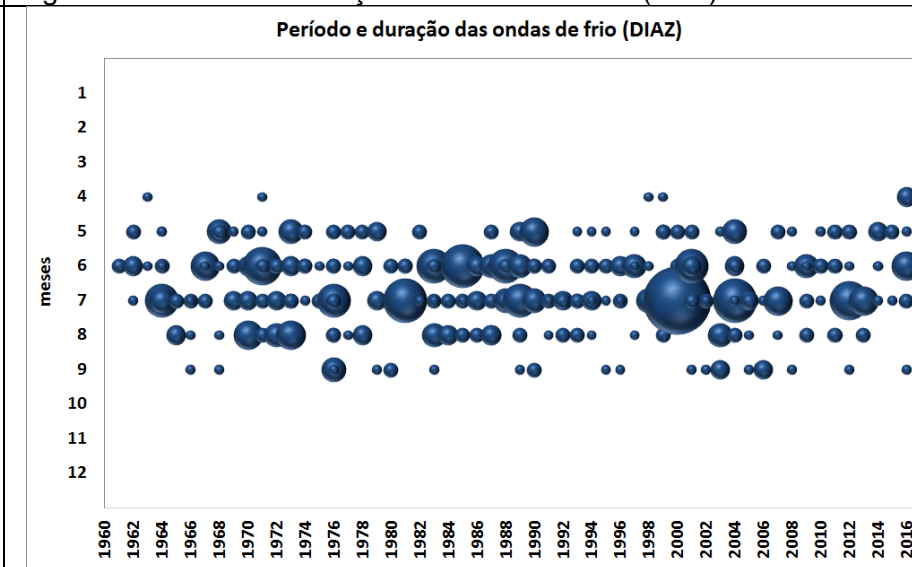


Figura 60. Período e duração das ondas de frio (IPCC).

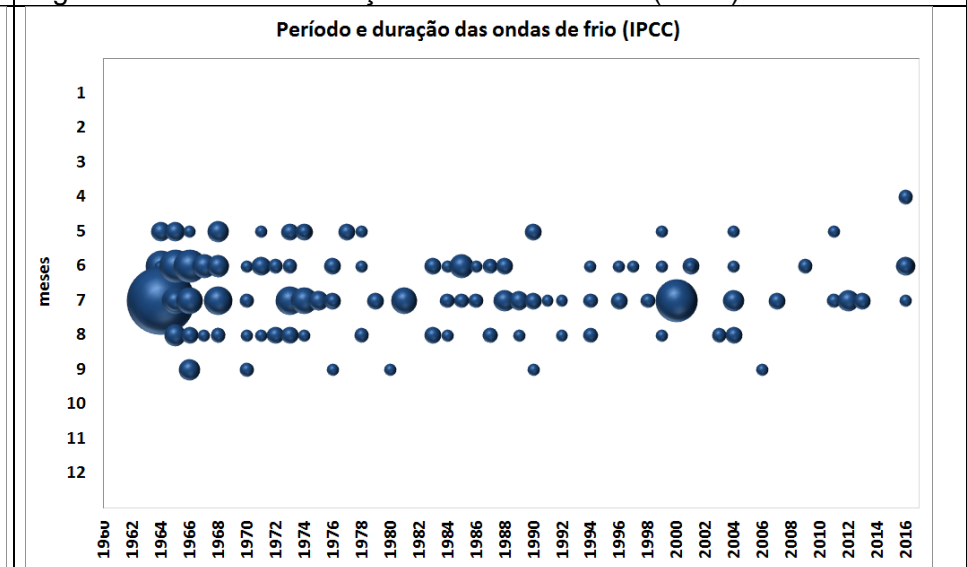


Figura 61. Período e duração das ondas de frio (OMM).

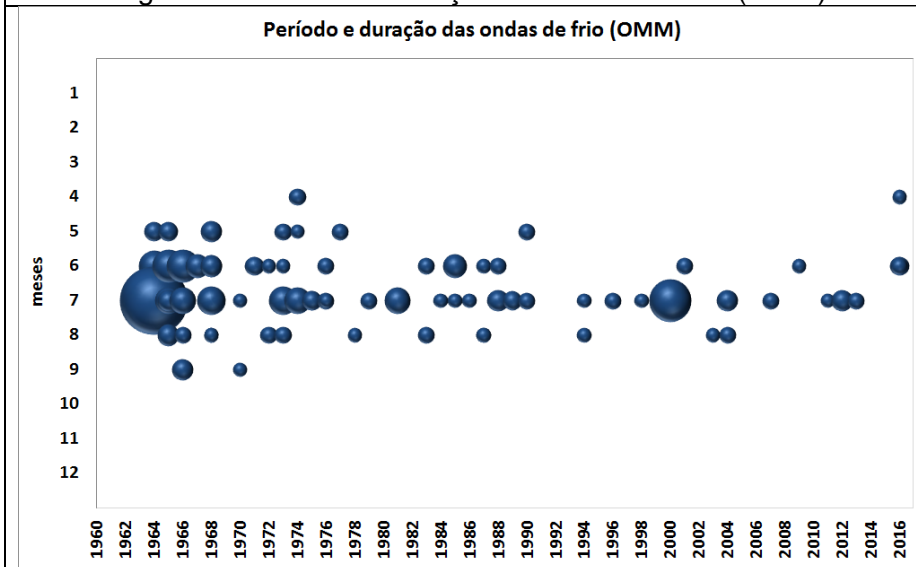


Figura 62. Período e duração das ondas de frio (Projeto Ondas).

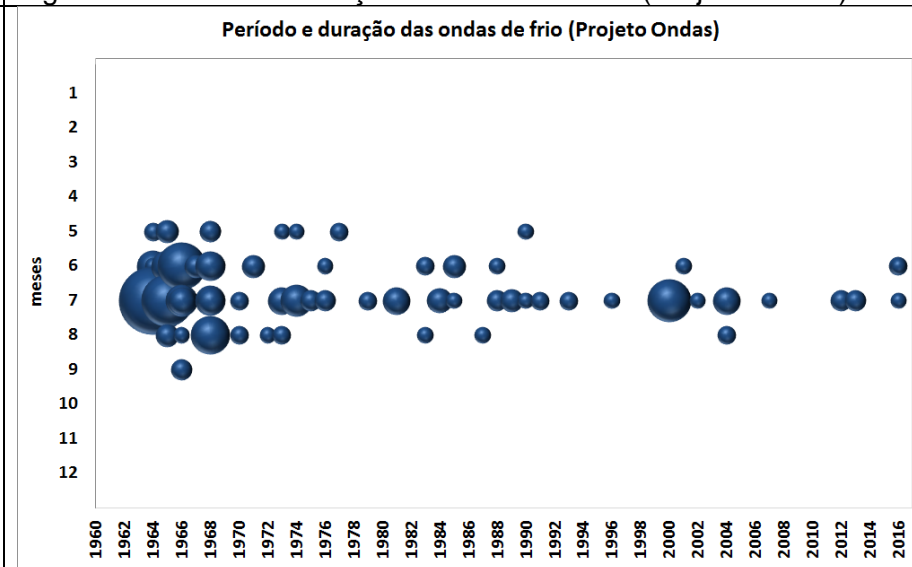
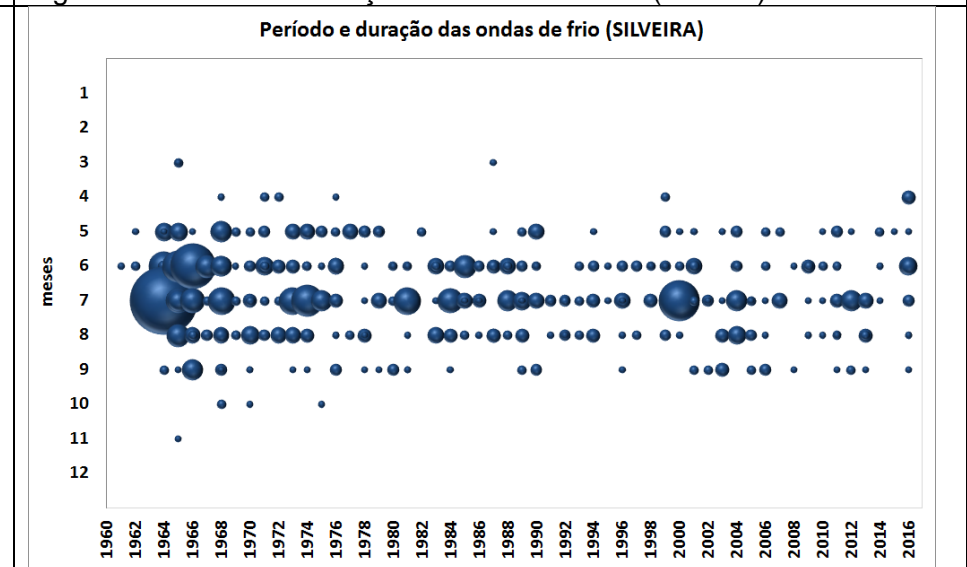
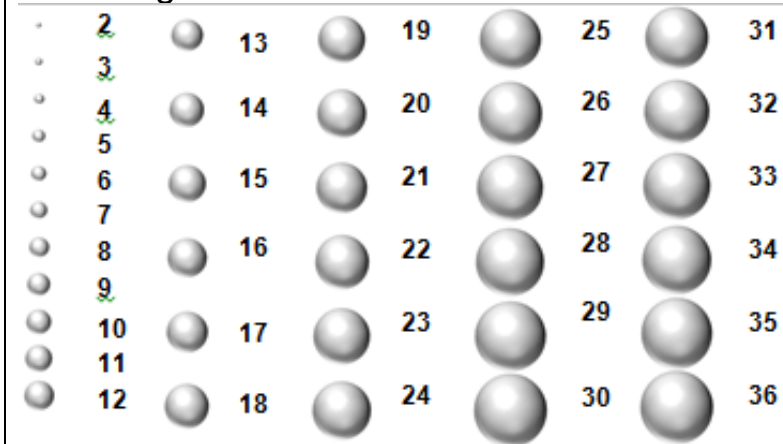


Figura 63. Período e duração das ondas de frio (Silveira).



Legenda



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 64. Período e duração das ondas de calor (CSDI-OMM).

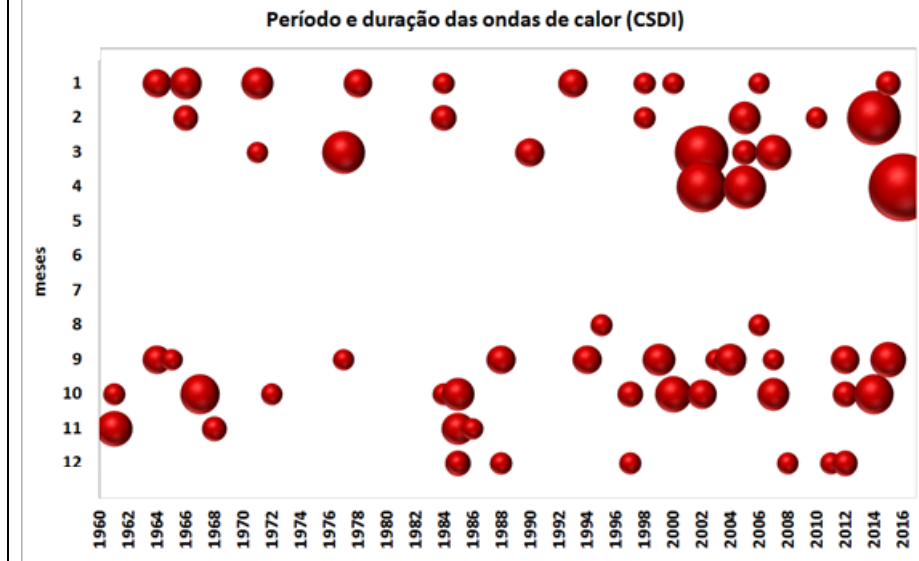


Figura 65. Período e duração das ondas de calor (Díaz).

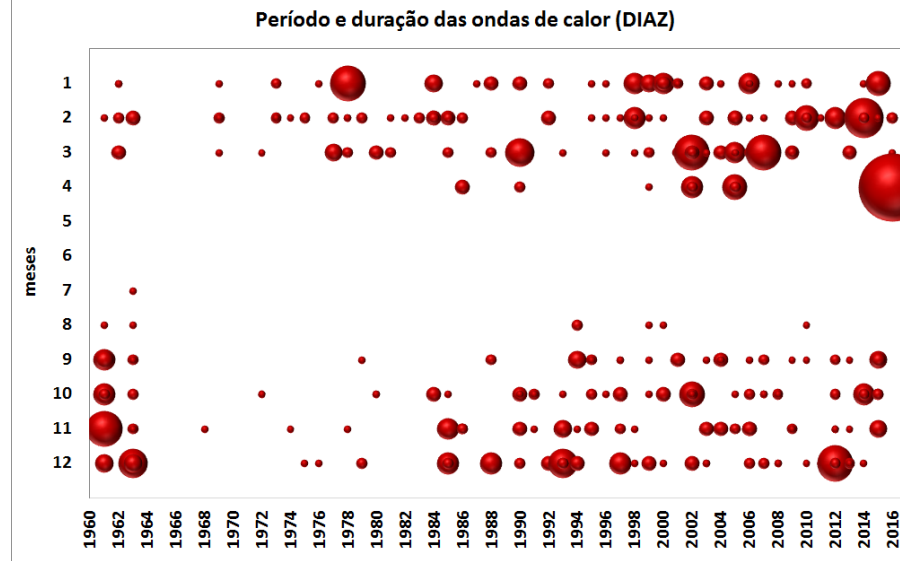


Figura 66. Período e duração das ondas de calor (IPCC).

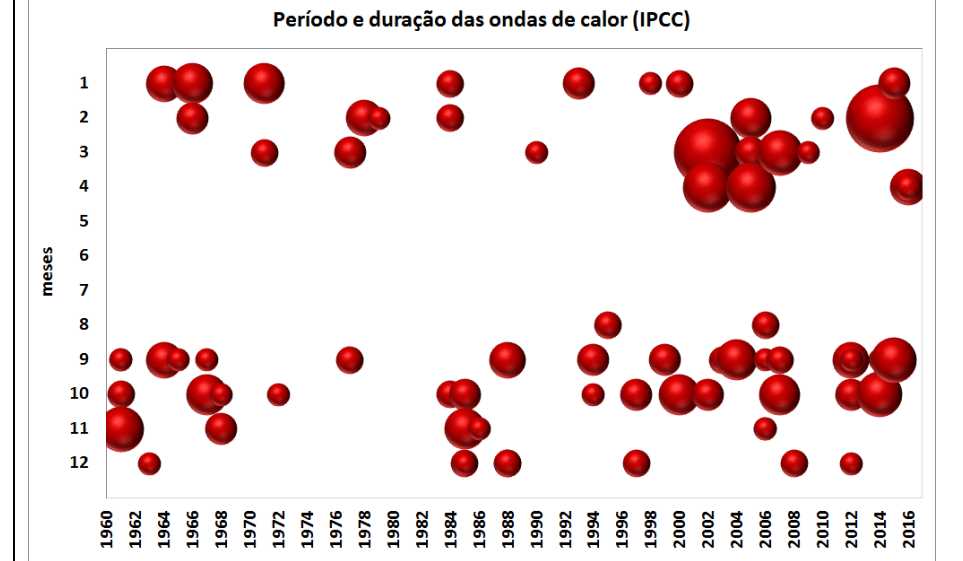


Figura 67. Período e duração das ondas de calor (OMM).

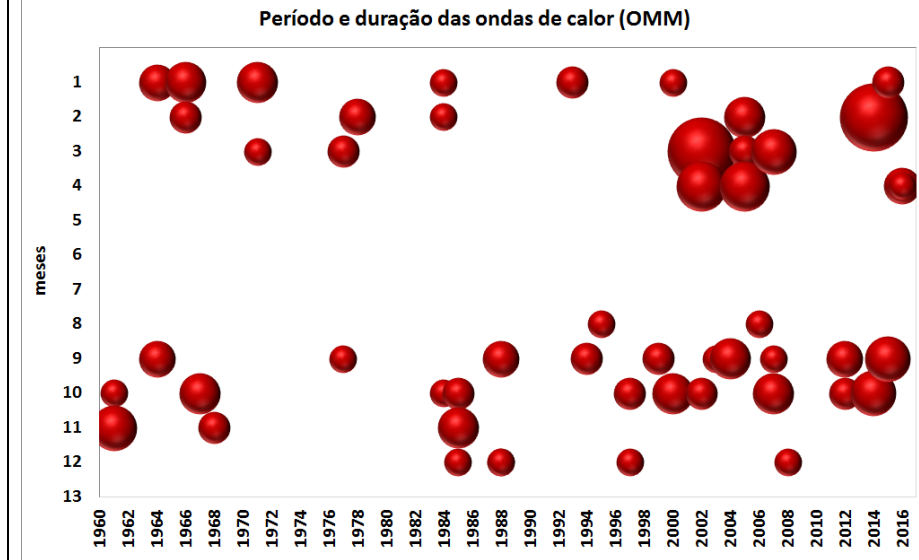


Figura 68. Período e duração das ondas de calor (Projeto Ondas).

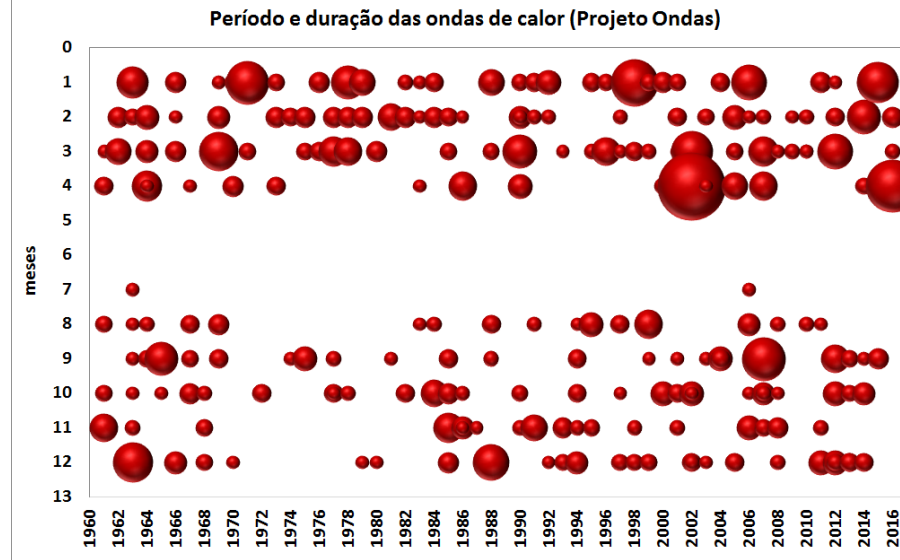
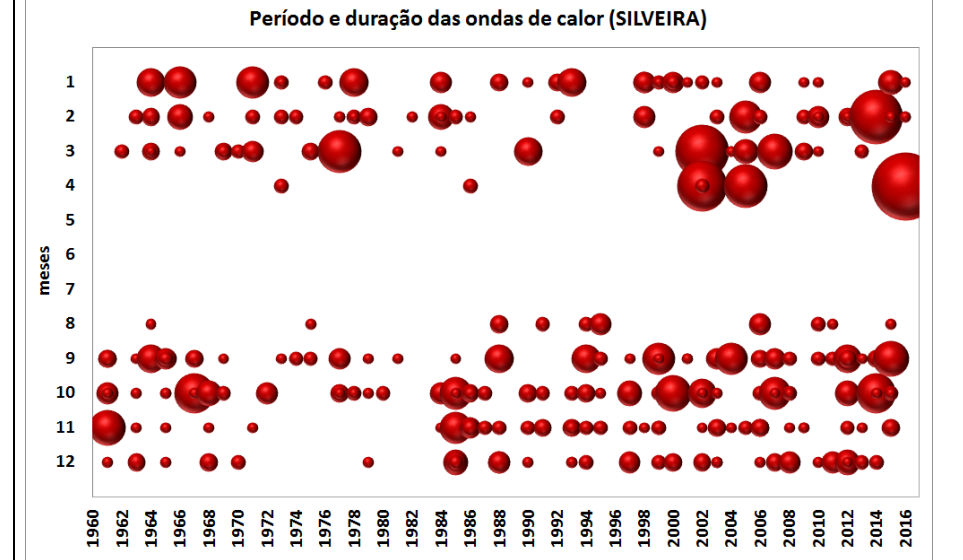
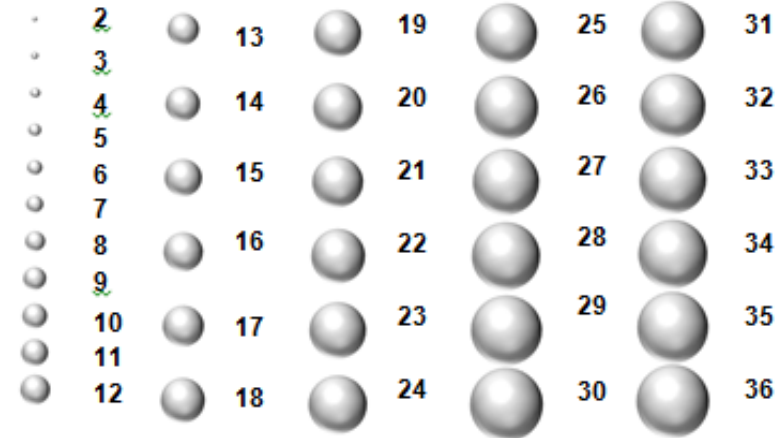


Figura 69. Período e duração das ondas de calor (Silveira).



Legenda



Fonte:

Dados

da

pesquisa

#### **7.4.2.4 Análise 4. Identificação das maiores permanências (duração) das ondas de calor e frio em cada uma das metodologias**

A partir desses dados também foi possível identificar as ondas de frio e calor com maior permanência para cada uma das técnicas. Para as análises das **ondas de frio** verificou-se que houve certo consenso entre elas. Em cinco, das seis, técnicas analisadas foi comprovado que no ano de 1964 ocorreu a maior onda de frio dos últimos anos. Por aproximadamente 30 dias, durante os meses de julho e agosto essa onda de frio se manteve em Presidente Prudente. Até mesmo técnicas que consideram limiares mais extremos de temperatura mínima, acima do Percentil 90, como a CSDI-OMM e a de Silveira identificaram esse período como o mais crítico dentre os analisados. Contudo deve-se ressaltar que para todas essas técnicas é considerado apenas os dados de temperaturas mínimas, normalmente obtidas no período noturno/ madrugada. Quando se analisa tanto os valores de temperaturas mínimas quanto de máximas, como na técnica de Diaz, esse não é o período mais extremo verificado. A liderança do *ranking* passa para a onda de frio que ocorreu no mês de julho do ano de 2000 quando foi observado 14 dias com temperaturas extremas baixas (Quadro 26188).

Para as ondas de calor verifica-se que os eventos mais extremos constatados não atingem os mesmos padrões de dias de permanência como para as ondas de frio. Normalmente as ondas são mais frequentes e ocorrem com menos dias. A excessão da onda identificada no Projecto Ondas todas as demais não ultrapassaram mais de 19 dias de permanência. Três períodos principais foram constatados por essas técnicas como os mais quentes e todos eles após os anos 2000: março de 2002 (IPCC, OMM, Projecto Ondas); janeiro/fevereiro de 2014 (IPCC e OMM); e, abril de 2016 (CSDI-OMM, DIAZ, Silveira) que se destaca entre as demais pela permanência de temperaturas elevadas tanto no período diurno quanto no noturno, sem tempo hábil para que o organismo humano se reestabeleça após esse evento extremo. A excessão das demais, a técnica que identificou a onda de calor com maior permanência de dias foi o Projecto Ondas, com o período de 36 dias, entre março e abril de 2002 (Quadro 27).

Quadro 26 – Maior número de permanência das ondas de frio em cada uma das metodologias.

Metodologia	Ano	Mês	Duração	Data
CSDI	1964	Julho/agosto	30 dias	17/07 – 15/08
DIAZ	2000	Julho	14 dias	12/07 – 25/07
IPCC	1964	Julho/agosto	29 dias	17/07 – 14/08
OMM	1964	Julho/agosto	29 dias	17/07 – 14/08
Projecto Ondas	1964	Julho/agosto	30 dias	17/07 – 15/08
Silveira	1964	Julho/agosto	30 dias	17/07 – 15/08

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 27 – Maior número de permanência das ondas de calor em cada uma das metodologias.

Metodologia	Ano	Mês	Duração	Data
CSDI	2016	Abril	19 dias	07/04 – 25/04
DIAZ	2016	Abril	19 dias	07/04 – 25/04
IPCC	2014	Janeiro/fevereiro	15 dias	29/01 – 12/02
	2002	Março	15 dias	05/03 – 19/03
OMM	2014	Janeiro/fevereiro	15 dias	29/01 – 12/02
	2002	Março	15 dias	05/03 – 19/03
Projecto Ondas	2002	Março/abril	36 dias	25/03 – 29/04
Silveira	2016	Abril	19 dias	07/04 – 25/04

Fonte: Dados da pesquisa

#### 7.4.2.5 *Análise 5. Verificação do percentual de ondas de frio e calor por estação sazonal*

As **ondas de calor** ocorrem principalmente durante os meses característicos da primavera e verão. Aquelas com maior permanência em números de dias foram observadas durante a primavera, período seco e quente que antecede o verão, mas com temperaturas noturnas mais amenas, como pode ser verificado pelas técnicas de CSDI-OMM, IPCC, OMM e Silveira, atingindo até mais de 51% das ondas identificadas no período como na técnica elaborada pelo IPCC. Quando se considera as temperaturas elevadas durante o dia e a noite os maiores extremos ocorrem durante o verão. Essas ondas puderam ser constatadas pela técnica de Diaz, quando 46,5% das ondas identificadas, o maior valor entre as demais estações do ano, ocorreu no verão (Quadro 28).

Para as ondas de frio, diferente do que ocorre com as ondas de calor, o período de ocorrência é muito marcado durante o ano. Elas ocorrem em mais de 71% (Silveira) durante o inverno e podem atingir até mais de 85%, como verificado pela técnica do Projecto Ondas. Em segundo lugar, com uma grande diferença percentual, as ocorrências entre 12,7% (OMM) e 18,3% (DIAZ) manifestam-se em outono. Para todas as técnicas em nenhum momento de 1961 a 2016 verificaram-se ondas



de frio nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, meses característicos de verão (Quadro 29).

Quadro 28 – Percentual de ondas de calor por estação sazonal (verão: dez, jan, fev; outono: mar, abr, mai; inverno: jun, jul e ago; primavera: set, out, nov).

<b>Percentual de ondas de calor por estação sazonal</b>				
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
<b>CSDI</b>	37,9	16,7	3,0	42,4
<b>DIAZ</b>	46,5	43,8	7,6	2,1
<b>IPCC</b>	31,6	14,5	2,6	51,3
<b>OMM</b>	32,7	17,3	3,8	46,2
<b>Projecto Ondas</b>	39,3	20,9	9,0	30,8
<b>SILVEIRA</b>	36,1	12,0	4,4	47,4

Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 29 – Percentual de ondas de frio por estação sazonal (verão: dez, jan, fev; outono: mar, abr, mai; inverno: jun, jul e ago; primavera: set, out, nov).

<b>Percentual de ondas de frio por estação sazonal</b>				
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
<b>CSDI</b>	0,0	12,9	84,7	2,4
<b>DIAZ</b>	0,0	18,3	74,0	7,6
<b>IPCC</b>	0,0	14,8	80,0	5,2
<b>OMM</b>	0,0	12,7	84,8	2,5
<b>Projecto Ondas</b>	0,0	13,0	85,5	1,4
<b>SILVEIRA</b>	0,0	17,3	71,0	11,7

Fonte: Dados da pesquisa

#### **7.4.2.6 Análise 6. Contagem do número de ondas de frio por década.**

Durante as décadas analisadas (1960, 1970, 1980, 1990, 2000, e os seus primeiros anos de 2010) verificou-se que há uma tendência de diminuição no número de ondas de frio. Elas eram mais numerosas durante a década de 1960 e 1970 e no decorrer dos anos tornaram-se mais escassas. Isso corrobora com pesquisas anteriores de Fante (2014, p. 148) que verificou uma diminuição no número de dias com temperaturas mais frias e a substituição/deslocamento para classes de temperaturas mais quentes, especialmente após a terceira normal climatológica (1961-1990). Também significa que além de ter as temperaturas mínimas mais aquecidas nessas últimas décadas houve uma diminuição na repetição/permanência de dias com temperaturas mais amenas atingindo níveis de diminuição de até 85% como,

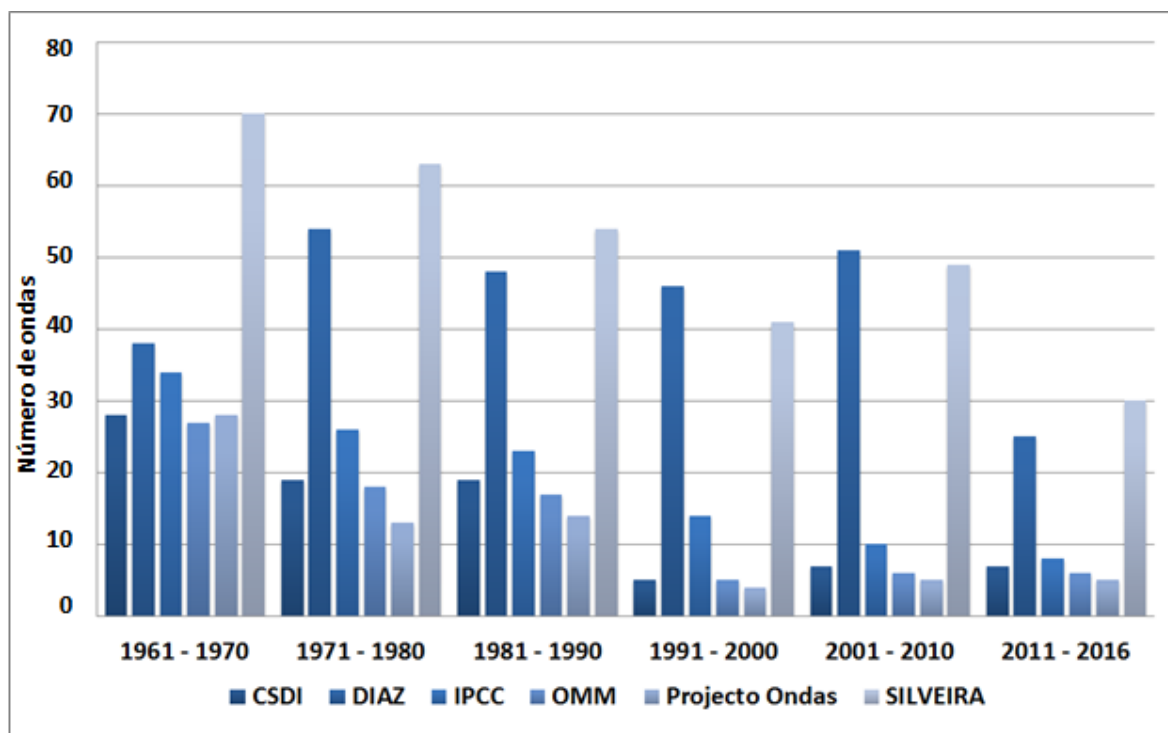
por exemplo, verificado pela técnica do Projecto Ondas que observou 28 ondas na década de 1960 e na década de 2000 esse valor reduziu para 4.

Para as ondas de frio é possível observar dois grupos bem definidos: durante a década de 1960 cinco técnicas constatou as maiores quantidades de ondas de frio – CSDI-OMM (28), IPCC (34), OMM (27), Silveira (70), e na década seguinte, 1970, Diaz constatou a ocorrência de 54 ondas de frio. Esses valores diminuíram consideravelmente nas décadas seguintes e os menores valores foram observados durante o período de 1991 a 2000 para as técnicas: CSDI-OMM (5), Silveira (41), OMM (5), Projecto Ondas (4), ou seja, uma diminuição de -82% para a técnica de CSDI-OMM, -41% para Silveira, -81% para a OMM (Figura 70).

Para as **ondas de calor** houve o inverso. Com o passar das décadas ocorreu um aumento gradativo do número de ondas de calor quando comparado aos períodos mais pretéritos. Para elucidar essa informação a década de 1971 a 1980 foi a que menos constatou ondas de calor entre as demais. Em todas as técnicas, sem exceção, os menores índices de ondas de calor ocorreram nesse período. A saber: CSDI-OMM teve 6 ondas constatadas; Diaz, 26; IPCC, 7; Silveira, 33; Projecto Ondas, 29; OMM, 5 ondas de calor. Para a década de 2000, quando ocorreu a maior quantidade de ondas de calor, verificou-se um aumento de 43% até 68% constatadas pelas técnicas do Projecto Ondas e de Diaz, respectivamente. Em especial ao resultado de Diaz ressalta-se que a mesma considera em sua metodologia informações sobre as temperaturas máximas e mínimas concomitantemente o que pode ser um agravante, pois além do aumento da frequência há um aumento na intensidade e periculosidade dessas ondas. Para as demais técnicas verificou-se o aumento de 9 a 57 ondas de calor identificadas pelas técnicas propostas pela OMM e Diaz e também o aumento de 64,7% para a técnica de CSDI-OMM (11 ondas), 65% para o IPCC (13 ondas), 52,1% para Silveira (36 ondas), 64,2% para a OMM (aumento de 9 ondas) (Fonte: Dados da pesquisa

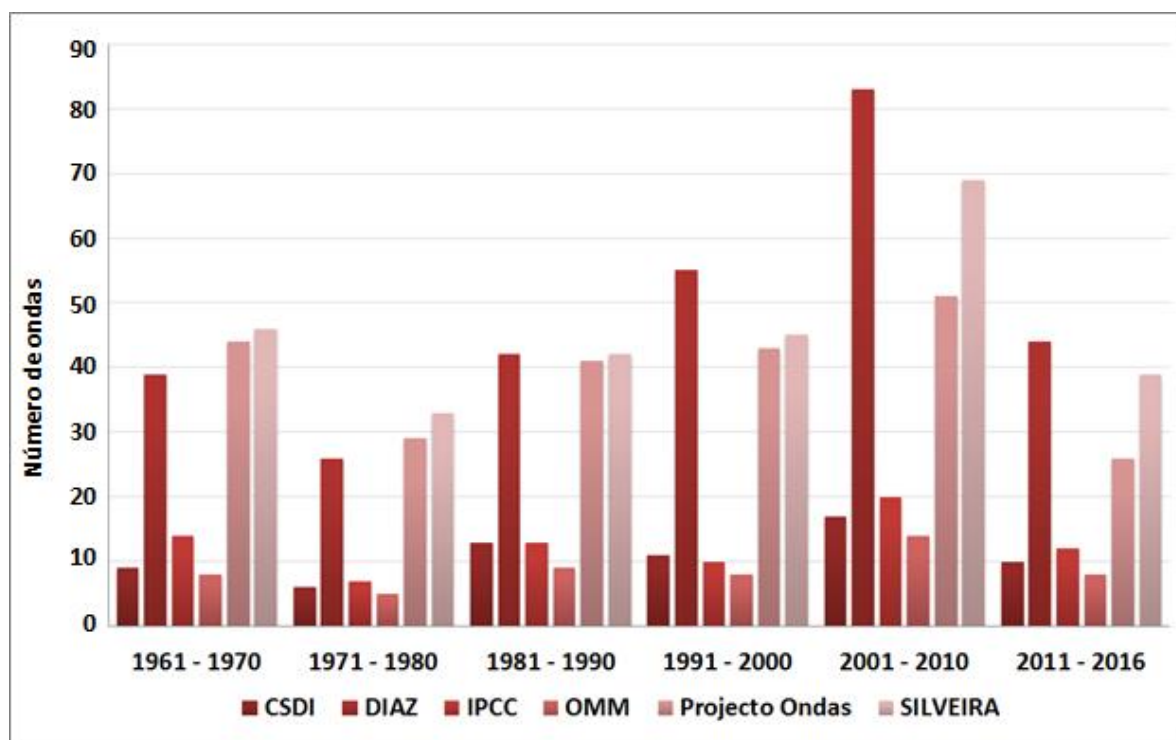
Figura 71).

Figura 70 – Número de ondas de frio por década.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 71 – Número de ondas de calor por década.



Fonte: Dados da pesquisa

## **7.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO**

A partir desse capítulo foi possível discutir a ocorrência de eventos extremos de temperatura na cidade de Presidente Prudente. O intuito foi dialogar com a bibliografia e compreender os limiares que podem ser considerados prejudiciais a saúde humana e ao bom funcionamento fisiológico.

Nesse momento o ponto inicial recai sobre a comparação e quantificação entre diferentes metodologias. De acordo com a intencionalidade cada técnica pode estimar valores muito discrepantes em relação ao total de eventos extremos, frequências, magnitudes e permanências.

Os eventos extremos são entendidos e classificados a partir da fonte geradora de energia seja ela de origem geofísica, hidrológicas, climatológicas, atmosféricas. Para todos eles existe um consenso clássico que apenas é possível considerar como evento extremo quando os valores estatísticos ultrapassam os limiares considerados normais/habituais. Em específico aos eventos climáticos compreende-se que existe uma variabilidade natural e que de certa forma são bem conhecidos e podem ser precavidos, contudo, só no Brasil esses eventos representam a maior porcentagem de ocorrência com 54% e atingem aproximadamente 50 milhões de pessoas, como alerta a Organização Pan-Americana de Saúde em seu relatório de 2015. Uma outra vertente científica também considera que esses episódios têm se tornado cada vez mais frequentes e intensos a partir das atividades, uso e ocupação do solo modificados pelas atividades humanas. Os desarranjos no espaço são ocasionados por valores de precipitação e temperatura cada vez menores e para isso os dados qualitativos parece ser uma boa ferramenta metodológica.

Em específico a essa pesquisa optou-se por realizar um inventário descritivo e quantitativo das ondas de calor e frio devido a dificuldade de obtenção de informações associadas a temperatura em jornais e dados de defesa civil. As informações a partir de dados primários e referente a diferentes grupos sociais e bairros poderão ser apreciados no Capítulo 8.

As ondas de calor e frio são definidas como eventos climáticos extremos caracterizados por períodos em que ocorre uma permanência de dias com temperaturas extremas quentes ou frias. Devido a essa característica é possível que ocorra diversos problemas associados ao abastecimento humano, saúde humana e animal, agricultura, entre outros.

Os casos de ondas de calor no Brasil ocorrem principalmente pela atuação de anticiclones que bloqueiam a passagem e deslocamento de massas de ar por um determinado período. Situações em que o solo e a atmosfera já se encontram previamente secos podem intensificar esse fenômeno. Além disso, existem outros processos (com pequena, média e longa duração) que quando atuam concomitantemente podem agravar ainda mais como o El Niño e Oscilação Sul (ENOS), Oscilação decadal do Pacífico (ODP), bloqueios e rupturas das ondas de Rossby, amplificação local a partir do uso do solo e atividades humanas (aglomerações urbanas, poluição atmosférica, má ventilação nos sítios urbanos).

Para as ondas de frio, elas ocorrem especialmente pelo deslocamento e permanência de massas polares em baixos e altos níveis com origem nas zonas polares ou em elevadas latitudes no oceano Pacífico leste. Sua magnitude e duração também podem ser associadas a outros mecanismos como a Fase Positiva da Oscilação Sul, La Niña, Fase Fria da Oscilação Decadal do Pacífico ou Antártica ou até mesmo do Atlântico Norte (NAO).

Em ambos os casos cada local definirá, de acordo com seu ritmo habitual, os limiares que passam a ser considerados como anômalos, extremos em relação a frequência, duração e intensidade. Isso sugere que é necessário um bom conhecimento sobre o que é habitual na área de estudo para então inferir o que é extremo.

As formas para identificação de ondas de calor e frio, assim como ocorre com os índices de conforto/desconforto térmico, são inúmeras. Cada técnica considera um determinado número de dias de permanência, normalmente acima de 2 dias, intensidade, que será definida pelo percentil do conjunto de dados ou graus absolutos associados aos elementos atmosféricos (temperatura máxima, temperatura mínima, umidade, ventos). Para essa pesquisa utilizou-se técnicas formuladas por diferentes órgãos com propostas díspares: CSDI-OMM, OMM, IPCC, Silveira, Projecto Ondas, Díaz.

Os resultados indicam que algumas técnicas se destacam entre as demais pelo elevado número de ondas de frio e calor contatadas entre os anos de 1961 a 2016. Esse foi o caso das técnicas elaboradas por Silveira e Díaz com 307 e 262 ondas de frio e 274 e 288 ondas de calor, respectivamente. Em ambas as versões são consideradas um menor número de dias de permanência quando comparadas as demais. As três técnicas com menor número total de ondas de frio e calor foram aquelas que consideram um número maior de dias de permanência (5 ou 6 dias, no

mínimo): OMM, CSDI-OMM e IPCC. Em todos esses exemplos não foi constatadas mais que 115 ondas de frio (IPCC) e 98 ondas de calor (OMM) no período dos últimos 55 anos.

Essas ondas ocorreram em períodos bem definidos: as ondas de calor puderam ser constatadas principalmente nos meses característicos da primavera (ondas com maior número de permanência – CSDI-OMM, IPCC, OMM e Silveira); e verão, ondas que consideram valores altos de temperatura tanto no período diurno quanto noturno como a técnicas de Diaz. As ondas de frio, por sua vez, são muito marcantes durante o inverno. Verificou-se que algumas técnicas como a de Silveira e Projecto Ondas tiveram de 71% a 85% das ocorrências constatadas nesse período do ano, enquanto que nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, meses característicos de verão, não foi verificado nenhuma onda de frio entre 1961 a 2016.

Em relação ao período de ocorrência observou-se que existe uma tendência de diminuição no número de ondas de frio durante as quase 6 décadas analisadas. Elas eram mais numerosas nas primeiras décadas e se tornaram mais escassas com o decorrer dos anos. Essa afirmação condiz com outra pesquisa de Fante (2014) que verificou uma diminuição no número de dias com temperaturas mais frias e um acréscimo nas temperaturas mais quentes. Isso significa que não apenas aumentou a média das temperaturas em graus Celsius, mas que também diminuiu a sequência e repetição de dias mais frios, verificado pela análise das ondas. Esses valores atingiram uma diminuição de até 85% das ondas verificadas durante a década de 1960 comparada a década de 2000, pela técnica do Projecto Ondas. Para as ondas de calor observa-se que ocorreu o inverso. As últimas décadas, 1990 e 2000 foram as que mais tiveram ondas de calor quando comparados aos períodos pretéritos. Houve um aumento de até 68% no número de ondas de calor, como pode ser verificado pela técnica de Díaz.

Os casos mais extremos de ondas de calor, com maior número de permanência, também foram constatados nesse período. Em todas as técnicas, sem exceção, as ondas com maior tempo de permanência ocorreram após os anos 2000. Isso sugere que além do aumento no número de ondas também está ocorrendo um aumento na duração das ondas o que pode gerar ainda mais desconforto e impactos negativos na saúde humana. Por outro lado, não há dúvidas que a onda de frio mais intensa tenha ocorrido no ano de 1964 entre os meses de julho e agosto, com duração

de 29, 30 dias, como pode ser verificado por cinco das seis técnicas estudadas: CSDI-OMM, IPCC, OMM, Projecto Ondas e Silveira.

Assim, diante do exposto, considera-se que essas análises são importantes para a compreensão dos eventos extremos associados a temperatura em Presidente Prudente. Ela ajudou a compreender os aspectos positivos e negativos para cada uma das aplicações e, além disso, a contabilização nos resultados e verificação do aumento no número de eventos extremos associados ao calor permite justificar, ainda mais, a pertinência dessa pesquisa e importância do conhecimento para a ciência climatológica e saúde pública.

Além disso, estima-se que uma parcela significativa da população venha sentindo os efeitos do aumento das temperaturas e do número de ondas de calor de forma mais evidente. É o caso principalmente das populações residentes nas cidades de porte médio e grande caracterizada pela elevada concentração de pessoas e forte desigualdade socioeconômica. Pessoas que moram em habitações que implementam e intensificam os efeitos negativos dos eventos extremos, mas que se veem obrigadas a conviverem nesses locais devido a estrutura social vulnerável em que estão inseridas. Esse será o foco do próximo capítulo.





## **8 A GEOGRAFIA DO CLIMA E A VULNERABILIDADE SOCIAL EM RELAÇÃO AOS EVENTOS TÉRMICOS**

### **8.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Nos capítulos anteriores houve uma tentativa de reconhecer os impactos da temperatura, na cidade de Presidente Prudente, e definir o que pode ser considerado desconfortável termicamente em situações de eventos com temperaturas extremas. Nesse capítulo a ênfase recai em um reconhecimento de quem são os principais grupos que mais sentem e sofrem com estresses térmicos e de que forma eles vivenciam o clima urbano em suas situações anômalas.

Para essa leitura parte-se do pressuposto que os grupos sociais mais suscetíveis e vulneráveis, ou seja, os menos resilientes sentem e vivenciam as experiências térmicas de modo mais agudo. Grande parte dessa singularidade se deve às desigualdades sociais e ao contexto ambiental que estas populações se inserem.

De acordo com Sant'Anna Neto (2001, 2011) é evidente que a geografia do clima se consolida de modo desarmônico no ambiente urbano e apenas uma pequena parcela da sociedade é capaz de superar, sem maiores impactos, esses períodos mais quentes/ou mais frios. Os motivos que geram essa diferenciação são diversos e expressam-se: a) nas condições que essas pessoas possuem de se precaverem e de lidarem com os impactos térmicos; b) nas residências e locais que habitam; c) nas condições econômicas, que a priori, facilitarão o acionamento de recursos a fim de amenizar as temperaturas deixando-as confortáveis.

Parafraseando Sant'Anna Neto (2001, p. 58) o:

[...] modo de produção capitalista territorializa distintas formas de uso e ocupação do espaço [...] o efeito dos tipos de tempo sobre um espaço construído de maneira desigual gera problemas de origem climáticas também desiguais. A entrada de um sistema atmosférico, como uma frente fria (Frente Polar Atlântica), por exemplo, se espacializa de maneira mais ou menos uniforme num determinado espaço, em escala local. Entretanto, em termos socioeconômicos, este sistema produzirá diferentes efeitos em função da capacidade (ou da possibilidade) que os diversos grupos sociais têm para defenderem-se de suas ações.

Além disso, se faz importante, reconhecer quais as consequências dessa vulnerabilidade na população. Como ponto de partida buscou-se identificar quais os impactos das temperaturas na percepção dos agravos à saúde da população pru-

dentina especialmente nas doenças e mal-estares subnotificados. Vale ressaltar que grupo de análise normalmente são pouco abordados devido a escassez de recursos e fontes estatísticas que permitam essa averiguação. Trata-se daquelas percepções e mal estares, que devido a menor intensidade, tentam ser resolvidos sem ajuda especializada, mas que podem se tornar problemas sérios, inclusive de saúde pública.

Diante desse contexto espera-se com esse capítulo avaliar, do ponto de vista térmico, as condições no interior das residências, local que a priori deveria servir de conforto e segurança aos moradores; distinguir as variações térmicas no ambiente urbano e possíveis relações com a estrutura construtiva nos diferentes bairros e contextos socioeconômicos; avaliar o conforto térmico em diferentes períodos do ano e compreender como as pessoas, a partir de medidas adaptativas são capazes de amenizar os impactos dos eventos extremos e ondas de calor e frio; e por fim verificar os principais impactos e a relação desse conjunto de fatores na saúde pública especialmente no agravamento de mal estares subnotificados.

## **8.2 A COMPREENSÃO DO CLIMA URBANO DE PRESIDENTE PRUDENTE À LUZ DA GEOGRAFIA DO CLIMA: APORTES TEÓRICOS PARA COMPREENSÃO DA REALIDADE LOCAL**

Para compreender a magnitude das alterações que as concentrações urbanas introduziram na atmosfera e do impacto causado nos diferentes grupos sociais parte-se da leitura de duas teorias brasileiras: a climatologia geográfica, proposta por Monteiro (1976) e a Geografia do Clima defendida por Sant'Anna Neto (2001, 2008, 2011).

A partir do momento que o homem começou a residir e trabalhar majoritariamente nas concentrações urbanas muitos estudos buscou compreender a modificação da atmosfera nas cidades (HOWARD, 1833<sup>47</sup>; CHANDLER, 1965; LANDSBERG, 1981; MONTEIRO, 1976). De modo geral, esses estudos clássicos tinham o intuito de compreender em quais situações o ambiente urbano, transformado, era suficientemente capaz de produzir microclimas que os distinguiam das áreas periféricas e especialmente dos ambientes rurais.

---

<sup>47</sup> HOWARD. Esta obra está disponível no endereço: [http://www.urban-climate.org/documents/LukeHoward\\_Climate-of-London-V1.pdf](http://www.urban-climate.org/documents/LukeHoward_Climate-of-London-V1.pdf)

Por definição, Monteiro e Mendonça (2015, p. 19) esclarecem que o clima urbano é “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”, assim sendo, a diversidade de matérias, usos e formas construtivas são fatores basilares para que ocorram diferenças térmicas em meio urbano. Amorim (2018, p. 23 e 24) considera que existem dois insumos fundamentais que se manifestam em meio urbano e potencializam os microclimas distinguindo-os do ambiente rural: as atividades desenvolvidas pela sociedade (emissão de poluentes, gases e partículas das indústrias e veículos; fluxo de pessoas, calor gerado por equipamentos, máquinas industriais, domésticas e condicionadores de ar) e; as modificações nas características da superfície (retirada da cobertura vegetal e consequente desequilíbrio do albedo; impermeabilização da superfície, alterações no relevo e modificação na drenagem urbana, canalizações e aterros; modificação dos processos de infiltração e escoamento das águas em superfície; concentração de construções e alteração dos fluxos de ar urbano; composições dos materiais construtivos que permitem, em graus variados, maior absorção e reflexão da radiação solar).

A combinação desses fatores faz com que a atmosfera responda de modo singular em cada local e, assim, sendo suficientemente capaz de produzir bolsões de ar com temperaturas mais quentes, ou mais frias, que se destacam das áreas limítrofes. Para esses bolsões com anomalias térmicas Oke (1982, p.7) atribuiu o nome de ilhas de calor e considerou que podem se manifestar de modo horizontal, vertical e temporal. Além disso, esses microclimas também podem ter origens e são identificadas em altitudes diferentes. No âmbito superficial, são expressas as diferenças, dos processos e trocas de energia, dos diferentes materiais de cobertura (ARNFIELD<sup>48</sup>, 2003, *apud* AMORIM, p. 43, 2018); as ilhas de calor atmosféricas, ou também conhecida como inferior, compreendem as anomalias que se percebem entre o nível dos solos e o nível médio dos telhados (OKE, 1978<sup>49</sup>, *apud* Amorim, p.43, 2018); e, por fim, em altitude, as ilhas de calor da atmosfera urbana superior, sobrepõem-se a ilha de calor inferior e se estende até a atmosfera livre (OKE, 1978, *apud* Amorim, p.43, 2018).

No entendimento de Amorim (2018, p. 30) esses fenômenos são:

---

<sup>48</sup> ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, v.23, n.01, p. 1-26, 2003.

<sup>49</sup> OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & LTd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978. 372 p.

(...) decorrentes da capacidade diferenciada dos materiais encontrados na superfície de armazenar e refletir a energia solar e da produção do calor antropogênico. Resultam, portanto, das diferenças no balanço de energia entre a área urbana e rural, além das diferenças existentes no interior da própria cidade.

A autora ressalta (AMORIM, 2018, p. 38) que os arranjos paisagísticos, as transformações no ambiente urbano, e a geração das ilhas de calor urbano, além de processos físicos, também devem ser reconhecidos como produtos das manifestações sociais e econômicas do grupo de pessoas que atua e modifica os ambientes, concordando com a discussão sobre a geografia do clima proposto por Sant'Anna Neto (2001).

Para a autora compreender as peculiaridades da relação entre clima e cidade, sociedade e natureza, atmosfera e produção do espaço não é tarefa fácil e isso se torna ainda mais complexo quando se admite que nas cidades de pequeno e médio porte brasileiras existe pouca clareza na diferenciação socioespacial de seus moradores e respectivo poder econômico. Muitas vezes é possível observar habitação de alto padrão construtivo próximas de outras com baixo padrão o que dificulta as intervenções pontuais nesses espaços.

Sabendo disso, reconhecer quais são os agentes modificadores desses espaços e distinguir os grupos sociais que mais sofrem com essas intervenções se torna fato indissociável e imprescindível para compreensão da realidade urbana e da relação sociedade-natureza. Nesse sentido, Sant'Anna Neto defende o entendimento de como a atmosfera interfere e atua no espaço geográfico, considerando a sociedade. Uma proposta eminentemente geográfica.

É reconhecido que se chega a um momento da ciência que distinguir áreas e compreender suas diferenças não é mais suficiente para compreender as relações geográficas desse espaço. É necessário ir além e assumir um caráter social para compreensão da produção e reprodução dos espaços urbanos considerando as relações com a atmosfera. Ou seja, entender o clima não somente como forma, mas como conteúdo.

De acordo com Sant'Anna Neto (2011, p. 47) o fato das cidades obedecerem a uma lógica de reprodução capitalista faz com que os espaços sejam cada vez mais segregados e segmentados. Há uma contradição entre a produção do espaço urbano e as condições ambientais que resultam em impactos especialmente sensíveis para alguns grupos sociais, que não podem e não tem condições econômicas de

minimizarem esses impulsos, tornando as desigualdades sociais ainda mais evidentes. Para Sant'Anna Neto (2011, p. 45) quanto maior o desequilíbrio entre o sistema urbano e o sistema climático, maior será a vulnerabilidade urbana. Os diversos grupos não experimentam e vivenciam o tempo e o clima da mesma forma e, nesse contexto, há uma *necessidade de se incorporar a dimensão social na interpretação do clima na perspectiva da análise geográfica* (SANT'ANA NETO, 2008, p. 61)

Rampazzo (2015, p. 66), que partilha da mesma perspectiva teórica, ressalta que essa visão dialética da realidade e da natureza requer a compreensão de que as lógicas e os mecanismos de produção do espaço devem ir além das formas. Deve-se considerar que essas estruturas foram construídas por uma sociedade segmentada socialmente e dispostas de forma contraditória materializando as vontades individuais. Para essa autora:

(...) procura-se não realizar uma análise superficial do ambiente construído, e supor que as consequências desta relação são apenas causais, mas que se dá em uma perspectiva relacional histórico-crítica (SAQUET<sup>50</sup>, 2013), em que várias dimensões e situações de poder e criação se inter-relacionam no mesmo espaço (RAMPAZZO, 2015, p. 65).

Armond e Sant'Anna Neto (2017, p. 7) ratificam que entender o espaço geográfico não é apenas encará-lo como um receptáculo, inerte e dissociado, mas, ao contrário, esse espaço responde como o produto de um complexo campo de tensões entre as classes sociais, agentes e instituições e, conseqüentemente, com contradições econômicas, sociais, culturais e ambientais.

De acordo com os autores supracitados os fenômenos climáticos, na maioria das vezes, são considerados “democráticos”, do ponto de vista da ocorrência, por não pressupor uma seletividade espacial, contudo, se tornam altamente impactantes em grupos segregados. Devido a sua condição sócio-histórica e econômica essas pessoas ocupam exatamente os piores terrenos dos solos urbanos e as residências menos preparadas para as condições climáticas extremas sejam de temperatura ou precipitação. Para Santos<sup>51</sup> (1994 *apud* AMORIM, 2018, p. 18) *as cidades refletem as contradições inerentes ao processo capitalista de produção do espaço e resultam*

<sup>50</sup> SAQUET, M. A. Notas de aula concentrada ministrada pelo Profº Drº. Marcos A. Saquet, na disciplina "Metodologia científica em Geografia: método, teoria e o pensamento geográfico" junto ao Programa de PósGraduação em Geografia da FCT-UNESP Presidente Prudente

<sup>51</sup> SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo: globalização meio técnico-científico-informacional**. São Paulo: HUCITEC, 1994, 190 p.

*na segregação social e espacial e na exclusão de grande parte de sua população, fato também presenciado em Presidente Prudente.*

### **8.3 RESIDÊNCIAS E OCUPAÇÕES: A DIFERENCIAÇÃO DE ÁREAS E O IMPACTO NA VULNERABILIDADE SOCIAL**

Para compreender a vulnerabilidade social existente em Presidente Prudente é preciso considerar que esse fenômeno varia no espaço e no tempo e que pode estar inserida em diferentes escalas, entendidas enquanto processos (SANT'ANNA NETO, 2011, p. 49).

Diversos autores conceituam esse processo e na perspectiva de Veyret e Richemond (2007, p. 146) a vulnerabilidade pode ser compreendida como a capacidade de antecipar, lutar, resistir e recuperar os impactos de um episódio de perdas e danos. As autoras explicam que ela pode ser medida pela estimativa dos danos potenciais que podem afetar determinado grupo, um alvo ou um patrimônio. Esses fatores podem ser definidos a partir de aspectos físicos, ambientais, técnicos, dados econômicos, psicológicos, sociais e políticos.

Sant'Anna Neto (2011, p. 54) esclarece que devido a essas características o conceito torna-se relativo uma vez que a vulnerabilidade é mais um resultado da capacidade de um indivíduo ou grupo social de defender-se ou superar o impacto causado por um evento extremo, do que a forma e intensidade de ocorrência do evento em si.

Para o autor a vulnerabilidade descreve o grau com que um sistema natural ou social é suscetível de suportar ou não os efeitos adversos, considerando o seu nível de exposição, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação (SANT'ANNA NETO, 2011, p.48).

Simas (2017, p. 25) esclarece que o termo vulnerabilidade pode ter muitas conotações, contudo, admite-se a partir das formulações de Blaikie et al (1994)<sup>52</sup> que, antes de mais nada, a vulnerabilidade é uma condição social, uma medida de resistência da sociedade ou resiliência aos riscos. Ela é produto de desigualdades sociais que historicamente foram moldadas e consolidadas.

---

<sup>52</sup> BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. 1994. At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. 1ª edição. New York: Routledge.

Para melhor elucidar essa discussão pode-se admitir que existem três linhas de abordagem ao conceito de vulnerabilidade. O primeiro em relação a uma condição pré-existente, a segunda definida a partir da vulnerabilidade como resultado de impactos, e a terceira a vulnerabilidade inerente ao local (CUTTER<sup>53</sup>, 1996, apud ARMOND, 2014, p. 68), que para Armond é fundamental na elucidação geográfica do espaço e importante para a demarcação dos espaços ocupados por diferentes grupos em situação de vulnerabilidade.

Sant'Anna Neto (2011, p. 59) esclarece que normalmente os sítios urbanos dos países de economia periférica não apresentam estrutura adequada para o usufruto de todos os grupos sociais e, portanto, essas vulnerabilidades passam a ser agravadas pelos impactos dos eventos extremos. Há um desequilíbrio entre o ambiente urbano e as práticas sociais, cidades que passam a ser consideradas como enfermas. Veyret e Richemond (2007, p. 90) relembram que as cidades latino-americanas possuem características peculiares que fazem com que sejam vulneráveis diante das ameaças naturais. São caracterizadas por vastos espaços construídos; tecido urbano muito heterogêneo, no centro e nas periferias; tiveram um rápido crescimento, liderados pela lógica capitalista, multiplicados na ordem de 10 a 50 vezes especialmente no século XX; caracterizam-se pela segregação socioespacial; e apresentam cinturões precários e de expansão da cidade habitados por uma maioria de pessoas que ocupam a classe pobre.

Desse modo todos esses fatores contribuem para que a intensidade da vulnerabilidade seja variável e produzida de forma diferenciada nas cidades. Concordando com a formulação de Sant'Anna Neto (2011, p.49), parafraseando Veyret (2007)<sup>54</sup>, a intensidade da vulnerabilidade pode ser medida pela estimativa dos danos potenciais que podem afetar um alvo, tal como o patrimônio construído ou população. Ela ocorre especialmente pela distribuição da população em torno do local do risco.

Para Armond (2014, p. 226):

(...) a vulnerabilidade se conforma enquanto um produto social, historicamente construído e que carrega uma dimensão espacial eivada de contradi-

---

<sup>53</sup> CUTTER, S. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, v. 20, n.4, 1996.

<sup>54</sup> VEYRET, Y. Os riscos. O homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

ções. Um contexto como esse acaba fazendo com que diferentes grupos sociais sejam afetados de forma diferente por eventos extremos.

Vale ressaltar que nos espaços urbanos a paisagem encontra-se em constante mutação. Conforme expresso por Whitacker (2013)<sup>55</sup> *apud* Rampazzo e Sant'Anna Neto (2014, p. 1112) *a cidade imprime em suas formas espaciais uma sobreposição de tempos, que constituem paisagens urbanas fisionomicamente distintas*. Trata-se de um acúmulo das iniciativas dos diferentes agentes, conhecimento técnico, relações sociais e econômicas, aspectos culturais e históricos que configuram formas complexas em um mesmo espaço, o urbano. Para Rampazzo (2015, p.53) essa diferenciação no contexto da produção do espaço urbano é suficientemente capaz de produzir e reproduzir problemas socioambientais antes vistos apenas nas metrópoles.

A cidade enquanto negócio e mercadoria gera uma seletividade na valorização dos espaços e reproduz segregações. Aos segmentos sociais com menor poder aquisitivo cabe as áreas menos valorizadas, com maior eminência ao risco, consequentemente, com uma vulnerabilidade cada vez mais marcante:

(...) a alteração das lógicas de estruturação das cidades tem promovido ampliação das desigualdades socioespaciais. Têm sido reforçadas dinâmicas de segregação herdadas de períodos anteriores e se iniciado, em alguns casos, processos de estruturação que apontam para a fragmentação do tecido sociopolítico-espacial (...) (RAMPAZZO, 2015, p. 53).

Um desses exemplos pode-se ser elucidado quando se observa o conjunto de ações realizadas pelos agentes econômicos e, especialmente os imobiliários. Como ressaltado por Rampazzo (2015, p. 53) é determinado por esse grupo a *organização do espaço com base no preço da terra e na distribuição de atividades* gerando, desta forma, áreas com maior suscetibilidade intraurbana, além de uma divisão econômica e social, indicadora de *status* e infraestrutura. Segundo Sposito (2011, p.1379) *apud* Rampazzo (2015, p.1112):

a morfologia vai muito além das formas, e embora parta delas, apreende as contradições do seu conteúdo e pode expressar as tramas da desigualdade na cidade, anunciando nas formas e funções a complexidade inerente à produção do espaço.

---

<sup>55</sup> WHITACKER, A. M. **Morfologia Urbana**. Urbanização e Produção do Espaço. PPGG/FCT/Unesp, 2013. [notas de aula]



Além disso, outro agente também age legitimando essa seletividade espacial: o poder público. Armond (2014, p. 26) e Rampazzo (2015, p. 57) lembram que cabe ao poder público as decisões legislativas do município. É responsabilidade desse grupo realizar o planejamento urbano e as normatizações, os zoneamentos e estratégias de novas expansões urbanas, bem como possuem o poder para atuar e evitar que os grupos mais pobres sejam ainda mais excluídos e privados dos serviços públicos. Como ressaltado por Schneider (2014, p. 26) *a classe pobre tende a acontecer em ambientes inadequados, onde na maioria das vezes não são beneficiados de investimentos de políticas públicas de infraestrutura capaz de proporcionar boa qualidade de moradia.*

Assim sendo a produção do espaço urbano, que se dá de forma desigual, legitima as condições de vulnerabilidade aos grupos mais desprovidos de recursos econômicos e sociais e, portanto, é suficientemente capaz de reproduzir os fenômenos naturais, como o clima urbano, também de modo seletivo.

Nesse sentido Rampazzo (2015, p. 55) e Amorim (2018, p.119) lembram que os processos de aquecimento e resfriamento, fluxos de ar, armazenamento de calor são modificados pelos alvos urbanos. De acordo com Amorim (2018, p.38):

(...) a geometria das edificações resulta em superfícies rugosas que modificam as trocas de energia entre a superfície e a baixa troposfera. Deste modo, os arranjos paisagísticos decorrentes das transformações no ambiente urbano interferem nas características do clima sobre as cidades, particularmente na geração das ilhas de calor urbanas.

Amorim (2018, p.38 e 39) também esclarece a diferença das propriedades radiativas dos materiais urbanos o que faz com que exista uma nítida diferença entre o clima gerado no ambiente rural, com processos mais rápidos de resfriamento após o pôr do sol e de aquecimento durante o período de insolação direta, e do ambiente urbano em que as estruturas urbanas de alta massa térmica e inércia armazenam calor durante o período de insolação e pouco a pouco libera novamente a atmosfera durante a noite.

Nas Tabela 1 e Tabela 2 é possível verificar a diferença e comparar as propriedades radiativas de materiais urbanos e característicos da zona rural, comprovando o que Amorim alertou como *mudanças nos processos de absorção, difusão e reflexão de energia sofrida pela atmosfera próxima à superfície* (AMORIM, 2018, p.38).

Sabendo dessas especificidades Amorim realizou uma pesquisa comparativa entre os diferentes horários do dia e a evolução das ilhas de calor atmosféricas a partir da técnica de modelagem espacial. Para essa análise foram considerados dados de valores obtidos em pontos fixos e dados oriundos do sensoriamento remoto e o canal infravermelho termal; e as características da superfície da cidade de Presidente Prudente como uso da terra, vegetação e relevo (AMORIM, 2018, p.108).

Os resultados apontaram o aquecimento da atmosfera em alguns locais específicos principalmente nos períodos noturnos demonstrando o poder de aquecimento dos materiais construtivos na zona urbana. Observa-se, entre os principais resultados, que as regiões da cidade com maior densidade construtiva como o centro e conjuntos habitacionais, Ana Jacinta e COHAB são também aqueles locais que permanecem maior tempo com temperaturas mais elevadas durante o dia, quando comparada a zona rural e outras áreas da cidade. Esses locais, em média, atingem valores superiores a 6°C o que para uma cidade com clima tropical representa mais horas desconfortáveis ao calor além daquelas habituais para esse contexto (Figura 72).

Tabela 1 – Propriedades radiativas de materiais urbanos.

<b>SUPERFÍCIE</b>	<b>ALBEDO (<math>\alpha</math>)</b>	<b>EMISSIVIDADE (<math>\epsilon</math>)</b>
<b>Ruas</b>		
Asfalto	0.05 - 0.20	0.95
<b>Paredes</b>		
Concreto	0.10 - 0.35	0.71 - 0.90
Tijolos	- 0.40	0.90 - 0.92
Pedras	0.20 - 0.35	0.85 - 0.95
Madeiras		0.90
<b>Telhados</b>		
Piche e Cascalho	0.08 - 0.18	0.92
Telhas	0.10 - 0.35	0.90
Ardósia	0.10	0.90
Sapé - Folhagem	0.15 - 0.20	
Chapa Ondulada	0.10 - 0.16	0.13 - 0.28
<b>Pinturas</b>		
Branças, Caiadas	0.50 - 0.90	0.85 - 0.95
Vermelha, Marrom, Verde	0.20 - 0.35	0.85 - 0.95
Preta	0.02 - 0.15	0.90 - 0.98
<b>Áreas Urbanas</b>		
Variações	0.10 - 0.27	0.85 - 0.96
Médias	0.15	0.95

Fonte: Amorim (2018, p.39) adaptado de Oke<sup>56</sup> (1987, p. 281).

Tabela 2 – Propriedades radiativas de materiais rurais.

<b>SUPERFÍCIE</b>	<b>ALBEDO (<math>\alpha</math>)</b>	<b>EMISSIVIDADE (<math>\epsilon</math>)</b>
<b>Solos</b>		
Escuro, Úmido	0.05	0.90
Claro, Seco	0.04	0.90
<b>Gramas</b>		
Alta (1m)	0.16	0.90
Baixa (0.02m)	0.26	0.95
Culturas agrícolas, Tundra	0.18 - 0.25	0.90 - 0.99
<b>Florestas Decíduas</b>		
Sem folhagem	0.15	0.97
Com folhas	0.20	0.98
<b>Água</b>		
Pequeno ângulo zenital	0.03 - 0.10	0.92 - 0.97
Grande ângulo zenital	0.10 - 1.00	0.92 - 0.97

Fonte: Amorim (2018, p.40) adaptados de Oke (1987, p.12)

Assim sendo é comprovado que existe uma diferenciação socioespacial dos grupos que pertencem e formam o sítio urbano como, também, uma relação intrínseca com os elementos naturais e notadamente o clima. Como ressaltado por Rampazzo (2015, p. 306) de acordo com a destinação social das áreas urbanas: *condo-*

<sup>56</sup> OKE, T. R. Boundary Layer Climates. Routledge, 1987. 435 p.

*mínios fechados de alto padrão, ou loteamentos populares com baixo padrão construtivo, bairros em áreas de risco (...) é refletida as consequências climáticas de organização e alteração inapropriada dos setores geográficos urbanos das cidades.*

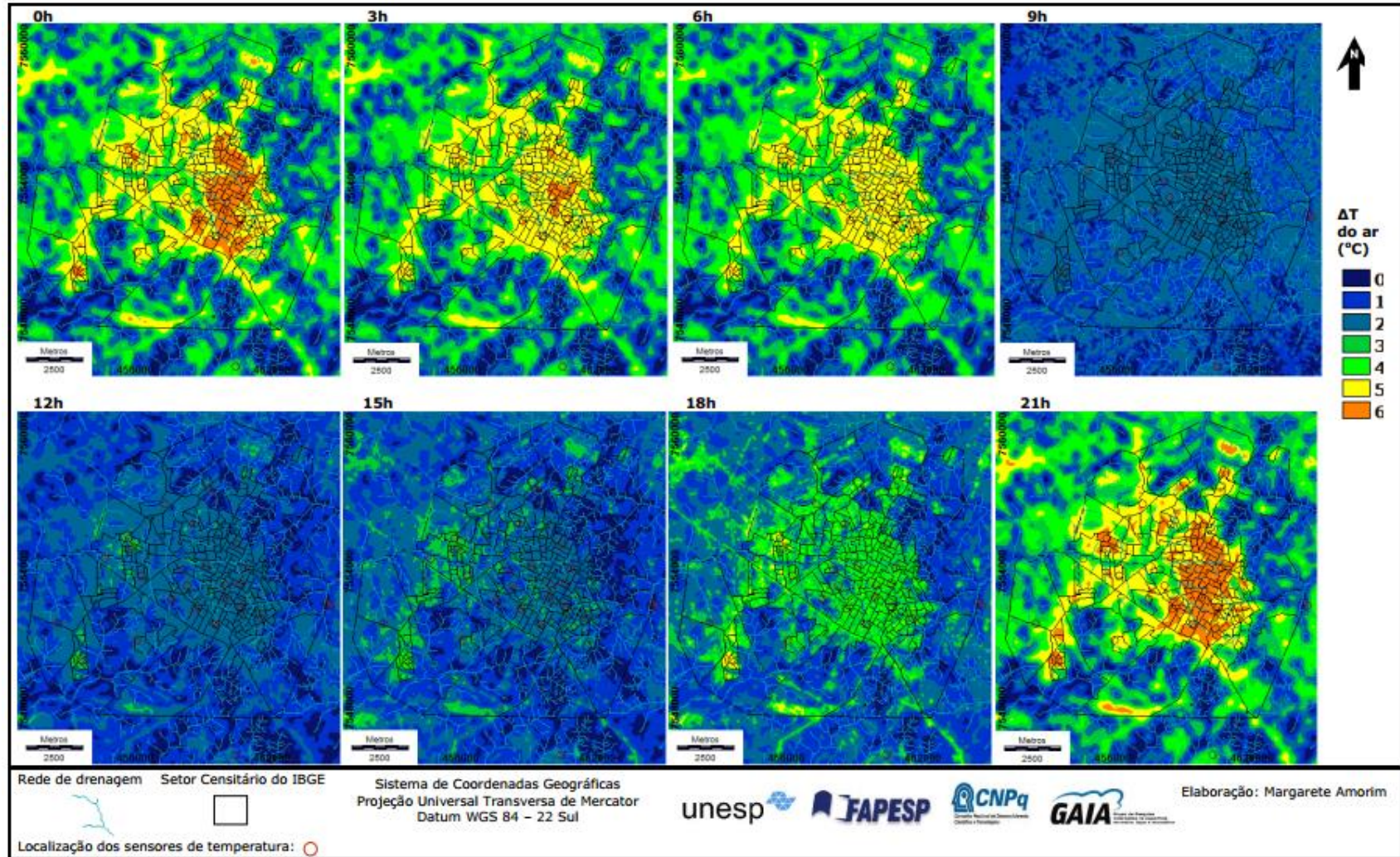
É imprescindível que os elementos do clima, diferentes em cada setor da cidade, sejam incorporados às análises urbanas. Há uma relação intrínseca entre a produção do espaço urbano, grupos sociais, vulnerabilidade e clima urbano. Assim sendo o clima, bem como outros processos supracitados, condiciona e é condicionado pelas diferentes formas de interação com o espaço habitado.

Rampazzo e Sant'Anna Neto (2014, p. 1111) avaliam que é importante considerar que o clima - e os dados de temperatura, ao qual se dedica nessa tese:

(...) podem ser interpretado como produto social que também é gerador de desigualdades. Tais perspectivas contribuem para a realização de uma análise eminentemente geográfica que integre o elemento clima enquanto produto apropriado no espaço e, que passa a ser produzido socialmente e seus efeitos aos segmentos menos favorecidos da população os tornam mais vulneráveis e susceptíveis aos seus efeitos mais negativos (RAMPAZZO, SANT'ANNA NETO, 2014, p. 1111).

Contudo, não basta apenas diferenciá-lo, mas é necessário compreender como essas disparidades ocorrem; quem são os grupos mais vulneráveis; de que forma ele se consolida no interior das habitações, local de maior permanência da população ao longo dos dias. Algo que será tratado nesse capítulo.

Figura 72 – Evolução diária das ilhas de calor atmosféricas. Média do período de 01/06/2015 a 28/02/2016.



Fonte:

Amorim

(2018,

p.130).



#### **8.4 APRENDENDO A CONVIVER COM AS TEMPERATURAS EXTREMAS. DO ACESSO AO MEIO TÉCNICO ÀS MEDIDAS ADAPTATIVAS**

A percepção e vivência do clima, assim como o acesso às medidas adaptativas adequadas e efetivas, são experimentadas de modo distinto entre os grupos sociais. Isso se deve a diferença entre o poder econômico dos grupos, bem como o acesso as técnicas do que é produzido. Sant'Anna Neto (2001, p.58) ressalta que nem todas as classes sociais possuem *os mesmos meios para lidar com a ação dos fenômenos atmosféricos, de forma a minimizar ou otimizar os seus efeitos* (SANT'ANNA NETO, 1998<sup>57</sup> *apud* SANT'ANNA NETO, 2001, p.58). Cita-se, por exemplo, a moradia em residências confortáveis termicamente, a obtenção de produtos que auxiliam no aquecimento e refrescamento do corpo e do ambiente, roupas, sapatos, isolantes térmicos, cobertas, edredons, aquecedores, ar condicionados, chuveiros elétricos, ventiladores, alimentos nutritivos e adequados ao contexto climático, além do próprio conhecimento do que é adequado e eficaz para saúde humana em situações de temperaturas extremas.

Santos (2013, p. 129), analisando os diferentes acessos ao que é globalmente disperso afirma que *o que é produzido – necessária ou desnecessariamente – é desigualmente distribuído. Daí a sensação e, depois, a consciência da escassez: aquilo que falta em mim, mas que o outro mais bem situado na sociedade possui.*

De acordo com esse autor *o reino da necessidade existe para todos, mas segundo formas diferentes* e, portanto, a sociedade pode ser dividida entre possuidores e não possuidores (SANTOS, 2013, p.129). Aos possuidores é viável a fuga da escassez e a superação, ainda que provisória. Para esse grupo é nítido um círculo vicioso entre a falta e a satisfação e pode-se atribuir o *status* de consumidor satisfeito com repetições de experiências exitosas.

Quanto aos “não possuidores” sua convivência com a escassez é conflituosa. *Na briga cotidiana pela sobrevivência, não há negociação possível para eles, e, individualmente, não há força de negociação* (SANTOS, 2013, p. 130). Para esse grupo o professor Milton Santos distingue os miseráveis e os pobres, sendo que os miseráveis são aqueles que acabam por ter uma privação total ao acesso, com o aniqui-

---

<sup>57</sup> SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e organização do espaço. Boletim de Geografia, 16: 119-131, Maringá, 1998.



lamento, ou quase, da pessoa, enquanto que na pobreza pode-se compreender como uma situação de carência, mas que ainda assim é possível uma tomada de consciência e também de luta para a superação (SANTOS, 2013, p.132).

Vale ressaltar que quando Santos escreveu sobre esse assunto ele se referia às disparidades de acesso a globalização, contudo essa teoria pode ser transposta para a climatologia e a limitação também existente entre os grupos frente as intempéries climáticas e o acesso ao meio técnico que podem protegê-las. Sant'Anna Neto (2001, p. 48) complementa que *cada sociedade e, ainda mais, cada segmento social e, dentro deste cada individuo, em particular, distinguem-se por diferentes capacidades e instrumentos disponíveis para enfrentar as catástrofes*. Para o referido autor o clima possui papéis mais ou menos preponderantes para as atividades antrópicas. Em alguns territórios ele é determinante em função do:

(...) estágio do aparato tecnológico e do desenvolvimento econômico, em outros a sofisticada tecnificação e as relações de produção altamente modernas minimizam os efeitos adversos da dinâmica climática. Assim, esta relação clima-sociedade não mais se dá na dimensão do homem enquanto raça ou individuo, mas sim no contexto do homem como ser social e inserido numa sociedade de classes e pertencente a um dado meio técnico e científico (SANT'ANNA NETO, 2001, p.59).

Desta forma, ratificando o que Rampazzo (2015, p. 24) escreveu sobre o assunto, *os diferentes graus de susceptibilidade urbana são aplicáveis aos diferentes graus de tecnificação empregados nos diferentes espaços*. Para as temperaturas isso fica claro quando, por exemplo, as pessoas não tem acesso a aquisição de aparelhos específicos para amenizar o calor, como os ar condicionados; ou quando o possuem são obrigadas a se privar de usá-lo por não ter condições econômicas suficientes para arcar com as despesas de consumo energético; ou ainda, grupos que se submetem a práticas arcaicas, como esquentar água no fogão para tomar banho nos períodos frios, porque não possui a estrutura elétrica necessária para suportar o grande consumo dos chuveiros elétricos no frio; famílias que se acomodam todas no mesmo cômodo para economizar o consumo de mais de um aparelho ventilador; ou ainda grupos que tem como única alternativa se retirar de sua residência e se proteger na sombra de uma árvore, na calçada de suas casas.

Sant'Anna Neto (2008, p. 65) ressalta que essas situações extremas são agravadas para esses grupos mais vulneráveis:



Numa noite fria, uma família de baixa renda, sem o vestuário adequado e subalimentada, torna-se potencialmente vulnerável aos casos de doenças respiratórias. Menos provida de defesas aos agentes causadores das enfermidades, esta população está mais suscetível a contrair doenças e menos apta a sair mais rapidamente deste quadro de agravo. A maior parte das unidades habitacionais é formada por residências com telhado de fibras de concreto (do tipo Eternit) e por meias paredes de blocos cerâmicos. Ambos os materiais não são isolantes térmicos, o que propicia o intenso ingresso de ar frio para o interior da moradia.

Além disso, o mesmo pesquisador também ressalta o grupo de risco que, em geral, mais sofre com essa inércia, os idosos. Sant'Anna Neto (2011, p.53) indica que esse grupo permanece entre 10 e 14 horas diário em suas residências, um grupo em boa parte de baixa renda, com poucas condições de adquirir materiais construtivos em suas residências adequadas para viver com qualidade de vida. A essas consequências o grupo dos “não possuidores” submete-se cotidianamente e representa a sobreposição de tempos e acessos à tecnologia de modo diferenciado. É exatamente nas cidades capitalista que tempos rápidos e lentos e grupos mais ou menos capazes de superar as crises e intempéries climáticas convivem e aprendem diariamente como conviver com as temperaturas extremas.

### **8.5 AGRAVOS NA SAÚDE PÚBLICA: AS RELAÇÕES DESARMÔNICAS ENTRE O CLIMA E O CORPO HUMANO.**

Muitos desses impactos, agravados pela vulnerabilidade social, podem ser verificados a luz das enfermidades e desencadeamento de doenças e mal estares. Como verificado nos capítulos 7 e 7 sobre conforto térmico e ondas de calor e frio o organismo humano é estritamente influenciado pelas condições do meio ambiente.

De acordo com Aleixo e Sant'Anna Neto (2017, p. 19) o processo de saúde-doença pode ser provocado pela segregação socioespacial a medida que a existe uma capacidade diferenciada de adaptação humana. Muitos desses impactos puderam ser estudados por pesquisadores com o intuito de *compreender os processos que podem desencadear doenças, como aqueles que criam ambientes saudáveis* (SILVA, RIBEIRO e SANTANA, 2014, p.3).

Em referência aos estudos realizados, a grande parte relaciona as condições atmosféricas, e, especialmente, de temperatura e umidade, com enfermidades associadas aos sistemas respiratórios e cardiovasculares (SOUZA, 2008; MURARA, 2012; BASU e SAMET, 2002; SILVA e RIBEIRO, 2012; SHIMODA, 2003). Verifica-

se que essas pesquisas merecem destaque, uma vez que, no Brasil essas são as doenças que geram os maiores contingentes de mortes segundo o capítulo do CID-10, como pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3 - Óbitos no Brasil por ocorrência segundo Capítulo CID-10

<b>Brasil</b>	<b>2017</b>	<b>2015</b>	<b>2010</b>	<b>2005</b>	<b>2000</b>	<b>1996</b>
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	54.874	55.022	48.823	46.628	44.515	38.664
II. Neoplasias (tumores)	221.821	209.780	178.990	147.418	120.517	99.058
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	79.662	76.235	70.276	53.983	47.281	49.299
VI. Doenças do sistema nervoso	38.786	34.721	25.303	16.384	11.575	9.813
<b>IX. Doenças do aparelho circulatório</b>	<b>358.882</b>	<b>349.642</b>	<b>326.371</b>	<b>283.927</b>	<b>260.603</b>	<b>244.602</b>
<b>X. Doenças do aparelho respiratório</b>	<b>155.620</b>	<b>149.541</b>	<b>119.114</b>	<b>97.397</b>	<b>88.370</b>	<b>83.297</b>
XI. Doenças do aparelho digestivo	66.052	64.202	58.061	50.097	43.029	37.394
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	6.100	4.970	3.225	2.014	1.652	1.069
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	5.912	5.385	4.541	3.084	2.478	1.631
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	40.470	36.549	24.519	18.365	13.370	12.544
XVIII. Sint sinais e achad anorm ex clín e laborat	71.822	71.713	79.622	104.455	135.749	144.830
XX. Causas externas de morbidade e mortalidade	158.657	152.136	143.256	127.633	118.397	114.888
<b>TOTAL</b>	<b>1.312.663</b>	<b>1.264.175</b>	<b>1.136.947</b>	<b>1.006.827</b>	<b>946.686</b>	<b>893.877</b>

Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM

Apenas no ano de 2017 mais de 350 mil mortes foram constatadas em decorrência de doenças do aparelho circulatório, a maior causa dentre todas as demais, enquanto que doenças do aparelho respiratório foram responsáveis por mais de 155 mil mortes no mesmo ano. Esse cálculo representa um percentual de 27,33% de todos os óbitos ocasionados por doenças circulatórias e 11,86% para as doenças do aparelho respiratório.

Na cidade de Presidente Prudente esse padrão também assume posição de destaque e as doenças do aparelho circulatório representaram 823 mortes só no ano de 2017; seguida por neoplasias; e em terceiro lugar por doenças do aparelho respiratório, 474 óbitos (Tabela 4).

Tabela 4 - Óbitos em Presidente Prudente por ocorrência segundo Capítulo CID-10

Presidente Prudente	2017	2015	2010	2005	2000	1997
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	106	150	134	93	95	88
II. Neoplasias (tumores)	679	630	504	463	305	238
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	95	102	127	76	99	85
VI. Doenças do sistema nervoso	105	95	65	54	30	27
IX. Doenças do aparelho circulatório	823	823	668	534	500	515
X. Doenças do aparelho respiratório	474	369	338	200	140	175
XI. Doenças do aparelho digestivo	216	234	167	185	107	104
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	30	22	14	10	6	4
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	14	21	10	9	8	8
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	143	122	99	67	27	33
XVIII. Sint sinais e achad anorm ex clín e laborat	87	149	196	203	183	179
XX. Causas externas de morbidade e mortalidade	207	210	189	173	159	172
<b>TOTAL</b>	<b>3.099</b>	<b>3.039</b>	<b>2.616</b>	<b>2.171</b>	<b>1.790</b>	<b>1.729</b>

Fonte: MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM

Contudo para que se chegue a esse estágio extremo grande parte da população convive nos períodos de temperaturas mais extremas com os mal-estares considerados subnotificados. Trata-se de pequenas alterações ocasionadas pela relação entre organismo humano e o ambiente capaz que ocasionar mudanças no humor, rendimento, desconforto e mal-estares. São consideradas subnotificadas porque normalmente não são contabilizadas nos dados oficiais uma vez que a população, para esses casos, pouco procuram ajuda especializada; tentam se auto-mediar; ou esperam melhorar.

Na literatura poucas pesquisas puderam focar nessas questões e em alguns casos podem ser discutidas pelo seu viés ideológico e determinista. Estudos, como o de Nelson *et. al.* (1987), por exemplo, verificou a partir de testes em câmaras controladas o desempenho na produtividade, fadiga e estado psicológicos (humor, vigor, concentração) de um grupo selecionado. Os resultados indicaram que a produtividade é maior em ar frio do que em ambiente confortável ou quente, além de incrementar o vigor, concentração e ativação do bom humor.

Outro estudo realizado por Woods e Winakor (1981), realizado em uma lavanderia de um hospital nos Estados Unidos, constatou que a *performance*, manual, perceptiva e intelectual normalmente é maior em situações de conforto térmico.

Contudo, longe de legitimar questões que poderiam ser identificadas como deterministas, o que se busca comprovar é que a saúde humana pode ser agravada pelas condições atmosféricas. Mesmo que não exista uma relação direta, causa-efeito, extremamente nítido na maioria dos casos, deve-se admitir o papel potencializador das condições atmosféricas na saúde e bem estar da população humana.

Embasados nessa discussão Silva, Ribeiro e Santana (2014, p. 16) ressaltam que essa é uma questão complexa, mesmo que resultados apontem associação entre agravos na saúde e variáveis atmosféricas. Segundo as autoras a maioria dos estudos *que focalizam morbidade são mais restritos e geralmente focados em internações hospitalares, uma vez que a produção de dados primários sobre adoecimento é mais custosa e difícil de ser levada a cabo em qualquer lugar do mundo* (Silva, Ribeiro e Santana (2014, p.7).

Deste modo, ainda que incipiente, houve uma tentativa nessa pesquisa de dar voz a população e buscar compreender quais são as principais causas de desconforto e adoecimento geradas e identificadas em períodos de calor e frio.

## **8.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para atingir os objetivos analíticos propostos nesse capítulo foram realizadas intervenções com a população de Presidente Prudente, direcionadas a duas formas de análise: com a pesquisa locacional com grupos residentes e pertencentes a contextos socioeconômicos diferentes; e com questionários aplicados aos moradores da cidade, metodologia explicitada no item Procedimentos metodológicos da tese.

Para a primeira etapa foram selecionadas seis residências distribuídas em bairros diferentes e locais com padrões construtivos díspares (Figura 73, Figura 74)). Essas residências representam as diferentes áreas de inclusão e exclusão social sinalizada pelo trabalho de pesquisa do Centro de estudos e de mapeamento da exclusão social para políticas públicas (CEMESPP), verificado na figura 7, e também do mapa de potenciais unidades climáticas, figura 3, definido por Cardoso (2017), na caracterização da área de estudo:

- Residência no condomínio fechado “Residencial Dahma 1”, bairro considerado de padrão construtivo médio a alto; localizado na área periférica da cidade na porção sul; estrutura de alvenaria, laje e telhado de cerâmica branca; pé direito padrão; pouca arborização próxima e no entorno; terreno impermeabilizado com revestimento; com recebimento solar direto especialmente no período vespertino; fachada voltada ao norte;
- Residência na “Vila Santa Helena”; bairro considerado de padrão construtivo médio; localizado em área densamente edificada próximo ao centro

da cidade; sobrado, com estrutura de alvenaria, laje e telhado de cerâmica vermelha; pé direito padrão; bairro arborizado, mas com pouca vegetação arbórea próxima do local; terreno impermeabilizado com revestimento; pouca recepção solar no térreo durante o dia, local onde os sensores foram instalados; fachada voltada ao norte;

- Residência na “Vila Dubus”; bairro com padrão construtivo médio, localizado próximo a área central da cidade na porção centro-leste e densamente edificado; sobrado construído em meio terreno, estrutura de alvenaria, laje e telhado de fibrocimento branco; pé direito duplo na parte térrea; localizado próximo a praça arborizada com espécies de grande porte; terreno impermeabilizado e todo construído; pouca recepção solar no térreo durante o dia, local onde os sensores foram instalados; fachada voltada ao sul;
- Residência no “Parque Castelo Branco”; bairro residencial popular, localizado na área periférica e de expansão da cidade (setor norte/nordeste); casa de alvenaria, laje e telhado de fibrocimento; pé direito baixo; bairro com arborização de médio porte; terreno impermeabilizado com concreto, com áreas não concretadas e vegetação de pequeno, médio e grande porte (mangueiras e coqueiros) no quintal, próximo a residência; fachada voltada ao setor norte;
- Residência no “Conjunto Habitacional COHAB”; bairro com padrão construtivo popular, localizado em área densamente edificada, no setor oeste da cidade; casa de alvenaria, laje e telhado de fibrocimento; pé direito padrão; escassa vegetação arbórea; terreno impermeabilizado com concreto; fachada voltada ao setor leste;
- Residência no “Conjunto habitacional Ana Jacinta”; bairro com padrão construtivo popular, localizado em área densamente edificada, no setor sudoeste da cidade; casa de alvenaria e telhado de cerâmica vermelha; pé direito padrão; bairro com arborização de médio porte; terreno impermeabilizado e construído; fachada voltada ao setor oeste.

A fim de avaliar o conforto térmico nessas residências foram instalados sensores internos e externos em dois períodos do ano de 2017 e 2018: durante os meses característicos do verão, de 17/12/2017 a 28/02/2018, 64 dias; e nos meses ca-

racterísticos do inverno, de 10/06/2018 a 18/08/2018, totalizando 62 dias. Foram obtidos os dados de temperatura e umidade, com a frequência de compilação horária dos dados.

Os sensores usados são os mesmos descritos no item Procedimentos metodológicos com o acréscimo do sensor interno que quando programado recebe as informações do sensor externo e armazena as informações no *data logger*. Todos os equipamentos utilizados são da marca TFA, indústria alemã, e antes da instalação foram testados durante uma semana a fim de observar discrepâncias entre os aparelhos e possíveis falhas na recepção de dados.

Mesmo com esse cuidado e testes no período de compilação dos dados de inverno ocorreram falhas em dois equipamentos localizados no residencial Dahma e na Vila Dubus. Nesses locais os dados externos não foram armazenados nos respectivos *data loggers* internos. Para essas situações, todas as análises comparativas foram supridas com os dados da estação meteorológica de Presidente Prudente.

Figura 73 - Alguns dos locais onde os sensores foram instalados no ambiente interno e externo (sensor com proteção): 1 e 2, Residencial Dahma; 3 e 4, Vila Dubus; 5 e 8, Parque Castelo Branco; 6 e 7, COHAB; Equipamentos utilizados na pesquisa. Acima sensor externo e abaixo sensor interno.



Fonte: Dados da pesquisa



Figura 74 - Locais onde os sensores foram instalados.

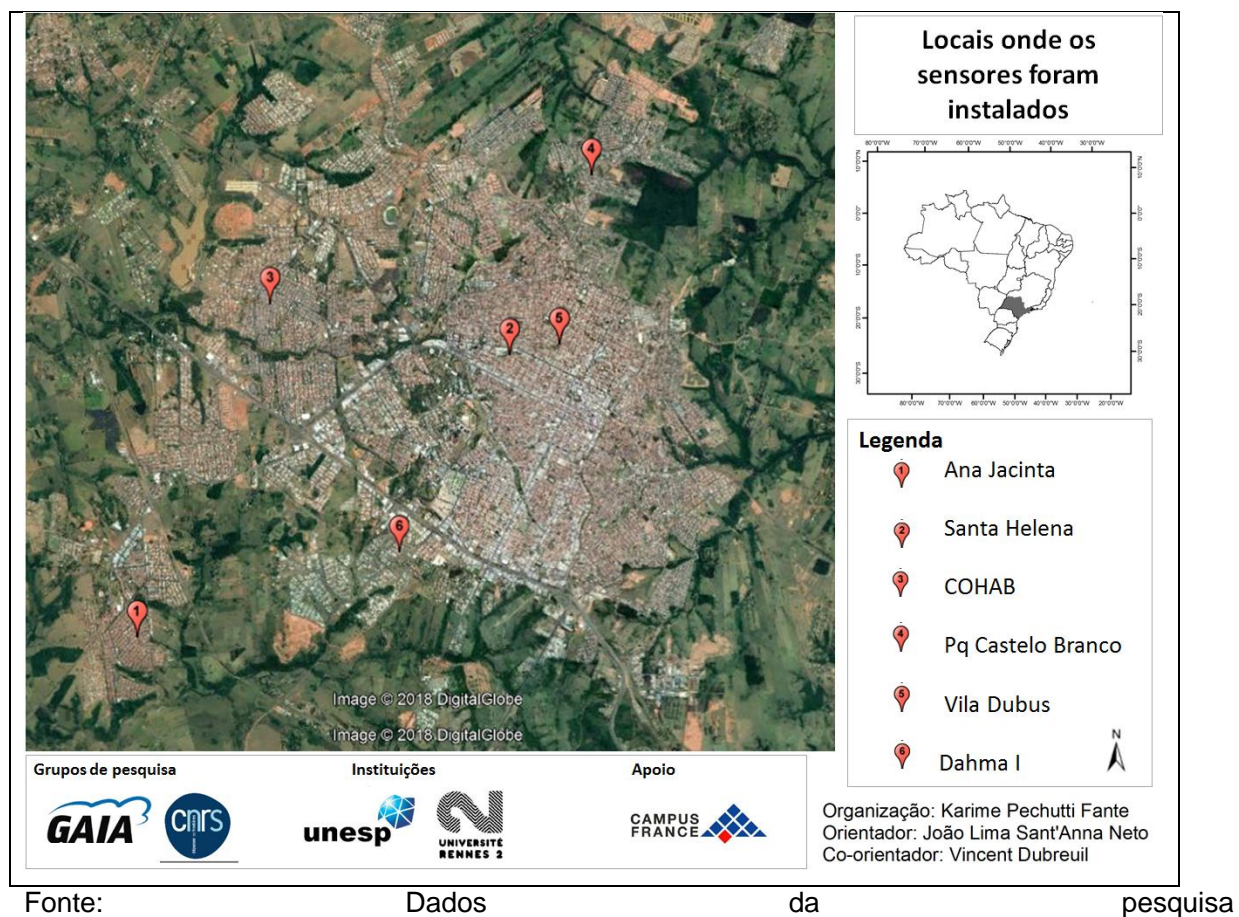








Figura 75 - Mosaico de fotos aéreas das residências/bairros pesquisados.

		
<p>Ponto 1. Local: Bairro Ana Jacinta.</p>	<p>Ponto 2. Local: Bairro Santa Helena.</p>	<p>Ponto 3. Local: Bairro COHAB.</p>
		
<p>Ponto 4. Local: Bairro Castelo Branco.</p>	<p>Ponto 5. Local: Vila Dubus.</p>	<p>Ponto 6. Local: Bairro Dahma 1.</p>
<p>Fonte: Dados da pesquisa. Organizado por: Washington Paulo Gomes.</p>		



Nas residências os locais de instalação dos equipamentos foram (Quadro 30):

Quadro 30 - Locais de instalação dos sensores internos e externos.

Residências	Local de instalação do sensor interno	Local de instalação do sensor externo.
Ana Jacinta	Sala	Área externa
COHAB	Copa	Garagem lateral, lajotada.
Parque Castelo Branco	Sala	Sob árvore de grande porte (Mangueira).
Vila Dubus	Prateleira da cozinha/sala (térreo)	Área dos fundos, lajotada.
Vila Santa Helena	Prateleira da cozinha/copa (térreo)	Área dos fundos
Dahma	Sala/escritório	Área dos fundos, lajotada.

Fonte: Dados da pesquisa

Com os dados obtidos nesses locais foram organizadas as seguintes análises:

- **Análise do lugar:** identificação das diferenças térmicas no ambiente interno e externo, durante o verão e inverno. Para essa análise foram calculadas as médias diárias, obtidas inicialmente com dados horários, dos sensores instalados dentro e fora das residências. Para comparação da amplitude térmica os dados foram dispostos em gráficos.

Ainda, com o mesmo propósito, mas com maior detalhamento, os dados também foram comparados por hora do dia. Foi realizado o cálculo médio do período, comparando as diferenças térmicas do ambiente interno e externo, para as 24 horas do dia.

- **Análise do conforto térmico interno e externo.** Com o intuito de contabilizar e compreender as situações de conforto térmico os dados de temperatura e umidade puderam ser verificados a partir da metodologia de Thom (1959). Ainda que outras técnicas demonstrassem maior exatidão do conforto térmico para esse contexto optou-se por escolher a segunda melhor metodologia indicada no capítulo II. Havia uma limitação metodológica que recaía sobre o tipo de dados obtidos com os

sensores disponíveis: temperatura e umidade. Os resultados foram apresentados em gráficos que indicam o percentual de horas com determinadas classes de conforto para os ambientes internos e externos nos períodos de inverno e verão.

Por fim, a última análise se desdobrou em duas análises que abrangeu um número maior de pessoas que puderam expressar suas percepções em relação ao conforto térmico e saúde. Os procedimentos metodológicos para aplicação do questionário pode ser novamente verificado no item Procedimentos metodológicos.

Num primeiro momento, em conformidade aos objetivos desse capítulo, foram analisadas as respostas sobre a percepção sobre a residência em que habitam, os materiais construtivos, presença de vegetações e comparação entre a condição térmica entre o local de aplicação do questionário e a memória sobre sua residência.

Também foram observados, no contexto da geografia do clima, os recursos utilizados e medidas de adaptação ao calor e ao frio. Verificou-se por meio da análise do discurso, especialmente a partir da frequência e repetição das palavras, as principais práticas adaptativas ao frio e calor utilizadas pela população prudentina, bem como o percentual de respostas. O produto analisado para a análise do discurso pôde ser gerado a partir do site *word clouds* e conforme maior frequência das palavras respondidas foi gerado uma nuvem de palavras, com ressalvas em tamanho e cor, por consequência, as que merecem maior destaque. A forma e disposição dessa nuvem de palavras, bem como a eleição das palavras com maior destaque, tamanhos maiores e com coloração negrito, é gerada por algoritmos próprios do sítio da internet referido acima.

Na segunda parte dessa análise a ênfase recai na percepção da população entre as condições ambientais e a saúde. Foram verificados, por exemplo, como as pessoas se sentem durante períodos de calor e frio, suas preferências e impactos na saúde, elucidando, por exemplo, os principais problemas de saúde associados nesses períodos do ano e as medidas para recuperação.

## 8.7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 8.7.1 Análise do lugar: as residências e a amplitude térmica. Diferenças diárias entre o meio externo e interno (verão e inverno)

Para a análise comparativa das temperaturas diárias, entre o ambiente interno e externo, nos meses característicos do verão, deve-se considerar que houve dois períodos com temperaturas mais amenas: dias 09/01/2018 e 20/02/2018 em que as temperaturas atingiram valores próximos a 22°C; e três períodos com as temperaturas diárias mais elevadas: 17/12/2017, período de 21 a 24/01/2018 e 08 e 09/02/2018, com valores superiores a 30°C e 32°C. Destaca-se esses períodos, pois nessas situações foi possível observar as maiores evidências e diferenças entre os ambientes externos e internos, quando é nítido o papel das residências, ambiente locacional e conjunto arquitetônico e construtivo nas amenizações e incrementos das temperaturas.

Para o período analisado observa-se que em relação a média diária quatro casas mantiveram as temperaturas mais elevadas que o ambiente externo. Esses valores oscilam de 0,7°C, nas residências localizadas na Vila Santa Helena e COHAB, até 1,9°C na residência do Parque Castelo Branco. Nas residências do Ana Jacinta e Dahma as temperaturas médias internas foram de -0,5°C, quando comparada ao ambiente externo.

Para os períodos mais críticos, nos períodos supracitados, quando as temperaturas se tornam ainda mais elevadas que o habitual poucas residências tornaram o ambiente interno mais confortável que o externo, sendo inclusive em alguns casos um potencializador das temperaturas mais elevadas no ambiente *indoor*. Isso ocorreu, por exemplo, com as residências na COHAB, 1,6°C; Vila Dubus, 1,9°C e Parque Castelo Branco em que as temperaturas internas diárias foram superiores a externa e chegaram a até 3,4°C em 25/01/2018.

Contudo ainda não foi nessa situação, de temperaturas mais quentes que o habitual, em que ocorreram as maiores diferenças entre o ambiente interno e externo. No dia 20/12/2017, por exemplo, a residência no Parque Castelo Branco verificou a diferença média diária de 5,1°C mais quente o ambiente externo, máximo valor registrado nessa pesquisa de campo. Nas demais residências os valores máxi-

mos puderam ser verificados entre 2,4°C, no Dahma, a 4,6° C na vila Santa Helena também nessa data.

Os valores em que as temperaturas internas foram menores que no ambiente interno foram de no máximo -4°C na residência localizada no Dahma, contudo em três casos não atingiram nem -1° mais ameno nas residências da COHAB, Parque Castelo Branco e Vila Dubus sendo que nas duas últimas residências, o mais interessante é que não houve nenhum dia com temperaturas internas mais amenas que as externas. Apenas para elucidar essa situação o valor mínimo de diferença no ambiente interno na Vila Dubus foi de 0,6°C (Fonte: Dados da pesquisa

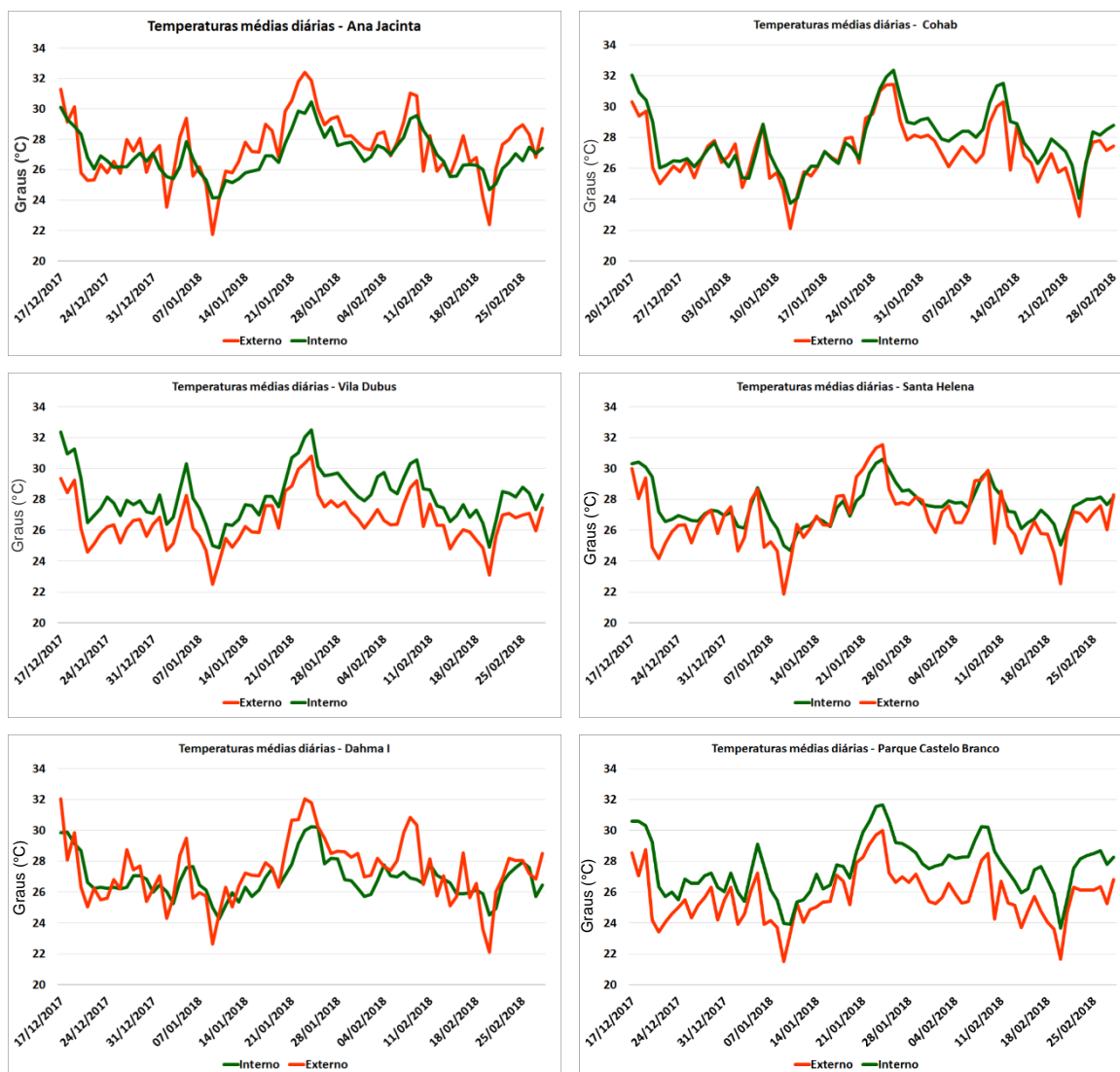
Figura 76, Quadro 31).

Quadro 31 - Principais resultados da comparação das temperaturas internas e externas diárias durante o verão.

Locais	Máximo	Mínimo	Média
Ana Jacinta	2,7°	-2,7°	-0,5°
Santa Helena	4,6°	-1,7°	0,7°
Dahma	2,4°	-4°	-0,5°
Pq. Castelo Branco	5,1°	0,1°	1,9°
Vila Dubus	3,3°	0,6°	1,6°
COHAB	3,2°	-0,8°	0,7°

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 76 - Gráficos comparativos entre as temperaturas médias diárias do ambiente interno e externo - verão.



Fonte: Dados da pesquisa

Esses resultados demonstram que nas residências analisadas existe um predomínio de situações com temperaturas internas mais quentes, quando deveria haver condições mais amenas, uma vez que é um período crítico e de valores de temperaturas elevadas em Presidente Prudente. No verão as temperaturas máximas comumente atingem valores mensais superiores a 30°C, como verificado por Fante (2014, p.128). Nesse caso as residências de deveriam servir como um local de proteção tornam-se potencializadoras de situações desconfortáveis e de temperaturas ainda mais elevadas.

No período de inverno, quando as temperaturas ficaram principalmente entre 20°C e 25°C, a condição de incremento nas temperaturas internas se tornou uma proteção aos períodos mais frios e manteve os valores internos das residências

sem grandes amplitudes e próximos do habitual em que a população está acostumada ao longo do ano<sup>58</sup>. Contudo é importante destacar que os períodos mais frios são raros em Presidente Prudente, eles ocorrem em situações muito pontuais. Além disso, como verificado no item 7.3 – ondas de calor e frio, a tendência recente é de diminuição no número e intensidade das ondas de frio.

Para o período de estudo constatou-se dois períodos principais com temperaturas inferiores a 20°C: entre 9 e 12/07/2018 e 03 a 11/08/2018.

A diferença entre o ambiente interno e externo nesse período de análise constatou diferenças ainda mais significativas, quando comparado ao verão. Na maior parte do período as residências mantêm temperaturas mais elevadas protegendo a população residente. A exceção ocorreu nas residências do Ana Jacinta e da COHAB. Nesses locais as temperaturas internas foram muito próximas as do ambiente externo e, por consequência, essa característica construtiva manteve as pessoas residentes vulneráveis as condições de maior frio. Em contraponto as residências localizadas no Dahma, Vila Dubus, Santa Helena e Parque Castelo Branco foram muito efetivas para amenizar a amplitude térmica dos períodos mais frios, sendo inclusive constatado 11,4° a mais que o ambiente externo no residencial Dahma, no dia 10/07/2018, quando as temperaturas no ambiente externo chegaram a 13,9°C (Fonte: Dados da pesquisa

Figura 77).

Quando se analisam as médias diárias observa-se que em quase todas as residências, as temperaturas internas foram superiores as externas. Destaca-se que na COHAB as temperaturas foram superiores a 0,4°C, e o máximo pode ser verificado no residencial Dahma, com 3,8°C mais quente que no ambiente externo (Quadro 32).

Quadro 32 - Principais resultados da comparação das temperaturas internas e externas diárias durante o inverno.

Locais	Máximo	Mínimo	Média
Ana Jacinta	5,8°	-3,7°	-0,1°
Santa Helena	6,5°	-2,9°	1,0°
Dahma	11,4°	-1,6°	3,8°
Pq. Castelo Branco	6,3°	-0,4°	1,7°
Vila Dubus	6,6°	-1,6°	1,9°

<sup>58</sup> De acordo com Fante (2014, p. 142 e p. 148) na maior parte dos dias as temperaturas máximas em Presidente Prudente ficam em torno de 29°C a 31°C e as temperaturas mínimas entre 20°C e 22°C.

COHAB	2,8°	-1,6°	0,4°
-------	------	-------	------

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 77 - Gráficos comparativos entre as temperaturas médias diárias do ambiente interno e externo - inverno.



Fonte: Dados da pesquisa

### 8.7.2 Análise do lugar: diferenças horárias entre o ambiente externo e interno (verão e inverno)

A partir da comparação horária, entre o ambiente interno e externo, verificaram-se algumas especificidades nas residências analisadas: de modo geral, há um predomínio de temperaturas mais elevadas dentro das residências, comparado ao ambiente externo, nos períodos noturno e matutino. Somente por volta das 11h da manhã é que ocorre uma inversão: as temperaturas internas começam a ser menores que as externas e se mantêm até por volta das 18h e 19h.

Do conjunto de residências analisadas pode-se distinguir 3 grupos a partir da maior/menor discrepância das temperaturas com o ambiente externo:

-Grupo 1. Composto pelas residências do Ana Jacinta e Dahma. Durante o verão, essas foram as residências em que mais tiveram dados discrepantes do ambiente externo e, conseqüentemente, esses resultados indicam as casas mais frias/com temperaturas mais amenas. Nessas duas residências observou-se até  $-4^{\circ}\text{C}$ , nos horários das 14h, 15h e 16h, como na casa do Ana Jacinta, enquanto que no Dahma a maior diferença pôde ser verificada no entardecer, por volta das 19h, quando a casa teve em média  $-3^{\circ}\text{C}$  comparada ao ambiente externo.

- Grupo 2. Composto por situações intermediárias verificados nas casas da Vila Santa Helena e na COHAB. Nesses locais presencia-se uma menor temperatura nos ambientes internos, comparado ao externo, mas com valores que não ultrapassam  $-2,5^{\circ}\text{C}$  e  $-2^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

- Grupo 3. Por fim o ultimo grupo é composto por duas residências que no período vespertino pouco auxiliara na amenização das temperaturas. Refere-se às residências do Parque Castelo Branco, com temperaturas que não excedem  $-1^{\circ}\text{C}$ , e na Vila Dubus, com a breve diminuição de até  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , considerados, portanto, temperaturas internas muito parecidas com o ambiente externo e, conseqüentemente, foi onde ocorreram as temperaturas internas mais quentes dentre as demais (Fonte: Dados da pesquisa

Figura 78, Quadro 33). Isso também pode ser verificado na análise das temperaturas do período matutino. No Parque Castelo Branco e na Vila Santa Helena a diferença entre as temperaturas internas e externas atingiram até  $4^{\circ}\text{C}$  e  $5^{\circ}\text{C}$ , como o constatado na Vila Santa Helena das 2h da manhã até as 7h, e do Parque Castelo Branco que demonstra cerca de  $4^{\circ}\text{C}$  de diferença das 24h da manhã até as 9h.

Quadro 33 - Principais resultados da comparação das temperaturas internas e externas horárias durante o verão.

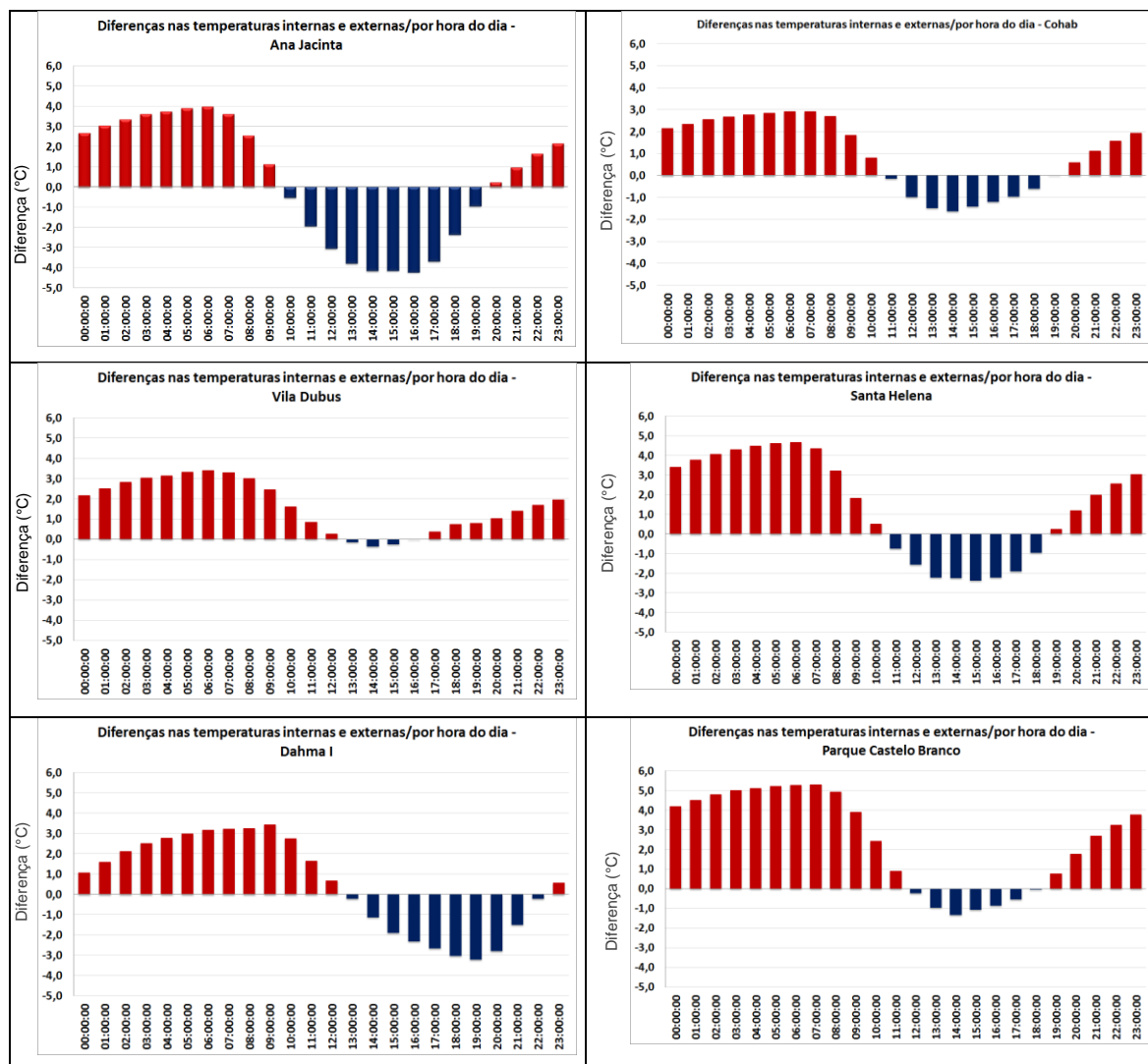
Locais	Máximo	Mínimo	Média	Número de horas internas mais quentes	Número de horas internas mais frias
Ana Jacinta	$6,6^{\circ}$	$-9,8^{\circ}$	$0,3^{\circ}$	14 horas	10 horas
Santa Helena	$7,3^{\circ}$	$-7,7^{\circ}$	$1,4^{\circ}$	16 horas	8 horas
Dahma	$6,5^{\circ}$	$-11,1^{\circ}$	$0,5^{\circ}$	14 horas	10 horas
Pq. Castelo	$8,3^{\circ}$	$-3,5^{\circ}$	$2,5^{\circ}$	17 horas	6 horas



Branco					
Vila Dubus	6,4°	-1,6°	1,6°	10 horas	3 horas <sup>59</sup>
COHAB	6,1°	-3,9°	1°	15 horas	8 horas

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 78 - Gráficos comparativos entre as temperaturas médias horárias do ambiente interno e externo - verão.



Fonte: Dados da pesquisa

Ainda, para esse conjunto de dados o Parque Castelo Branco também presenciou a maior diferença entre o ambiente interno e externo entre as demais: 8,3°C mais quente, às 6h da manhã do dia 05/02/2018. O Dahma, por sua vez, foi o local em que as temperaturas internas foram até -11,1°C mais fria que o ambiente exter-

<sup>59</sup> Algumas análises possuem a contabilização de apenas 23 horas porque em algum horário do dia não houve diferenças entre o ambiente externo e interno.

no, podendo ser verificado em 16/02/2018 às 20h, seguido pelo mínimo de  $-9,8^{\circ}\text{C}$  na residência do Ana Jacinta, no mesmo dia, às 16h.

Outro fato interessante com essa análise é que foi possível verificar o número médio de horas em que o ambiente interno é mais quente que o externo. Nas residências do Parque Castelo Branco e da Vila Santa Helena foi constatado que diariamente as temperaturas internas são superiores às externas em até 17 horas e 16 horas do dia, respectivamente. Se analisar o total de horas mais quentes e compará-los com os dados de outras residências, como o da Vila Dubus, que teve 10 horas do dia com temperaturas internas superiores as externas, verifica-se um aumento ao longo do ano de 2555 horas a mais de calor nos locais que deveriam servir de proteção ao ser humano.

No inverno a diferença entre o ambiente interno e externo é ainda mais evidente e ocorreu na maioria das residências analisadas uma amplitude térmica maior. Percebe-se que em grande parte do dia as temperaturas internas excedem mais que  $2^{\circ}\text{C}$  em relação ao ambiente externo e, em alguns casos, como no residencial Dahma, chega a ser até  $7^{\circ}\text{C}$  mais quentes. As hipóteses para essas alterações, comparadas ao período de verão, são muitas, mas dentre as que são possíveis de serem ressaltadas é que há durante o solstício de inverno um deslocamento da direção dos raios solares, devido a inclinação do eixo da Terra. Para o caso supracitado, por exemplo, o sensor interno manteve-se próximo ao local de recepção da energia solar, na fachada norte, enquanto que o sensor externo estava instalado nos fundos da residência na fachada sul.

Nessa residência, por exemplo, verificou-se no período de inverno que as temperaturas internas foram em 21 horas do dia superiores a do ambiente externo e atingiu o máximo dentre as residências analisadas de  $14^{\circ}\text{C}$  mais quente que no ambiente externo, no dia 10/07/2018, às 10 horas da manhã. Além disso outros fatores podem ser lembrados como a proximidade dos telhados e tipos de coberturas; maior ou menor armazenamento do calor nos materiais construtivos; maior eficiência na vedação e troca de ar entre o ambiente interno e externo.

No Ana Jacinta, no entanto, observou-se o inverso do ocorrido no residencial Dahma. Esse foi o local em que as temperaturas internas mantiveram mais aquecidas por menos tempo, em média 15 horas do dia. Nesse local também constatou-se as menores temperaturas do ambiente interno: no dia 14/08/2018, às 16 horas, veri-

ficou-se que a temperatura do interior da residência foi de  $-10,5^{\circ}\text{C}$  quando comparada ao ambiente externo.

Assim como o constatado com os dados do verão o período vespertino é aquele em que as temperaturas das residências se tornam mais amenas que o ambiente externo, contudo, há uma diferença entre as residências que permanecem mais aquecidas por maior tempo: nas residências localizadas no Ana Jacinta, Cohab, Santa Helena e Parque Castelo Branco o horário das 11 horas já é representativo da inversão das temperaturas e o ambiente interno se torna mais fresco que o externo. No residencial Dahma este fato só pôde ser observado horas mais tarde, entre as 18 horas e 20 horas, e ainda assim com pouca intensidade, menos de  $2^{\circ}\text{C}$  mais frio. Na Vila Dubus, por exemplo, esse retardamento na inversão entre temperaturas também ocorreu apenas no final da tarde, no período das 16 horas até as 21 horas, quando a temperatura da residência foi no máximo  $-2^{\circ}\text{C}$  mais fria que o ambiente externo (Quadro 34, Fonte: Dados da pesquisa

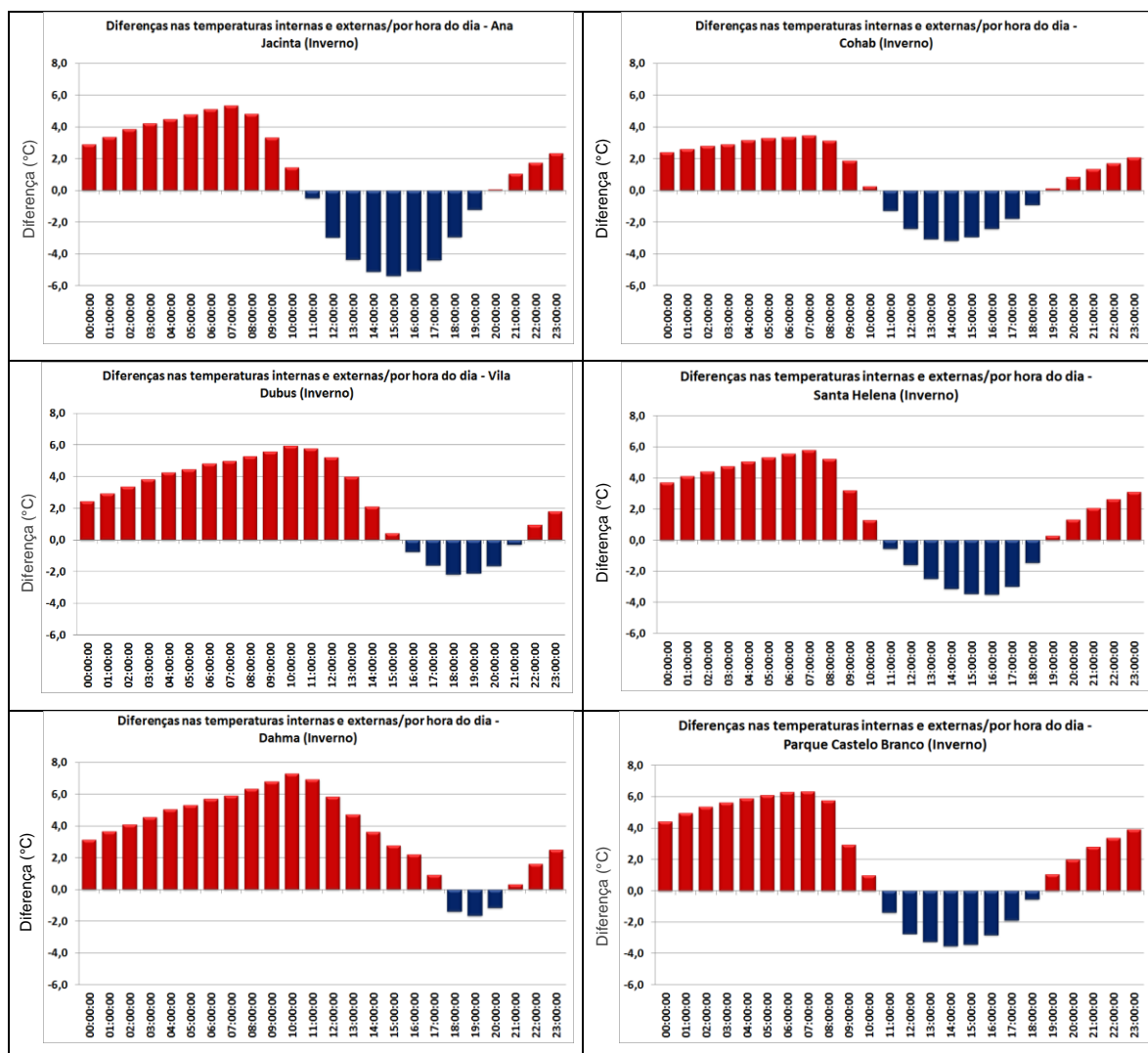
Figura 79).

Quadro 34 - Principais resultados da comparação das temperaturas internas e externas horárias durante o inverno.

Locais	Máximo	Mínimo	Média	Número de horas internas mais quentes	Número de horas internas mais frias
Ana Jacinta	$11,2^{\circ}$	$-10,5^{\circ}$	$0,5^{\circ}$	15 horas	9 horas
Santa Helena	$12,1^{\circ}$	$-9,6^{\circ}$	$1,5^{\circ}$	16 horas	8 horas
Dahma	$14^{\circ}$	$-7,2^{\circ}$	$3,3^{\circ}$	21 horas	3 horas
Pq. Castelo Branco	$11,2^{\circ}$	$-8,2^{\circ}$	$2^{\circ}$	16 horas	8 horas
Vila Dubus	$10,8^{\circ}$	$-5,6^{\circ}$	$2,4^{\circ}$	18 horas	6 horas
COHAB	$6,2^{\circ}$	$-6,6^{\circ}$	$0,7^{\circ}$	16 horas	8 horas

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 79 - Gráficos comparativos entre as temperaturas médias horárias do ambiente interno e externo - inverno.



Fonte: Dados da pesquisa

### 8.7.3 Análise do conforto térmico, interno e externo, a partir da metodologia de Thom (1959), em diferentes bairros e contextos socioeconômicos (verão e inverno).

Para a análise do conforto térmico nas residências estudadas as observações concentraram-se em dois aspectos: a diferença no conforto térmico nos diferentes bairros da cidade, conforto térmico externo, e a comparação entre as residências e conforto térmico *indoor* da pesquisa doutoral.

Para o período do verão verificou-se que houve em todos os pontos de coleta um predomínio de situações consideradas pela metodologia de Thom (1959) como “centro da zona de conforto”. O local com maior percentual de dias com a referida

classe de conforto foi identificado na Vila Dubus, com aproximadamente 47% dos dados analisados. Para esse contexto considera-se que esse foi um bom patamar para a saúde pública, pois mesmo no local com menor percentual, a COHAB, em 42% do período situações consideradas como “centro da zona de conforto”.

Para a classe de conforto “limite inferior da zona de conforto”, situação mais desconfortável ao frio encontrado nessa análise, as maiores discrepâncias puderam ser verificadas nos bairros mais afastados do centro da cidade. A diferença é tamanha que chega a haver mais de 15% de diferença entre pontos localizados na parte central da cidade de outros mais afastados, nas áreas periurbanas. Ressalta-se por exemplo, o sensor instalado na Vila Dubus com 3% dos dados com essa condição; COHAB, 5%; Dahma, 5%; e Vila Santa Helena com 7%, enquanto a Ana Jacinta localizada na porção sudoeste teve 11% dos dados com condições de “limite inferior de conforto” e o Parque Castelo Branco, com 19% das ocorrências.

Em relação ao desconforto ao calor, “leve desconforto ao calor”, que é situação recorrente no período de verão, as situações com menor frequência se deram no Parque Castelo Branco, com 7% dos dados, e na Vila Dubus, com 6% das ocorrências verificadas nesse período.

Considerando que nessa metodologia é constatada a interação entre temperatura e umidade, as situações mais desconfortáveis ao calor ocorreram por ordem percentual na COHAB, em 13% dos dados analisados; seguido pelo Dahma, 12%; e a Ana Jacinta 11% (Fonte: Dados da pesquisa

Figura 81).

Ao recorrer a análise do conforto térmico indoor verifica-se que há uma menor participação de outras classes de conforto, quando comparada ao ambiente externo. Isso significa que as temperaturas dentro das casas tiveram menos alterações e amplitudes, provavelmente provocadas pelo microclima gerado no seu interior a partir do uso, material construtivo e estilo arquitetônico, e medidas adaptativas com a abertura de janelas e portas, por exemplo. Para o período de verão verificou-se nas residências analisadas apenas três classes de conforto térmico: “limite superior da zona de conforto”, classe com maior frequência em todas as residências analisadas; “centro da zona de conforto”, segunda maior frequência verificada; e por fim “leve desconforto ao calor”, situação pouco menos expressiva, mas, ainda assim, superior ao constatado no ambiente externo (Figura 80).

De todas as residências a que teve o maior percentual de situações confortáveis durante o verão foi aquela localizada no bairro Ana Jacinta. Para esse contexto 64% dos dados foram considerados dentro dos limiares expressos como “centro da zona de conforto”; em seguida, a residência da COHAB verificou 29% dos dados confortáveis, enquanto que a residência com menor percentual foi a localizada no bairro Santa Helena com 8% dos dados.

Para a residência da Santa Helena na grande parte do período investigativo as condições de conforto encaixaram-se no limiar “limite superior da zona de conforto”, representados com 88% das ocorrências. Essa também foi uma característica das residências localizadas no Dahma e Vila Dubus com, 78%; Parque Castelo Branco com 75%; e COHAB com 62%.

A classe mais extrema de calor, “leve desconforto ao calor” pôde ser identificada nesse período em todas as residências, com exceção apenas do Ana Jacinta e com pequena participação no Dahma, com 2% das ocorrências. Nas demais residências a COHAB e Vila Dubus se destacam como sendo os locais com maior ocorrência de situações mais desagradáveis ao calor, em 9% e 8% dos horários analisados, respectivamente.

Fato interessante para essa análise é que em nenhuma das casas houve a ocorrência de situações consideradas “limite inferior da zona de conforto”, mesmo que tenha sido contabilizado no ambiente outdoor, confirmando, mais uma vez, o poder potencializador dos ambientes construtivos no incremento das condições de desconforto ao calor.

Para os resultados da pesquisa realizada nos meses característicos de inverno verifica-se um conjunto muito maior de tipos diferentes de classes de conforto, comparada ao verão. Para o ambiente externo verificou-se a ocorrência de situações “limite superior da zona de conforto”, “centro da zona de conforto”, “limite inferior da zona de conforto”, “leve desconforto ao frio”, “desconforto ao frio” e “frio”.

A situação que mais se repetiu nos diferentes bairros durante os dias analisados foi “limite inferior da zona de conforto”, com 32% das ocorrências no Parque Castelo Branco, até 40% na Vila Dubus e Dahma.

O local com maior percentual de conforto térmico foi verificado na Vila Santa Helena, com 30% dos dados até o percentual mínimo de 21% no Parque Castelo Branco.

Em relação às situações de frio mais intenso verificados no período, classificada como “frio”, observa-se que elas ocorreram especialmente nos bairros Vila Dubus e Dahma, 3%; Parque Castelo Branco, Santa Helena e Ana Jacinta, 2%; e COHAB, em 1% dos dados analisados. No entanto, mesmo que tenha sido verificada certa homogeneidade espacial na cidade verifica-se que alguns locais se destacam e distinguem-se de outras. Apenas para elucidar essa informação os bairros Dahma, Parque Castelo Branco e Vila Dubus teve o percentual de 69% dos dados com situações de desconforto ao frio (limite inferior da zona de conforto, leve desconforto ao frio, desconforto ao frio, frio), em menor ou maior intensidade conforme gradação da metodologia; enquanto que no bairro COHAB essas situações de desconforto ao frio representaram 60% dos dados compilados, menos 9% de situações desconfortáveis ao frio (Fonte: Dados da pesquisa

Figura 83).

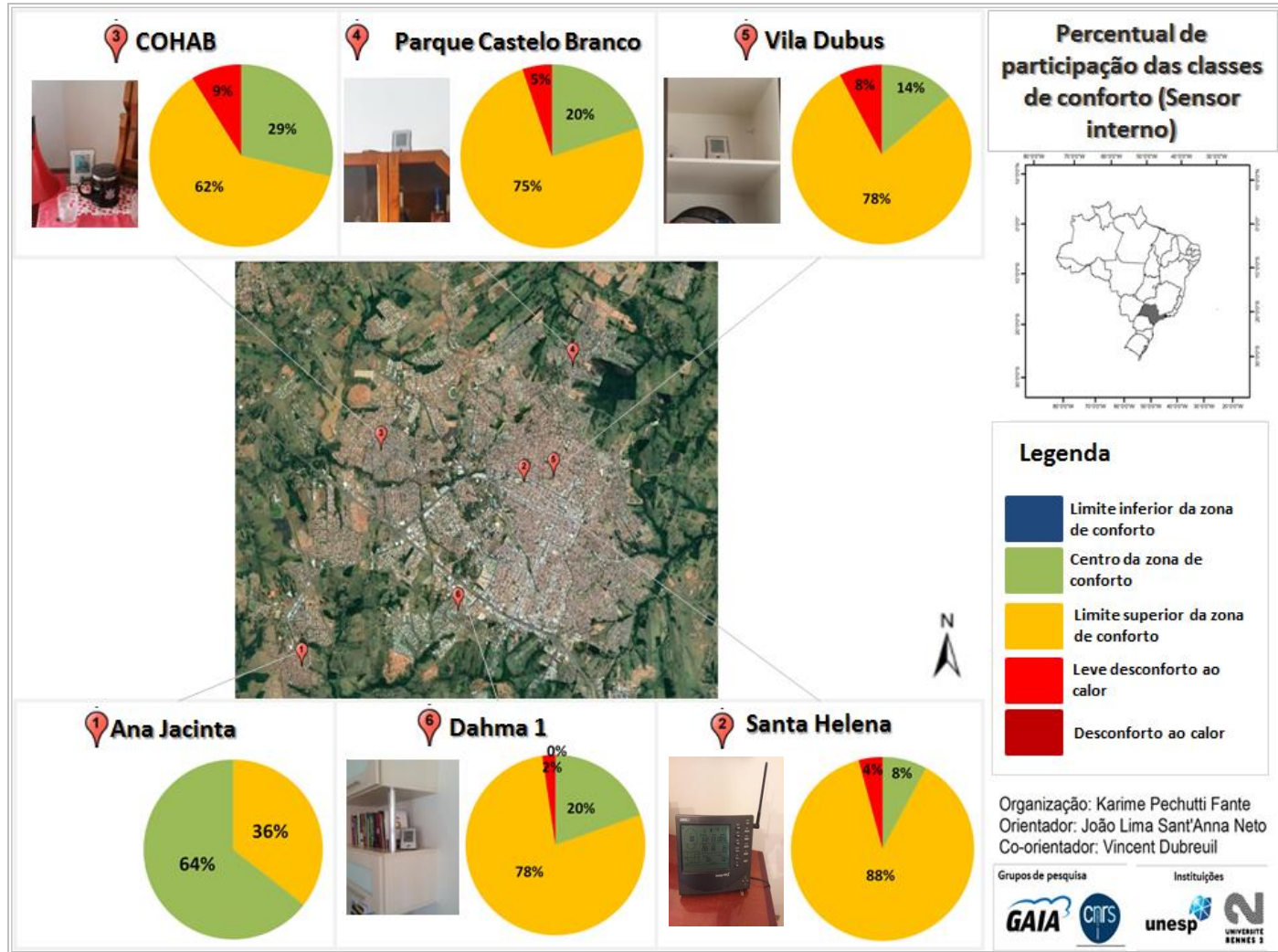
Ao analisar as condições no ambiente interno das casas verifica-se novamente um conjunto menor de limiares associados ao desconforto térmico comparado ao ambiente externo. De todas as residências analisadas na maior parte as situações dentro das residências foi de conforto, “centro da zona de conforto”, com valores que oscilaram de 47%, verificado na COHAB, até 67% no Dahma.

O único dado mais discrepante pôde ser identificado na Ana Jacinta e nesse local apenas 19% das situações foram confortáveis. Para esse ponto, em específico, observa-se um padrão distinto das demais residências. Há um predomínio de classes desconfortáveis ao frio, sendo, inclusive, verificados os maiores percentuais do “limite inferior da zona de conforto”, em 70% dos dados compilados e 11% de “leve desconforto ao frio”, os maiores valores, para essas classes, dentre os pontos de análise.

No outro extremo a casa localizada na Vila Santa Helena presenciou os maiores percentuais de situações desconfortáveis ao calor, “limite superior da zona de conforto”, em 36% das ocasiões. Nesse local, juntamente com o ponto do Dahma, também não foram experimentadas situações de “leve desconforto ao frio”, classe mais extrema de desconforto ao frio identificado nessa pesquisa nos ambientes internos (Fonte: Dados da pesquisa

Figura 82).

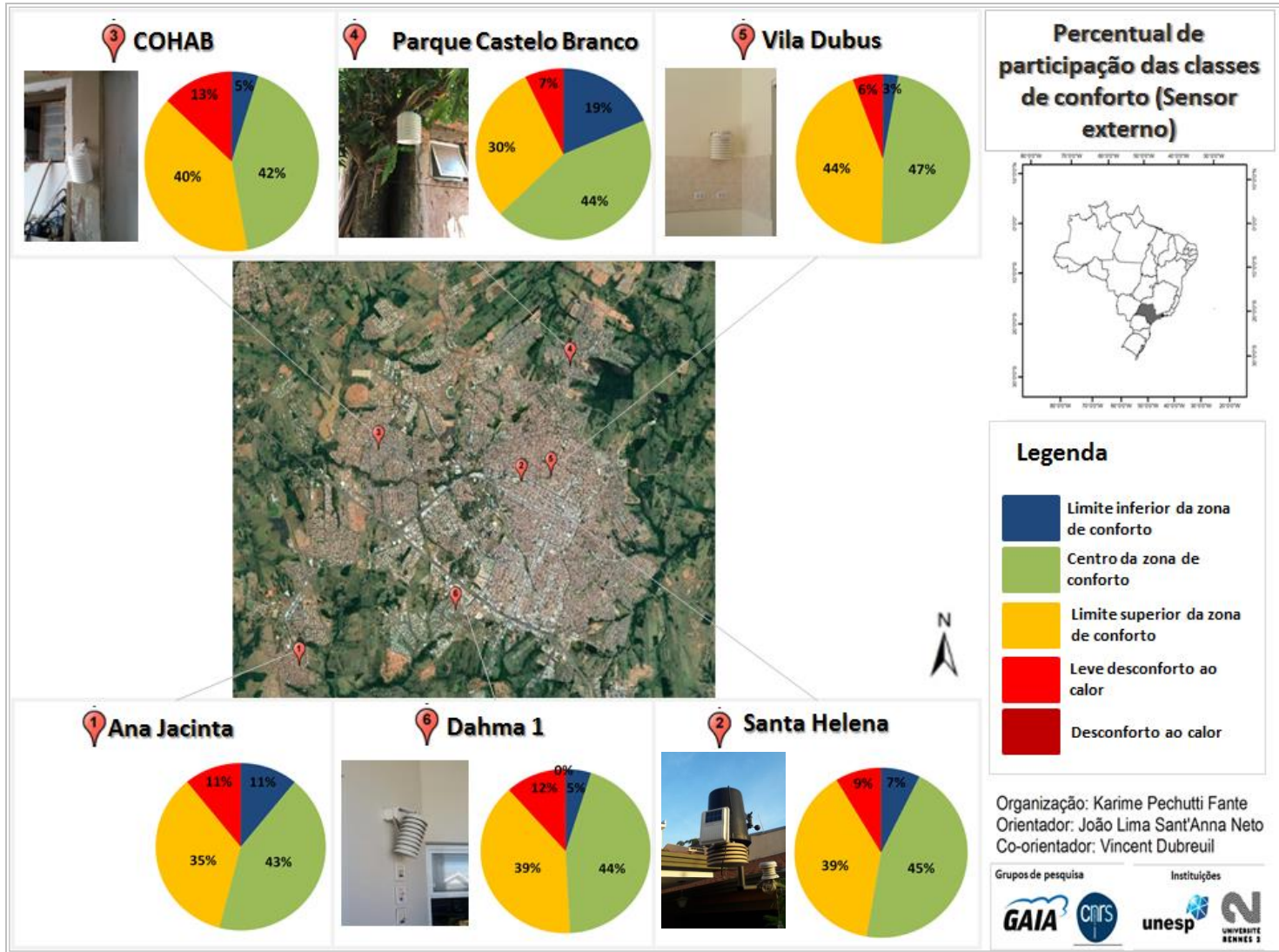
Figura 80 - Percentual de participação das classes de conforto, no ambiente interno, no período de verão.



Fonte: Dados da pesquisa

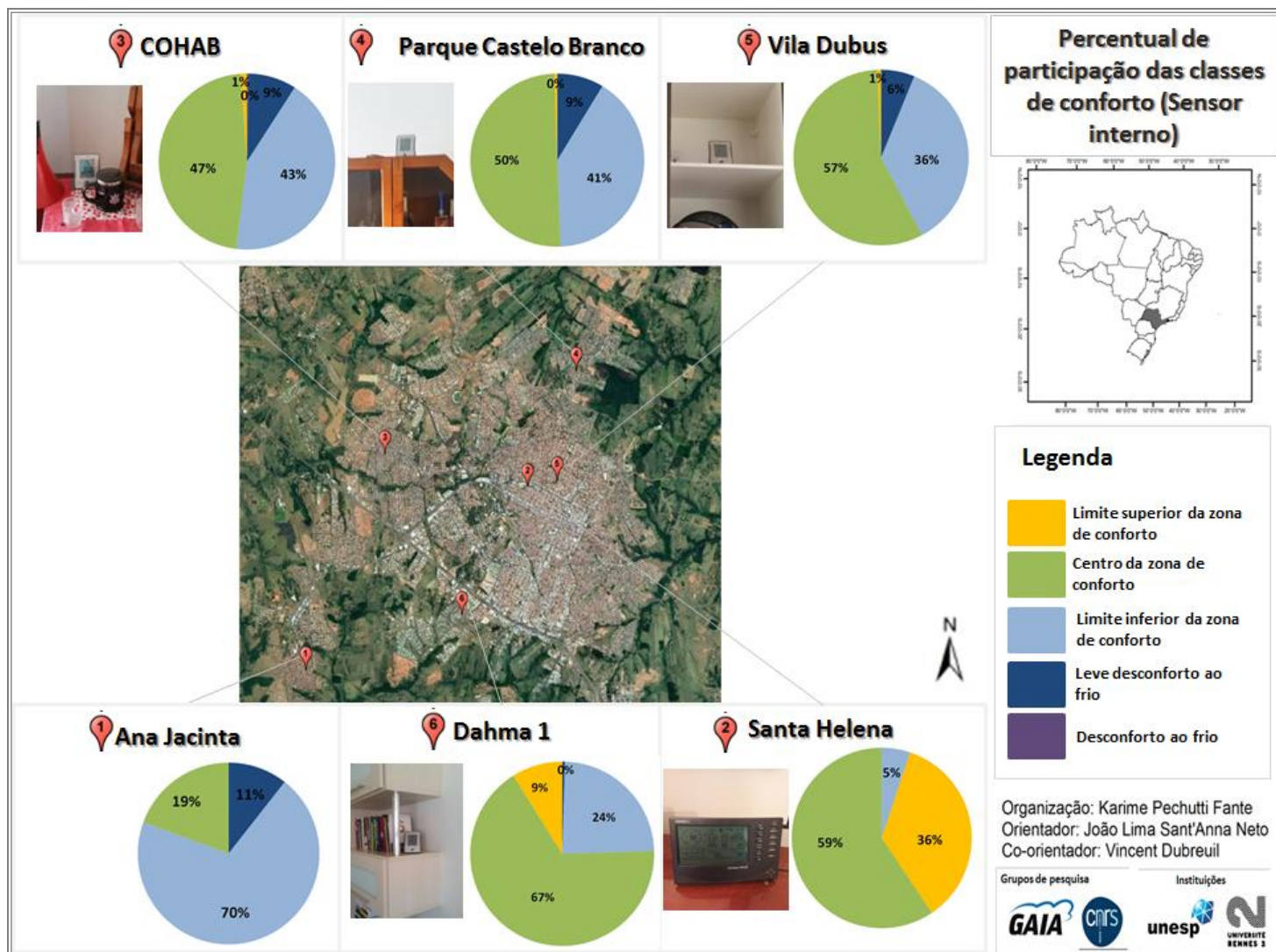


Figura 81 - Percentual de participação das classes de conforto, no ambiente externo, no período de verão.



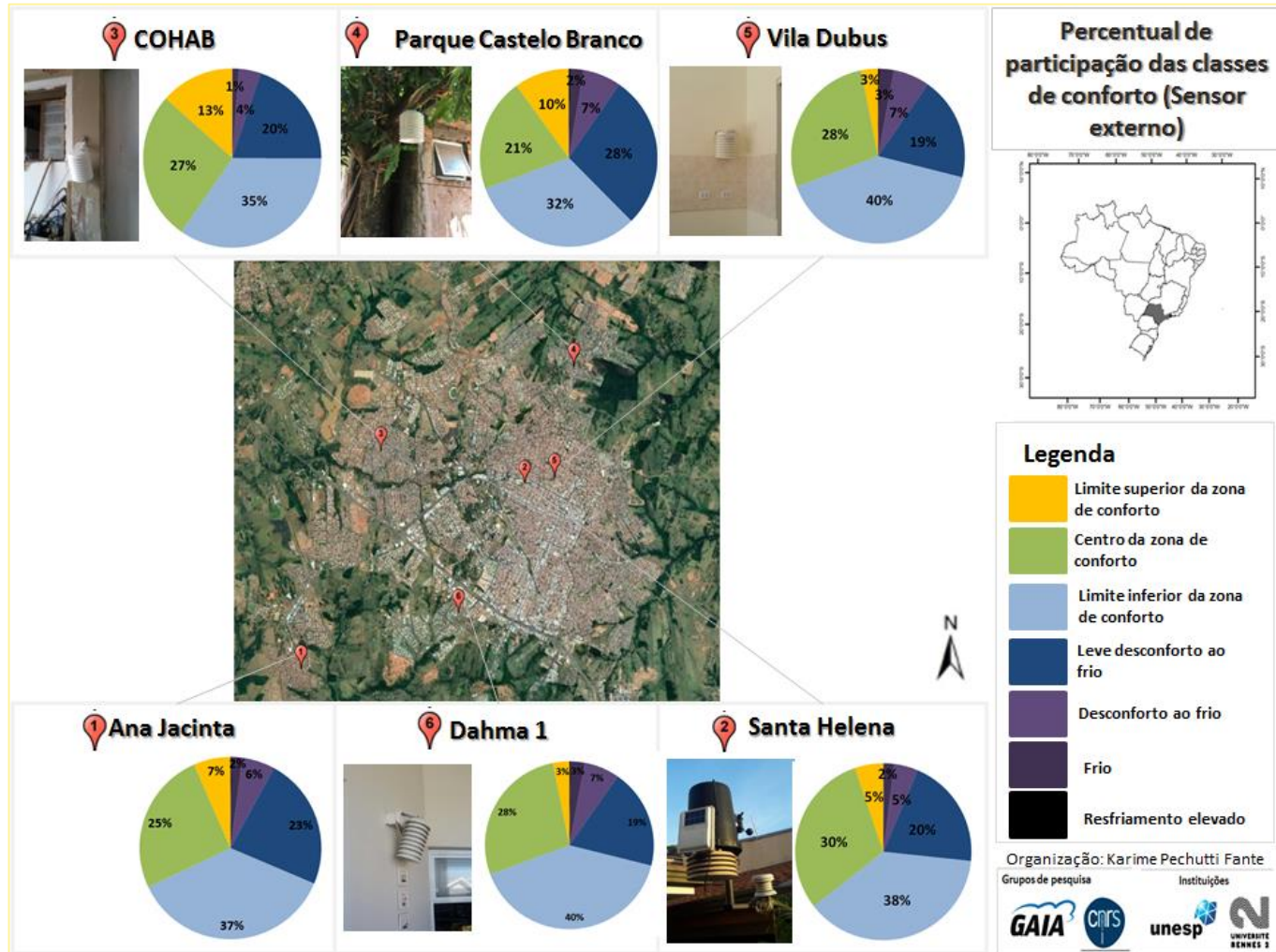
Fonte: Dados da pesquisa

Figura 82- Percentual de participação das classes de conforto, no ambiente interno, no período de inverno



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 83 - Percentual de participação das classes de conforto, no ambiente externo, no período de inverno.



Fonte: Dados da pesquisa





#### **8.7.4 Percepção e análise das residências em Presidente Prudente a partir da população entrevistada**

Em relação a percepção da população sobre suas residências verificou-se alguns resultados interessantes sobre a estrutura e contexto ambiental em que as residências se localizam. Por se tratar de uma análise amostral, com respaldo estatístico, os resultados aqui apresentados podem ser estendidos para o restante da população e, nesse contexto, os resultados se tornam ainda mais alarmantes.

Entre as questões respondidas a primeira buscava compreender se a casa era mais quente ou mais fria que o local em que foi aplicado o questionário. Das pessoas entrevistadas, 46,7% da população considerou que suas residências eram mais quentes e desconfortáveis ao ambiente externo em que estavam durante a aplicação do questionário. Vale ressaltar que os locais eram preferencialmente externos ou com fluxo de vento como, por exemplo, nas unidades básicas de saúde. Grande parte dos questionários foram aplicados no período matutino e já nesse período quase metade dos entrevistados diziam terem as casas mais aquecidas demonstrando a falta de adaptação ao calor dessas residências (Figura 84). Esse dado é interessante porque desse conjunto de respostas mais de 80% da população percebe sua casa bem ventilada e em 58,7% das residências existem vegetações de médio e grande porte na calçada ou locais próximos que poderiam amenizar essa situação (Figura 85 e

Figura 88).

Sobre o tipo de construção mais de 90% dos entrevistados disseram ser construções de alvenaria, com tijolo e argamassa, contudo, ainda existem cerca de 3% da população que residem em casas de madeira, tipo de construção tradicional do oeste paulista. (Figura 86). Além disso, grande parte das residências, 46,3%, possuem laje o que dificulta a transmissão do calor recebido nos telhados para o

ambiente interno mesmo que deste conjunto ainda existam 18% da população que habitam em locais com cobertura de fibro-cimento que potencializam as temperaturas (Figura 87).

Figura 84 – Percentual de respostas para a questão: neste momento sua casa é mais quente ou mais fria que aqui?

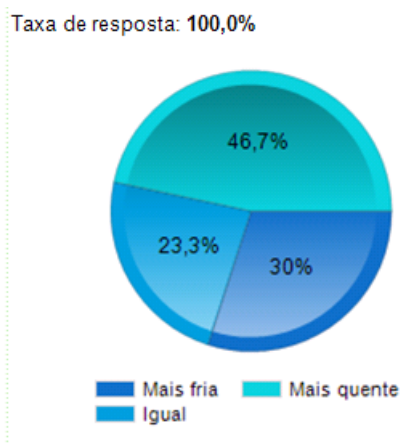


Figura 85 - Percentual de respostas para a questão: sua casa é bem ventilada?



Figura 86 - Percentual de respostas para a questão: qual o material construtivo da sua residência?

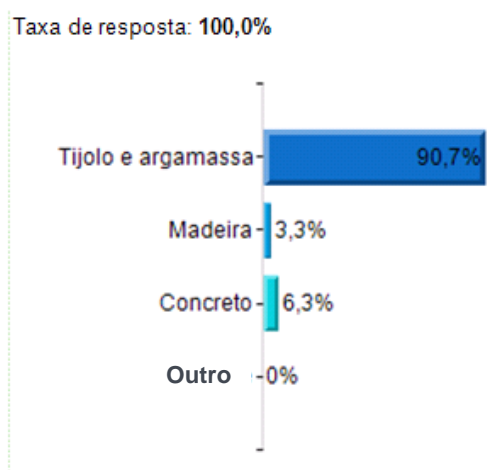
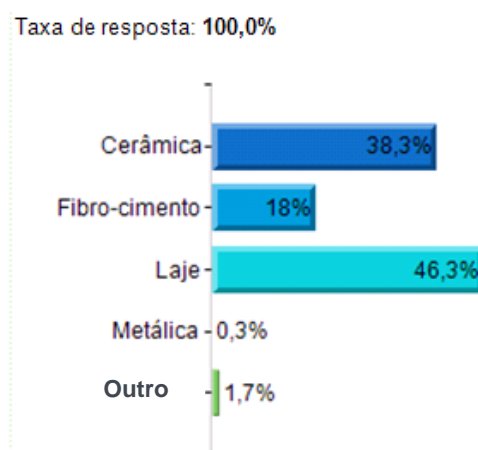
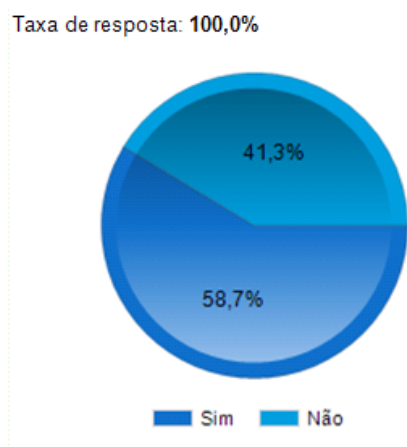


Figura 87 - Percentual de respostas para a questão: qual a cobertura/telhado da sua residência?<sup>60</sup>



<sup>60</sup> Metálica = zinco, alumínio.

Figura 88 - Percentual de respostas para a questão: na sua casa existem árvores de grande ou médio porte próximas à residência (quintal/ calçada)?



Fonte: Dados da pesquisa

### 8.7.5 A geografia do clima e as medidas de adaptação ao calor e ao frio

Com base nos resultados anteriores que comprovaram:

- 1) Existir uma diferenciação de microclimas nos diferentes bairros da cidade que interferem nos níveis de conforto térmico;
- 2) Que as condições estruturais das residências são suficientemente capazes de agravar as situações de desconforto térmico;
- 3) Que as residências, na maioria dos casos, são por muitas horas do dia mais quentes que o ambiente externo;
- 4) Que pela percepção dos moradores as residências possuem boa estrutura para a amenização das temperaturas em ambiente tropical com: circulação de ar, vegetações de porte médio e grande próximo as residências, construídas preferencialmente em alvenaria e telhas de cerâmica, mas que efetivamente não acontece.

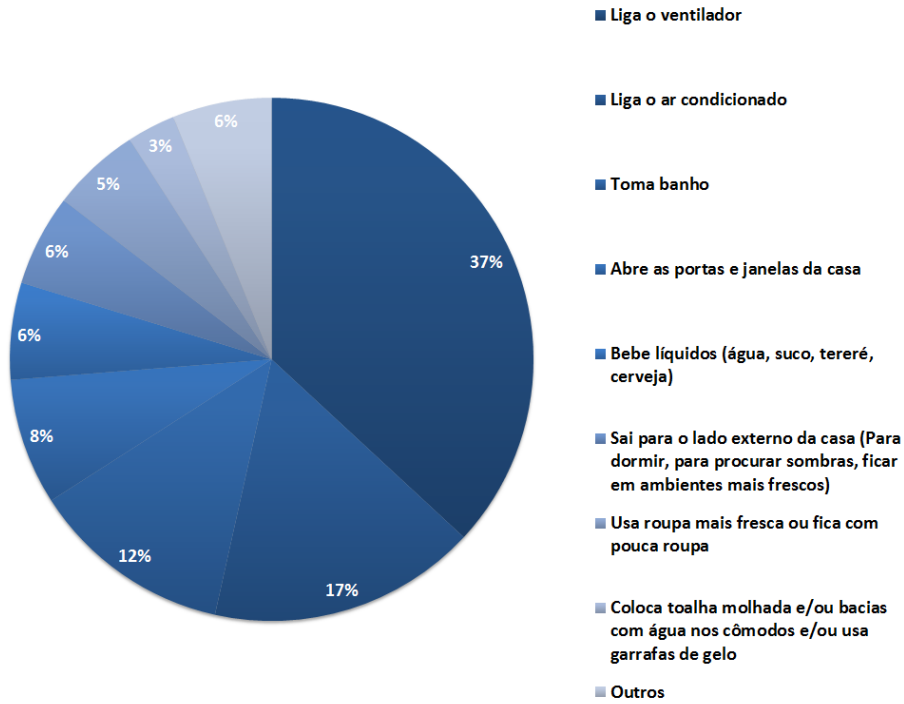
Buscou-se compreender como as pessoas lidam com o calor e o frio excessivo e as medidas de adaptação desse grupo de pessoas ao ambiente que vivenciam: teoria e prática popular puderam ser analisadas.

Algumas respostas óbvias e esperadas foram identificadas nesse questionário, contudo, outras muito interessantes só puderam ser assimiladas quando a população prudentina ganhou voz e, além disso, puderam ser sistematizadas em percentuais de atuação.



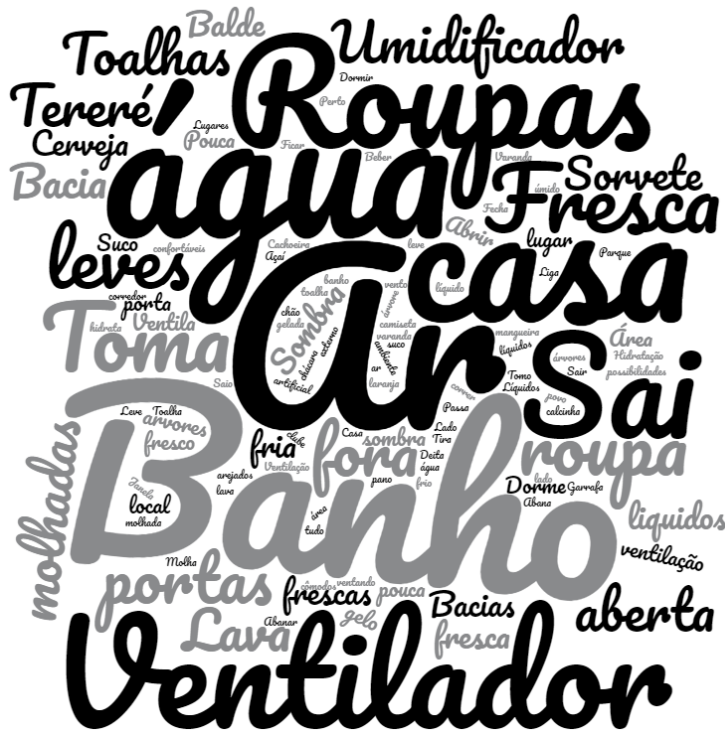
Durante os episódios de calor situação recorrentes no município de clima tropical, Aw, verificado por Dubreuil *et. al.* (p. 06, 2018), o grande contingente de entrevistados, 37%, assumiram recorrer ao auxílio do ventilador que apesar de não diminuir as temperaturas do ambiente, faz com que o ar circule e melhore as condições de sensação térmica (Figura 89 e Figura 90). Esse objeto faz parte do cotidiano e das residências de 98,7% da população entrevistada (Figura 92) e também muito acessível no interior das residências, uma vez que 35% das pessoas assumiram ter esse aparelho em todos os quartos; 30% tem equipamentos portáteis; e em 20% dos casos possuem aparelhos fixos na sala e cozinha, 11% (Figura 93). Dentre as práticas ressaltadas a utilização do ventilador é uma das mais efetivas e 86% da população diz utiliza-lo sempre que sente necessidade e gostaria (Figura 94). Do grupo de pessoas que responderam não utilizá-lo sempre que desejam a grande parte das pessoas remetem os motivos econômicos especialmente o preço alto da energia; e num segundo momento a problemas de saúde, 16%, ou incomodo pelo barulho, 2% (Figura 95). Apenas uma pequena parte dos entrevistados responderam não se importar com o preço da energia e relataram que os ventiladores foram substituídos ou preferem ar condicionados, 9% dos entrevistados (Figura 95). Na maioria dos casos, 57% dos votos, essas medidas são efetivas para que o entrevistado e sua família não passe calor (Figura 91).

Figura 89 - Percentual de respostas para a questão: em situações de calor o que você faz para melhorar o conforto térmico (medidas de adaptação)?



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 90 - Medidas adaptativas ao calor: respostas mais frequentes utilizadas pelos entrevistados.



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 91 - Percentual de respostas para a questão: é suficiente para que você e sua família não passe calor?

Taxa de resposta: 100,0%

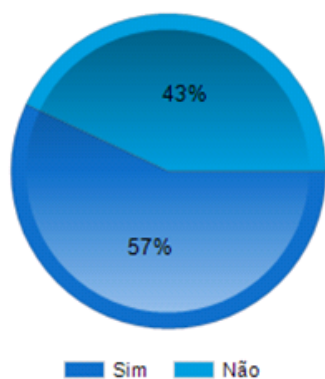


Figura 92 - Percentual de respostas para a questão: você tem ventilador?

Taxa de resposta: 100,0%

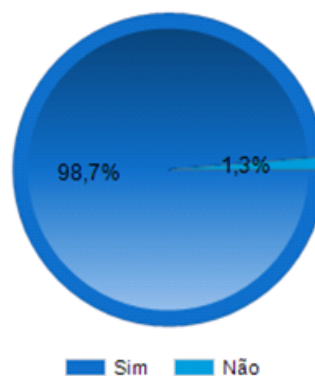


Figura 93 - Percentual de respostas para a questão: em quais cômodos vocês tem ventilador?

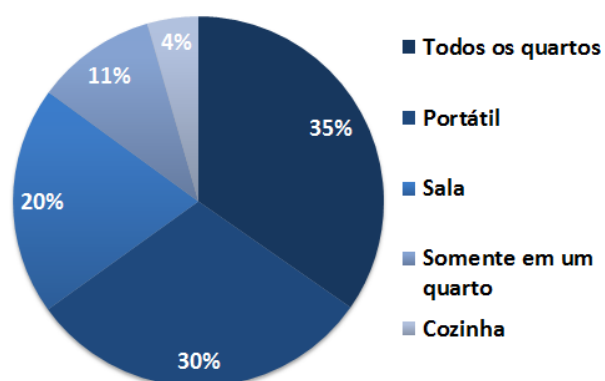


Figura 94 - Percentual de respostas para a questão: utiliza o ventilador sempre que gostaria?

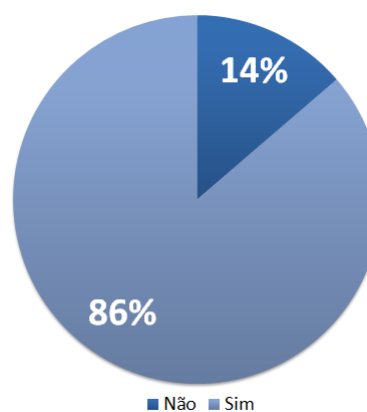
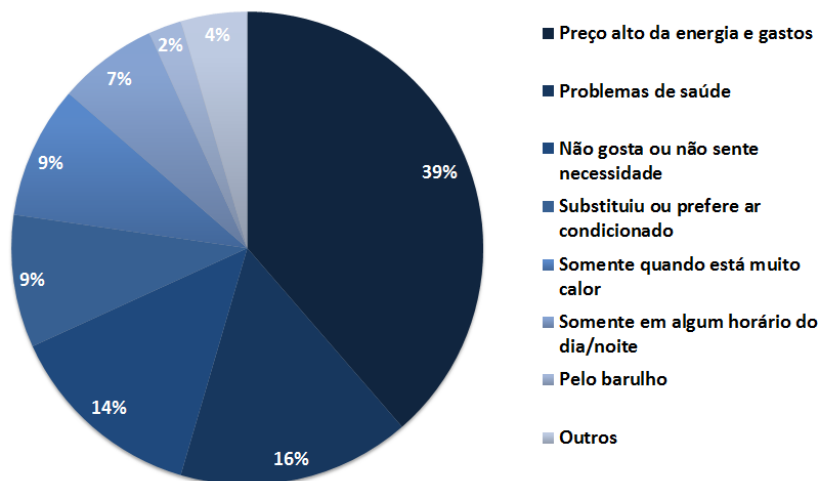


Figura 95 - Percentual de respostas para a questão: porque não utiliza o ventilador sempre que deseja?



Fonte: Dados da pesquisa

A segunda prática indicada pelos participantes do questionário indicou que 17% dos entrevistados recorrem ao ar condicionado que, diferente do ventilador, auxiliam na amenização da temperatura do ar (Figura 89) O problema é que esse recurso no Brasil ainda é algo dispendioso e não são todos os grupos que tem acesso a esse privilégio, que deveria ser basilar para a qualidade e saúde pública num país tropical.

Apenas para ilustrar essa situação o valor de um equipamento no mercado, com rendimento básico, 9000 BTUS, é o mesmo o valor de um salário mínimo atualmente<sup>61</sup>, R\$998,00 reais. Contudo, essa situação se torna ainda mais alarmante quando se observa e contabiliza o número de brasileiros que possuem esse rendimento. De acordo com o Jornal Nexo<sup>62</sup> cerca de 49% dos brasileiros possuem rendimento igual ou menor que esse valor do salário mínimo, enquanto que no Estado de São Paulo essa situação é um pouco melhor, mas, ainda assim, aproximadamente 20% da população recebem esse valor mensalmente.

Além disso, outros gastos estão associados a esse equipamento como a instalação e o valor pago pelo consumo energético às distribuidoras de energia elétrica,

<sup>61</sup> Dado pesquisado nos sites das Lojas Americanas e Submarino em 10/07/2019.

<sup>62</sup> Fonte: <https://www.nexojornal.com.br/interativo/2016/01/11/O-seu-sal%C3%A1rio-diante-da-realidade-brasileira>.

sendo este último um dos maiores motivos das pessoas evitarem e não utilizarem ar condicionado.

De acordo como grupo entrevistado 57,7% das pessoas não tem sequer o aparelho de ar condicionado em suas residências (Figura 96). Para o contexto das pessoas que responderam de forma afirmativa a grande parte possui apenas em um quarto, 18,7%, ou na sala, ambiente comum para toda a família, 13,3%. Apenas 1% respondeu ter o equipamento em todos os cômodos, ou em todos os quartos da residência, 12,3% (Figura 97).

Contudo, mesmo havendo a disponibilidade do equipamento mais de  $\frac{3}{4}$  dos entrevistados, 76%, responderam não utilizar o ar condicionado sempre que desejam (Figura 98), especialmente devido a falta de condições de econômicas para adquiri-lo e manter os custos de energia elétrica, 63%. Algumas pessoas alegaram optar por algum período do dia para o consumo elétrico e/ou somente quando está muito calor. Esse grupo corresponde com 5% dos entrevistados (Figura 99).

Além disso, outras pessoas relataram outros motivos associados a saúde: como problemas respiratórios, ressecamento, rinite, sinusite, asma, enfisema pulmonar, dor de cabeça, filhos alérgicos. Também foram suscitadas respostas alegando preferências díspares entre os moradores, esposa e esposo, e por não gostar do frio gerado pelo ar condicionado. Outros fatores remetem ao tipo de casa em que moram: alugada, república, ou que não possui voltagem suficiente para instalação do aparelho como casas com voltagem de 110v (Figura 99 e Figura 100).

Figura 96 - Percentual de respostas para a questão: você tem ar condicionado?<sup>63</sup>



Figura 97 - Percentual de respostas para a questão: em quais cômodos você tem ar condicionado?

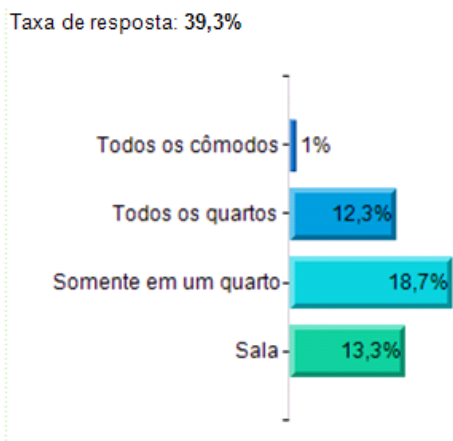


Figura 98 - Percentual de respostas para a questão: utiliza o ar condicionado sempre que deseja?

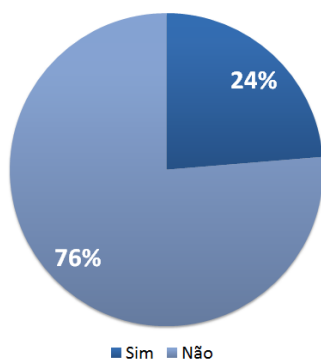
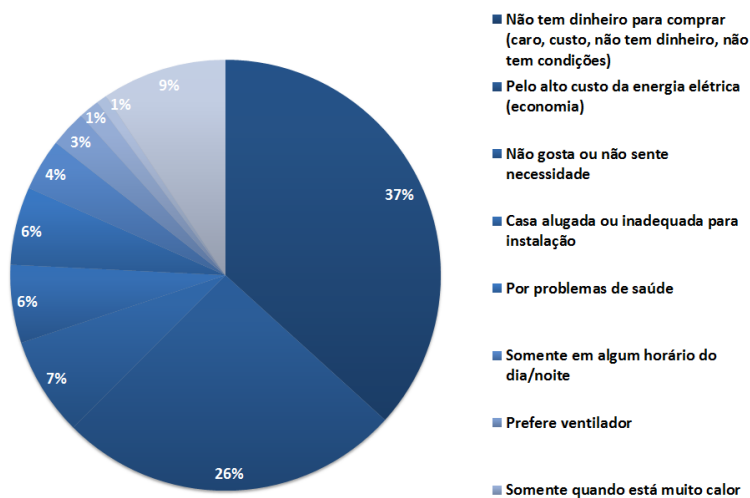


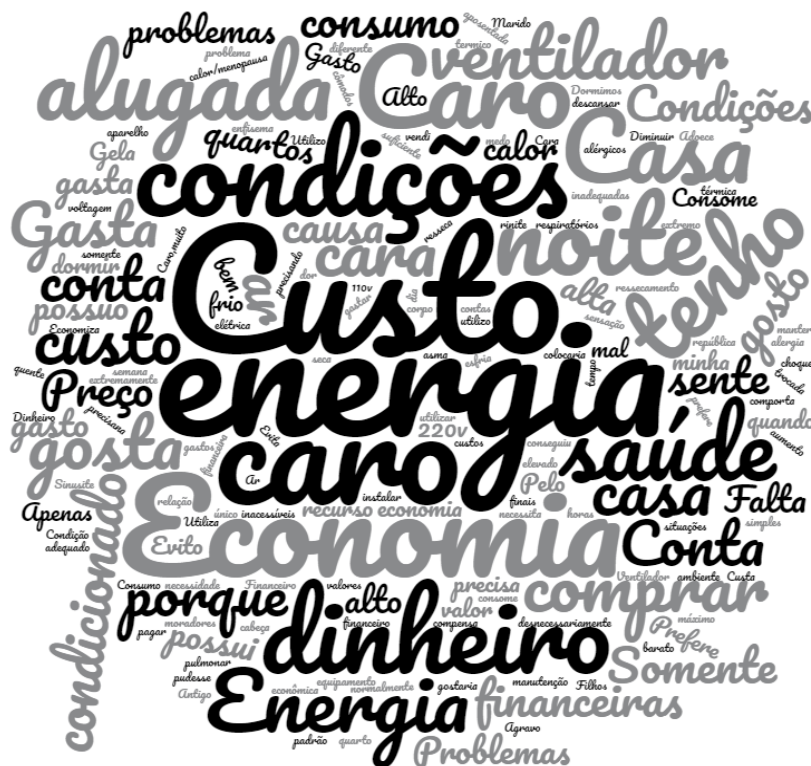
Figura 99 - Percentual de respostas para a questão: por que não utiliza o ar condicionado sempre que deseja?



Fonte: Dados da pesquisa

<sup>63</sup> Taxas de respostas inferiores a 100% indicam questões que não foram respondidas por todos os entrevistados (se recusaram ou não souberam responder).

Figura 100 - Respostas mais frequente para a indagação: Por que não utiliza o ar condicionado sempre que gostaria?



Fonte: Fonte: Dados da pesquisa. Gerado em <https://www.wordclouds.com/>.

Além das respostas supracitadas a população de Presidente Prudente também relatou outras práticas para amenizar o calor como: tomar banho, 12%; abrir as portas e janelas da residência, 8%; beber mais líquidos (água, suco, tereré, cerveja), 6%; usar roupas mais frescas ou ficar com pouca roupa, 5%.

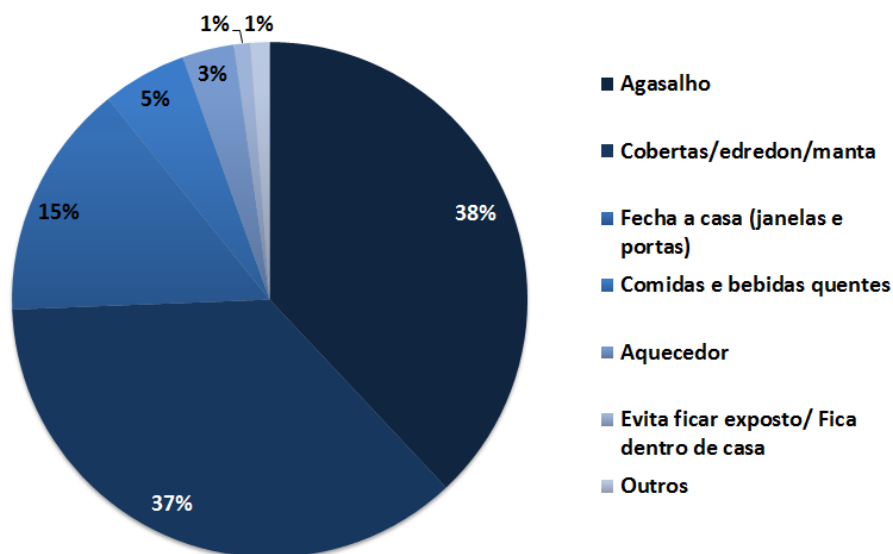
Algumas respostas indicaram pontos preocupantes: muitas pessoas relataram sair para o lado externo da casa, seja para dormir ou para procurar sombras, pois acreditam que suas casas são mais quentes que o ambiente externo; e outros casos também responderam algumas práticas interessantes como: deitar sem camisa no piso frio; ligar a mangueira e molhar a casa e a si própria, para limpeza ou para amenizar o calor; colocar toalhas molhadas e/ou bacias com água nos cômodos; usar garrafas de gelo nos ventiladores e para beber água. Contudo, mesmo com todas essas medidas cerca de 57% das respostas alegaram não serem suficientes para amenizar o calor e se sentirem confortáveis termicamente (Figura 101).

Para as medidas adaptativas ao frio o quantitativo e relatos de experiências adaptativas foram menores. Por serem poucas ocorrências ao longo do ano na mai-

or parte dos casos as pessoas relataram se aquecer com agasalhos, 38%; cobertas e edredons, 37%. Também são praticas comuns as pessoas ficarem dentro de casa, pouco expostos ao frio, com portas e janelas fechadas, 18%. Algumas pessoas recorrem a alimentos e bebidas quentes como caldos, sopas, café com leite, chocolate quente, chás e chimarrão, 5% (Figura 101).

Outras práticas curiosas foram suscitadas. Pessoas relataram utilizar bolsa de água quente, fazer atividade física e esquentar a cama com ferro antes de dormir (Figura 102). Na maior parte das respostas, 92,7%, os entrevistados alegaram serem suficientes para que ele(a) e sua família não passem frio (Figura 103).

Figura 101 - Percentual de respostas para a questão: no frio o que você e sua família faz para se proteger/aquecer (medidas de adaptação)?



Fonte: Dados da pesquisa



Figura 102 - Respostas mais frequente para a indagação: No frio o que você e sua família faz para se proteger/aquecer (medidas de adaptação)?



Fonte: Dados da pesquisa. Gerado em <https://www.wordclouds.com/>.

Do conjunto de respostas poucas pessoas informaram usar aparelhos elétricos, como aquecedor, para se proteger do frio, 3% das respostas (Figura 104) e apenas 12,7% dos entrevistados disseram ter aquecedor em suas residências. Desse quantitativo 55% estão disponíveis nos quartos e 24% são portáteis (Figura 105). Do restante dos entrevistados que alegaram não ter esse aparelho 61% acreditam que não é necessário e que Presidente Prudente é muito quente; outro conjunto de pessoas alegam novamente empecilhos relacionados ao custo e aumento na conta de energia elétrica, 15% (Figura 107) e que, portanto, 92% dos entrevistados não utilizam o aquecedor sempre que desejam (Figura 106).

Outro equipamento elétrico, mesmo que pouco citado nas respostas, também foi detalhado no questionário: o chuveiro elétrico. Do contingente de respostas quase a totalidade das pessoas possuem esse equipamento em casa, 98,7% e em 72,7% das respostas são suficientes aguentam, sem queimar, o período de frio mais intenso (Figura 108 e Figura 109).

Figura 103 - Percentual de respostas para a questão: essas medidas de adaptação são suficientes para que você e sua família não passe frio?



Figura 104 - Percentual de respostas para a questão: você tem aquecedor?

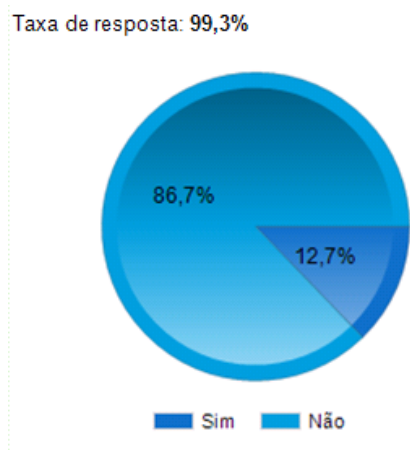


Figura 105 - Percentual de respostas para a questão: em quais cômodos vocês tem aquecedor?

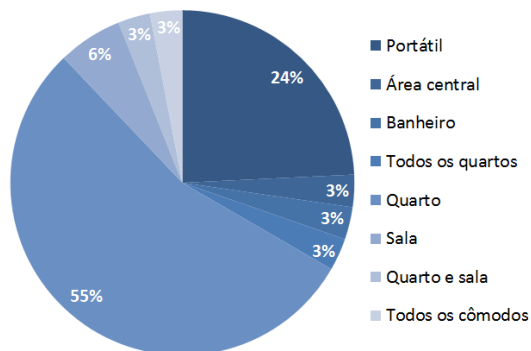
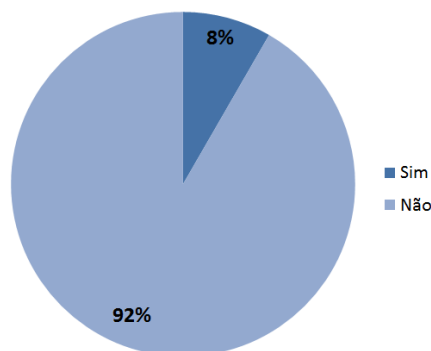
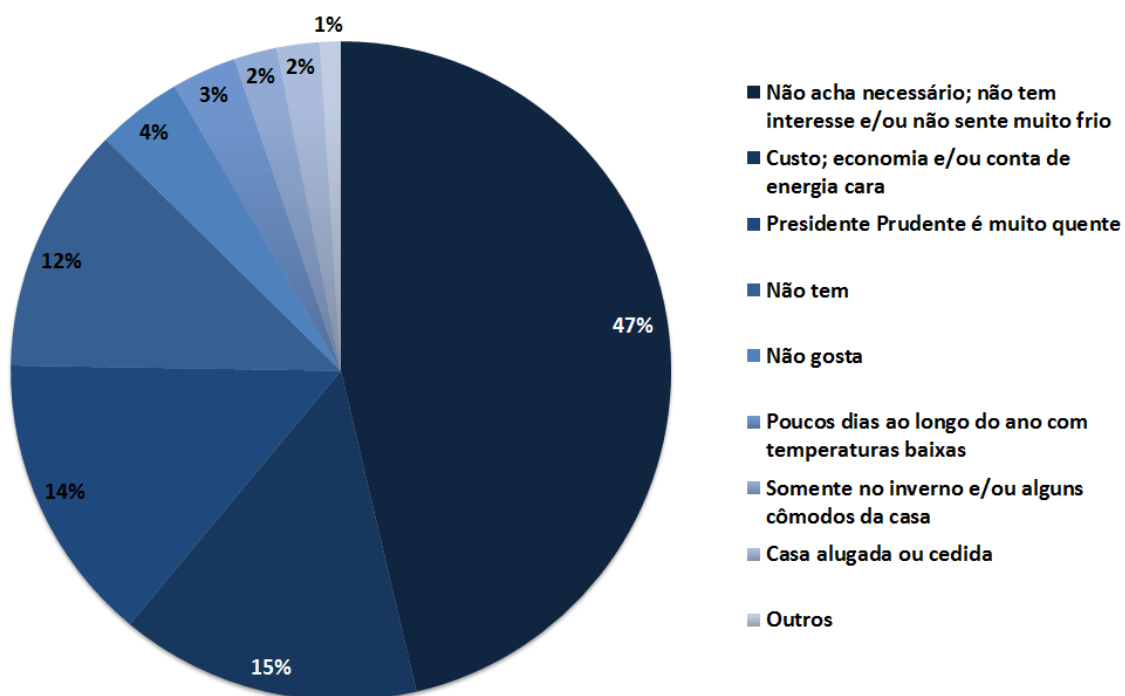


Figura 106 - Percentual de respostas para a questão: utiliza o aquecedor sempre que deseja (todos)?



Fonte: Dados da pesquisa

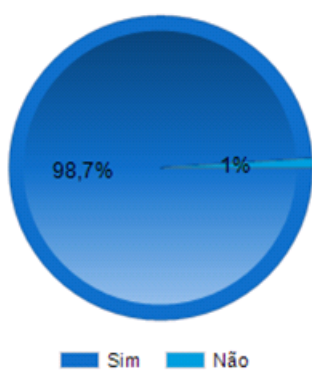
Figura 107 - Percentual de respostas para a questão: por que não utiliza o aquecedor sempre que gostaria?



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 108 - Percentual de respostas para a questão: possui chuveiro elétrico?

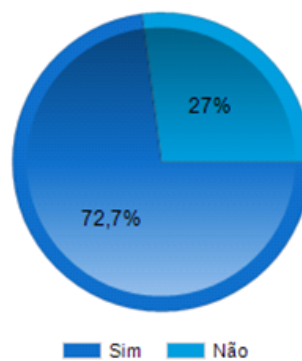
Taxa de resposta: 99,7%



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 109 - Percentual de respostas para a questão: seu chuveiro aguenta situações de frio ou normalmente queima durante o inverno?

Taxa de resposta: 99,7%



### **8.7.6 A influência das temperaturas para o bem estar e agravos na saúde: a percepção da população e a relação entre clima e saúde**

Além de compreender a forma como as pessoas lidam com as temperaturas extremas e as medidas adaptativas a que recorrem um dos aspectos que podem ser considerados para identificação da vulnerabilidade é o acesso a saúde e formas de proteção.

Para essa análise foram considerados os aspectos referentes as doenças subnotificadas, ou seja, enfermidades que a priori não geraram internações e mortes, quantificados pelo banco de dados do DATASUS.

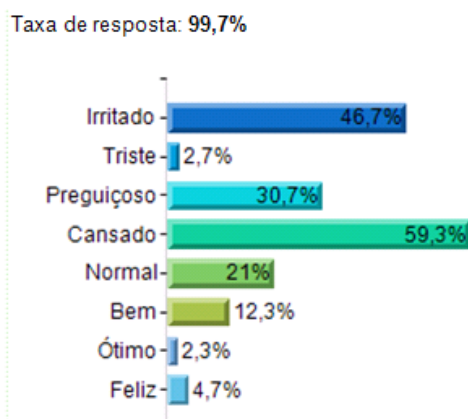
De acordo com a população em situações de calor, 59,3%, dos entrevistados relataram sentir-se cansados e irritados, 46,7% (Figura 110).

Quando se observa a diferença por sexo verifica-se que essas duas sensações: cansado e irritado lideram a frequência das respostas para os dois gêneros, contudo a opção “normal” foi mais efetiva para os homens, com 36 respostas, do que para as mulheres, totalizando 27 respostas. Para a população feminina a sensação “normal” é substituída por “preguiça” resposta obtida em 60 questionários.

As menores taxas de respostas, tanto para homens quanto para mulheres, foram obtidas nos itens “triste”, “ótimo” e “feliz” (Quadro 35).

Além dessa pesquisa outros estudos também tiveram como foco compreender sintomas e condições de risco a partir da relação corpo e temperaturas. A pesquisa de Mendes e Tommaselli (2019), por exemplo, também constatou mal estares subnotificados em um grupo de trabalhadores, varredores de rua, com rotina de exposição ao sol. Dentre o grupo analisado, 7 dos 13 trabalhadores relataram sentir dor de cabeça; 5 trabalhadores, indisposição ao trabalho; e 5 pessoas, manchas na pele; como também sintomas com menor frequência como sonolência, pressão alta, quedas de pressão, tonturas, entre outros possivelmente associados ao esforço físico: dor nos braços e pernas, câimbras, dor na coluna.

Figura 110. Taxa de respostas referentes a questão: “Durante o calor como você se sente?” para homens e mulheres.



Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 35. Percentual de respostas para a questão: “durante o calor como você se sente?” a partir do sexo dos entrevistados.

Sexo → Durante o calor como voce se sente? ↓	Feminino			Masculino			Total	
	Freq.	% Rep.	Desvio	Freq.	% Rep.	Desvio	Freq.	% Rep.
Irritado	92	65,7%	+ S	48	34,3%	- S	140	100,0%
Triste	4	50,0%		4	50,0%		8	100,0%
Preguiçoso	60	65,2%		32	34,8%		92	100,0%
Cansado	110	61,8%		68	38,2%		178	100,0%
Normal	27	42,9%	- TS	36	57,1%	+ TS	63	100,0%
Bem	21	56,8%		16	43,2%		37	100,0%
Ótimo	4	57,1%		3	42,9%		7	100,0%
Feliz	10	71,4%		4	28,6%		14	100,0%
<b>Total</b>	<b>178</b>	<b>59,5%</b>		<b>121</b>	<b>40,5%</b>		<b>299</b>	

Os percentuais são calculados em relação a quantidade de respostas em linha.

A soma das linhas e ou das colunas é diferente da quantidade de observações devido às respostas múltiplas.

Os valores em azul/rosa são significativamente sobre/sub representados (ao limite de risco de 5%).

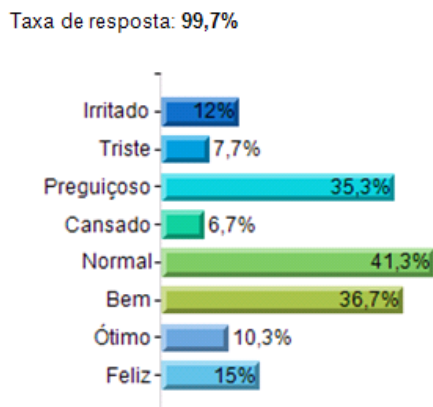
Respostas efetivas : 299 Não resposta(s) : 1 Taxa de resposta : 99,67%  
P-Value: = 9,70% ; Qui2: = 12,11 ; Graus de liberdade: = 7 (A relação é pouco significativa)

Fonte: Dados da pesquisa

Quando se observa as sensações relatadas para o período de frio verifica-se que predominantemente as pessoas disseram sentir-se “normal”, 41,3% dos dados, “bem”, com 36,7%, e preguiçoso, em 35,3% das respostas (Figura 111). Respostas mais agradável e dispare das relacionadas ao calor. Contudo é importante destacar que quando os questionários foram aplicados era verão em Presidente Prudente e a população experimentava vários dias com temperaturas elevadas. Tal constatação poderia ser refutada se esses questionários fossem novamente disponibilizados no período de inverno, como explicado por Nikolopoulou, Steemers (2003, p.99), e definido como percepções associadas as experiência dos individuo e tempo de exposição (Ver item 6.3.3 Variáveis subjetivas). Em específico para as respostas da população feminina prevalece, mais uma vez, a repetição de declarações em que as pessoas se sentem “normal”, 69 votos, “preguiçosa”, com 66 respostas e “bem”, 63 indicações. As opções com menor número de respostas foram, por ordem crescente, cansado, triste e ótimo. Para os homens as sensações predominantes no inverno são de “normal”, “bem” e “preguiçoso” com 55, 47 e 40 votos respectivamente. As opções com menor número de votos para esse conjunto de pessoas analisadas foi cansado com 7 indicações, triste com 9 votos e irritado escolhido por 12 homens (Fonte: Dados da pesquisa

## Quadro 36).

Figura 111. Taxa de respostas referentes a questão: “Durante o frio como você se sente?” para homens e mulheres.



Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 36. Percentual de respostas para a questão: “durante o frio como você se sente?” a partir do sexo dos entrevistados.

Sexo → Durante o frio como voce se sente? ↓	Feminino			Masculino			Total	
	Freq.	% Rep.	Desvio	Freq.	% Rep.	Desvio	Freq.	% Rep.
Irritado	24	66,7%		12	33,3%		36	100,0%
Triste	14	60,9%		9	39,1%		23	100,0%
Preguiçoso	66	62,3%		40	37,7%		106	100,0%
Cansado	13	65,0%		7	35,0%		20	100,0%
Normal	69	55,6%		55	44,4%		124	100,0%
Bem	63	57,3%		47	42,7%		110	100,0%
Ótimo	17	54,8%		14	45,2%		31	100,0%
Feliz	29	64,4%		16	35,6%		45	100,0%
<b>Total</b>	<b>178</b>	<b>59,5%</b>		<b>121</b>	<b>40,5%</b>		<b>299</b>	

Os percentuais são calculados em relação a quantidade de respostas em linha.

A soma das linhas e ou das colunas é diferente da quantidade de observações devido às respostas múltiplas.

Os valores em azul/rosa são significativamente sobre/sub representados (ao limite de risco de 5%).

Respostas efetivas : 299 Não resposta(s) : 1 Taxa de resposta : 99,67%  
P-Value: = 87,56% ; Qui2: = 3,1 ; Graus de liberdade: = 7 (A relação não é significativa)

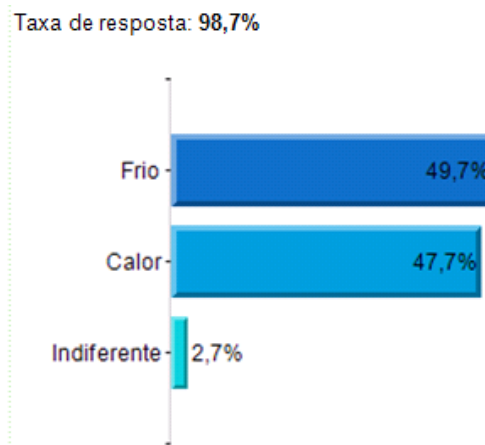
Fonte: Dados da pesquisa

Considerando a relação entre clima e saúde a maioria das pessoas, tanto em situações de frio ou de calor, relataram não terem problemas de saúde associados. Para esse conjunto de respostas acredita-se que houve um equívoco, pois, posteriormente, foi relatada uma série de doenças e enfermidades em quase todos os questionários. Isso também pôde ser averiguado a partir do questionamento sobre qual situação, calor ou frio, são piores para a sua saúde e, nesse momento, observou-se uma confusão e divisão equilibrada nas respostas: 49,7% indicaram o período de frio como piores e 47,7% escolheram o período de calor como piores (Figura 112). Essa afirmativa também foi díspare entre o grupo de homens e mulheres, sen-

do que os homens optaram preferencialmente pelo período de frio como piores para sua saúde, em 63 questionários; e as mulheres, ainda que de modo equilibrado, escolheram o calor como piores para a sua saúde em 89 respostas (Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 5).

Figura 112 - Para sua saúde você acredita que situações de calor ou frio são piores?



Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 5 - Percentual de respostas para a questão: "para sua saúde você acredita que situações de calor ou frio são piores" a partir do sexo dos entrevistados.

**Cruzamento da questão "Para sua saúde você acredita que situação" com a questão "Sexo"**

Sexo → Para sua saúde você acredita que situação ↓	Feminino			Masculino			Total	
	Freq.	% Rep.	Desvio	Freq.	% Rep.	Desvio	Freq.	% Rep.
Frio	86	57,7%		63	42,3%		149	100,0%
Calor	89	62,2%		54	37,8%		143	100,0%
Indiferente	3	37,5%		5	62,5%		8	100,0%
<b>Total</b>	<b>176</b>	<b>59,5%</b>		<b>120</b>	<b>40,5%</b>		<b>296</b>	

Os percentuais são calculados em relação a quantidade de respostas em linha.

A soma das linhas e ou das colunas é diferente da quantidade de observações devido às respostas múltiplas.

Os valores em azul/rosa são significativamente sobre/sub representados (ao limite de risco de 5%).

Respostas efetivas : 296 Não resposta(s) : 4 Taxa de resposta : 98,67%  
P-Value: = 32,60% ; Qui2: = 2,24 ; Graus de liberdade: = 2 (A relação não é significativa)

Fonte: Dados da pesquisa

Do conjunto de dados obtidos 66% das respostas disseram não terem problemas de saúde relacionado ao calor com ele, e com algum familiar, contudo, nos casos que relataram ocorrência isso pôde ser verificado especialmente em adultos em 25,3% das respostas (Figura 113 e Figura 114). Como constatado pela população as principais enfermidades relatadas pertencem ao grupo das doenças circulatórias especialmente a pressão baixa, em 19,4% das respostas, e pressão alta, em

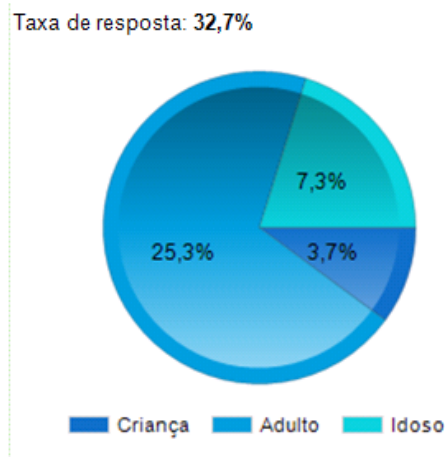
16,1%. Em seguida constatou-se a recorrência de alergias, 12,9% e dor de cabeça e tontura em 3,2% em ambos os casos (Quadro 37 e Fonte: Dados da pesquisa

Figura 115).

Figura 113 - Percentual de respostas para a questão: você ou algum familiar já teve algum problema de saúde relacionado ao calor?



Figura 114 - Percentual de respostas para a questão: quem teve esse problema (criança, adulto, idoso)?



Fonte: Dados da pesquisa

Quadro 37 - Percentual de respostas para a questão: qual o problema de saúde que você e/ou sua família já teve relacionado ao calor?

Doenças e enfermidades relacionadas ao calor citadas nos questionários	Porcentagem em relação ao número de respostas
Pressão baixa	19,4
Pressão alta	16,1
Alergia	12,9
Pressão	5,6
Dor de cabeça	3,2
Tontura	3,2
Problemas respiratórios	2,4
Fadiga	2,4
Mal estar	2,4
Brotoeja	1,6
Problemas circulatórios	1,6

Quadro 38 - Percentual de respostas para a questão: qual o problema de saúde que você e/ou sua família já teve relacionado ao frio?

Doenças e enfermidades relacionadas ao frio citadas nos questionários	Porcentagem em relação ao número de respostas
Gripe	25,1
Resfriado	16,0
Sinusite	13,9
Rinite	11,2
Alergia	8,0
Bronquite	5,3
Pneumonia	2,7
Pressão alta	1,6
Dor em alguma parte do corpo	1,6
Choque térmico	1,6
Tosse	1,6
Herpes	1,1
Problemas respirató-	1,1



Insolação	1,6
Bronquite	1,6
Vômito	1,6
Falta de ar	1,6
Ressecamento	0,8
Bronquiectasia	0,8
Falta de disposição	0,8
Dor de garganta	0,8
Desidratação	0,8
Queimadura do sol	0,8
Virose	0,8
Resfriado	0,8
Varizes	0,8
Desmaio	0,8
Nariz seco	0,8
Crise epilética	0,8
Gripe	0,8
Tosse	0,8
Dor	0,8
Reumatismo	0,8
Fraqueza	0,8
Tremor	0,8
Assadura	0,8
Fibromialgia	0,8
Cansaço	0,8
Diarréia	0,8
Rinite	0,8
Baixa imunidade	0,8
Stress	0,8
Lúpus	0,8
Glicemia	0,8
Menopausa	0,8

Fonte: Dados da pesquisa

rios	
Dor de garganta	1,1
Pressão	0,5
Asma	0,5
Amidalite	0,5
Bronquiectasia	0,5
Hipotermia	0,5
Fibromialgia	0,5
Mal estar	0,5
Problema nos nervos	0,5
Artrose	0,5
Derrame	0,5
Problemas com cuidado de deficiente físico	0,5
Problemas no coração	0,5
Dor de cabeça	0,5
Pele ressecada	0,5
Dermatite	0,5



Figura 116 - Percentual de respostas para a questão: você ou algum familiar já teve algum problema de saúde relacionado ao frio?

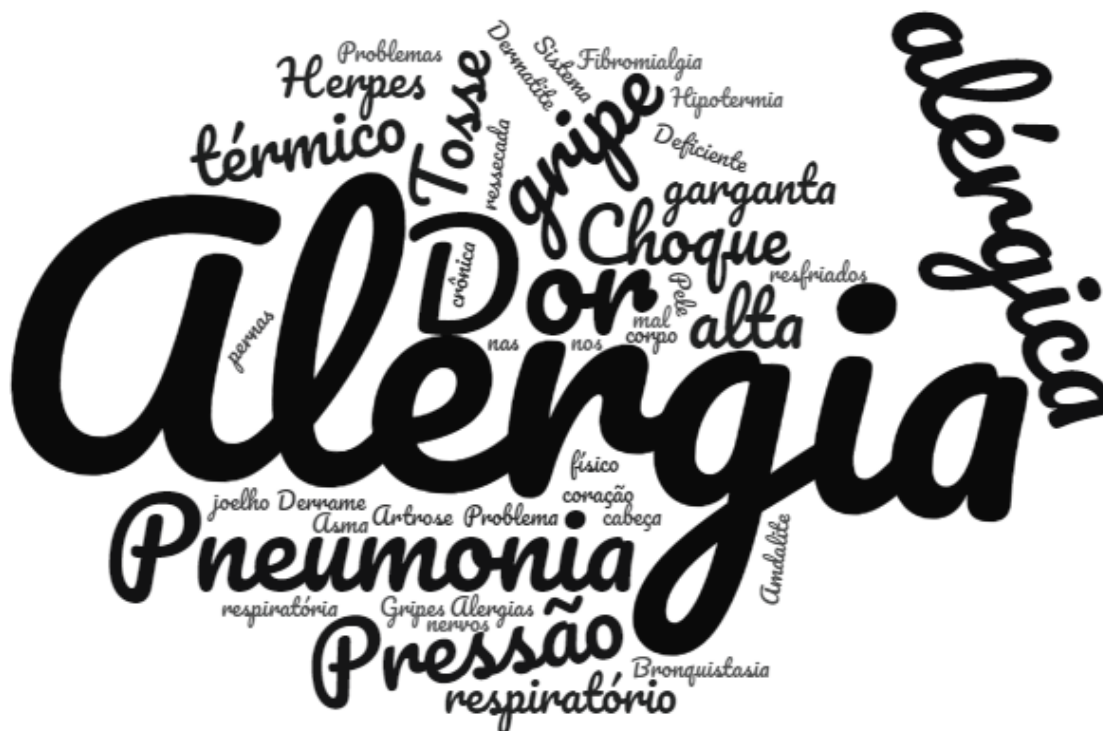


Figura 117 - Percentual de respostas para a questão: quem teve esse problema (criança, adulto, idoso)?



Fonte: Dados da pesquisa

Figura 118 - Principais palavras citadas no questionário em referência as doenças agravadas durante o frio.



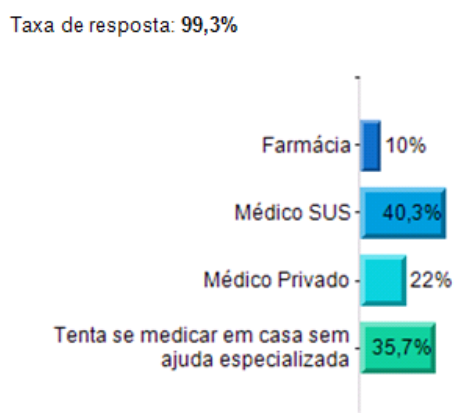
Fonte: Dados da pesquisa. Gerado em <https://www.wordclouds.com/> em 21/06/2019.

Nesses casos, além do mal estar subnotificado e da dificuldade de assimilação e compreensão da população entre saúde e condições ambientais, a situação

se torna agravante devido a falta de acesso a serviços públicos especializados tornando a população ainda mais vulnerável aos fenômenos climáticos extremos.

É notório que grande parte dos entrevistados relatou procurar a ajuda especializada seja do médico do SUS, 40,3%, ou do médico privado, 22%, contudo quase metade dos entrevistados, 45,7% das respostas, assumiu tentar se medicar por conta própria ou buscam medicação sem orientação profissional na farmácia (Figura 119).

Figura 119 - Percentual de respostas para a questão: quando você ou alguém da sua família fica doente qual desses locais vocês procura primeiro?



Fonte: Dados da pesquisa

Assim sendo ao observar esses dados concorda-se com Romero e Mendonça (2012) que existe uma crença cultural em culpabilizar a natureza pelos desarranjos e impactos na população, contudo, a vulnerabilidade é uma construção histórica e também social. Essa mesma vulnerabilidade se manifesta em povos e cidade expostos a ameaças devido a sua localização em terrenos e residências inadequadas para as intempéries climáticas de onde habitam; possuem escassa capacidade de enfrentar e limitada resiliência social para dar conta das emergências e recuperar-se, além é claro do importante peso das estruturas de classe (ROMERO e MENDONÇA, 2012, p. 128).

## 8.8 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

A partir desse capítulo foi possível avaliar, do ponto de vista térmico, as condições internas e externas de residências selecionadas e representativas da cidade de Presidente Prudente.

Constatou que as residências, local que deveria servir como uma proteção contra as intempéries climáticas, na maioria das vezes, tornam-se potencializadoras de situações desconfortáveis e de temperaturas ainda mais elevadas que o ambiente externo.

Durante o verão prudentino é comum que as temperaturas máximas sejam superiores a 30°C (FANTE, 2014) e é exatamente nesse mesmo momento que ocorrem os períodos mais críticos, seja pelo elevado calor, como também pela frequência de dias com essas características. Nas residências pesquisadas, durante o verão, é comum que nas residências atinjam-se valores superiores ao ambiente externo e puderam ser verificados valores médios superiores de até 3,4°C, no Parque Castelo Branco.

Em relação ao valor absoluto, nessa mesma residência localizada na área de expansão norte da cidade, com casas de padrão construtivo popular, constatou-se a temperatura interna mais quente dentre as demais durante o verão: 8,3°C, verificado no dia 05/02/2018, às 6h da manhã. Em contraponto, nesse mesmo período o menor valor identificado ocorreu na residência localizada no condomínio fechado Dahma, com -11,1°C, quando comparado ao ambiente externo, verificado no dia 16/02/2018, às 20h. Essas temperaturas superiores as do ambiente externo normalmente ocorrem nos períodos noturno e matutino e somente por volta das 11h da manhã é que ocorre uma inversão e as temperaturas internas se tornam mais confortáveis que as externas, mantendo-se assim até meados das 18h, 19h.

Diariamente é possível observar que as temperaturas internas permanecem entre 16h e 17h mais elevadas que o ambiente externo, como verificado no Parque Castelo Branco e da Vila Santa Helena respectivamente. Apenas para elucidar essa situação, na Vila Dubus, antigo bairro residencial da cidade, localizada próximo a praça arborizada e com estrutura construtiva planejada verificou-se o patamar de apenas 10h do dia com temperaturas internas superiores as externas, ou seja, -2555 horas de calor, ao longo do ano, comparada aos demais locais supracitados.

No período de inverno essa condição de aquecimento proporcionada pelos materiais construtivos que compõem as residências, pelo ambiente locacional, e pelo conjunto arquitetônico e construtivo fizeram com que os valores das temperaturas *indoor* servissem de proteção e mantivessem as temperaturas médias próximas do que a população está habituada. Contudo é importante frisar que essas situações de frio mais intenso ocorrem poucas vezes ao longo do ano, além de considerar que a

tendência é de diminuição dessas situações anômalas como verificado no capítulo VII, referente as ondas de frio.

De todas as residências aquela que teve as maiores vantagens de aquecimento no período de inverno foram exatamente as residências com médio e alto padrão construtivo. No Dahma, por exemplo, constatou-se a diferença de 14°C mais quente no ambiente interno no dia 10/07/2018, às 10 horas da manhã. Para esse período, inverno, a casa apresentou ao longo do dia até 21 horas com temperaturas superiores a do ambiente externo. Para esse contexto observa-se que há formas efetivas de amenizar o calor no período de verão e de manter as temperaturas confortáveis, próximas do habitual durante o inverno que podem ser atribuídos a diversos fatores como: proximidade dos telhados e tipos de coberturas; maior ou menor armazenamento do calor nos materiais construtivos; maior eficiência na vedação e troca de ar entre o ambiente interno e externo.

As residências oriundas de programas sociais como a COHAB e a Ana Jacinta, por sua vez, foram as que tiveram as menores condições de proteger a população residente dos períodos mais frios e mantiveram as condições internas muito próximas dos valores de temperaturas externas. Para esse contexto a população prudentina afirmou utilizar como medidas adaptativas formas básicas e tradicionais como o uso de agasalhos, 38%, e cobertas e edredons, 37%, que na maioria das vezes foram suficientes para que ele(a) e sua família não sentissem frio, 92,7%.

Deste modo o grande desafio quando se compara os dois períodos de frio e calor são destacadas as situações de calor extremo ainda que as técnicas para averiguação do conforto térmico *indoor* e *outdoor* seja questionáveis, como verificado no capítulo VI. Em relação aos resultados obtidos com a técnica utilizada para o conforto térmico, índice de temperatura e umidade de Thom, verificou-se que dentro das residências, de modo geral, tanto no período de calor quanto de frio há uma tendência de homogeneização das temperaturas dentro das casas. Ou seja, constatou-se um conjunto maior de classes de conforto no ambiente externo e que se torna reduzido dentro das residências, com pouca alteração na amplitude dos valores. Nos dados analisados para o verão a residência com maior percentual de situações confortáveis foi a localizada no bairro Ana Jacinta onde 64% dos dados foram considerados dentro dos limiares de “centro da zona de conforto”, seguido pela COHAB, com 29% dos dados.

Esses dados fazem questionar a aplicabilidade desse método para o contexto climático de Presidente Prudente, contudo, é inegável que os próximos passos da pesquisa sejam o de requerer maior nível de detalhes numa escala ainda maior: no âmbito arquitetônico e de diferenciação térmica dentro da própria residência, nos diferentes cômodos.

Fato interessante também pôde ser verificado nos ambientes externos. O local mais afastado da malha urbana, na transição entre o ambiente rural e urbano, Dahma, juntamente com a residência localizada próxima a uma praça arborizada com espécies de grande porte e do fundo de vale, Vila Dubus, foram as que verificaram os valores mais extremos classificados como “frio”, de acordo com a ordenação proposta por Thom, em 3% dos dados legitimando o poder de aquecimento do clima urbano e das ilhas de calor nas áreas mais densamente construídas e pouco vegetadas, corroborando com a teoria de que é fundamental a análise conjunta entre sociedade e natureza e a necessidade de uma proposta eminentemente geográfica, como a proposta por Sant’Anna Neto (2001).

Esse resultado também condiz com a espacialização da renda realizada pelo grupo CEMESPP. É exatamente nesse conjunto residencial onde se encontra os maiores percentuais de chefes de família com rendimento superior a 20 salários mínimos (Figura 6), área de inclusão social (Figura 7), que representa não apenas uma cidade desigual, mas também moradias transformadas por sujeitos sociais capazes de se adequar as intempéries climáticas e, nesse caso, os eventos extremos de temperatura.

É nítido com esses dados que a geografia do clima se consolida de modo heterogêneo no ambiente urbano, contudo, o mais preocupante é que nem todas as pessoas têm condições econômicas, culturais, de governança política e de comportamento social e individualizado suficientes para se precaverem e lidarem com os impactos térmicos, especialmente no calor. A partir dessa pesquisa verificou-se que mesmo que tenham conhecimento do que fazer para amenizar as situações de desconforto térmico a grande parte da população entrevistada não havia condições econômicas para acionar meios e efetivar medidas de conforto térmico como o uso de ar condicionado. Apenas 17%, do universo de 300 pessoas entrevistadas, relataram recorrer ao uso do ar condicionado para amenização da temperatura do ar. Mesmo que seja um recurso basilar para a qualidade de vida, especialmente nos países tro-

picais, esse é um recurso dispendioso e requer um investimento significativo para pagar o consumo energético gerado para a maioria da população.

Além disso, o valor empregado para aquisição de um aparelho básico é próximo ao de um salário mínimo, rendimento que 49% dos brasileiros possuem ou até menos que isso. Para o contexto investigativo 57% das pessoas relataram não possuírem sequer um aparelho enquanto que apenas 1% respondeu ter suas residências equipadas com ar condicionado em todos os cômodos. Contudo, mesmo havendo a disponibilidade do equipamento, o grande empecilho recai sobre a falta de condições econômicas para manter os custos de energia elétrica. Do total analisado foram contabilizados  $\frac{3}{4}$  dos entrevistados, 76%, que disseram não utilizar o aparelho sempre que desejam sendo que grande parte se deve a falta de recursos para custear a conta de energia, 63%. Devido a essa impossibilidade econômica grande parte da população recorre a utilização dos ventiladores que, apesar de não diminuir a temperatura do ambiente, faz com que o ar circule e melhore, conseqüentemente, as condições de sensação térmica. Dentre as práticas ressaltadas essa é a mais efetiva e representa 86% da população que o utiliza sempre que deseja e sente necessidade.

A esse contexto observa-se que a população entrevistada pode ser considerada vulnerável do ponto de vista social aos eventos de temperatura extrema. Há uma capacidade reduzida de adaptar-se e/ou ajustar-se a esse conjunto de circunstâncias ambiental e que também pode ser constatado nas condições de saúde e mal estares recorrentes. Para essa pesquisa, por exemplo, ficou nítido o poder dessa vulnerabilidade na ocorrência de sensações de cansaço e irritabilidade nos períodos de calor, ou ainda de relatos de agravos associados a enfermidades circulatórias como problemas com a pressão, dor de cabeça, tontura, mesmo que a população acredite serem piores as condições de frio extremo. A esse contexto de vulnerabilidade também deve ser ressaltado a capacidade das pessoas recuperarem-se e com isso ficou explícito que o acesso a profissionais indicados é pouco efetivo e em grande parte das vezes as pessoas tentam superá-las sem auxílio profissional, 35,7% dos relatos, ou com medicação indicada em farmácias em 10% dos casos.



## 9 CONCLUSÕES

A partir dessa pesquisa ficou claro o impacto das temperaturas no conforto humano dos diferentes grupos e contextos sociais. É evidente que o homem, como ser vivo homeotérmico, necessita de condições ótimas de temperatura para que o organismo não precise estabelecer qualquer mecanismo de termoregulação. Várias são as causas que podem amenizar ou agravar a percepção do conforto térmico que podem ser associados a condições individuais e fisiológicas, ambientais e subjetivas. Muitos índices foram criados para estimar essas condições ambientais que podem ser prejudiciais a saúde humana, contudo, na maior parte dos casos trata-se de índices que foram pensados e aplicados para o contexto das zonas temperadas o que muitas vezes dificultam o entendimento e aplicação para o contexto tropical, como na cidade de Presidente Prudente.

A partir do teste das principais técnicas observou-se resultados muito díspares e que confirmam o pouco consenso entre as metodologias bioclimáticas. Quando se analisa a série de Presidente Prudente de 1966 a 2016 verifica-se que há um aumento nas classes especialmente mais quentes como “limite superior da zona de conforto” e “centro da zona de conforto” que no passado eram atribuídas a condições térmicas menos elevadas confirmando, portanto, as teorias de tendências de aquecimento global. Essas maiores diferenças puderam ser verificadas especialmente no período da manhã.

Quando se analisa as condições nos ambientes de moradia verifica-se que há uma mudança importante nas temperaturas e situações de conforto nas diferentes residências. De modo geral as residências de padrão construtivo e localizado em bairros menos valorizados economicamente são também aquelas que representam as piores situações, pois, ao mesmo tempo em que incrementam as temperaturas durante o verão são, também, pouco efetivas no aquecimento nos períodos de inverno e mantêm as temperaturas muito próximas do ambiente externo.

Essa situação se torna mais agravante quando os períodos de desconforto térmico se repetem por mais de 2 dias, período que considera a ocorrência de ondas de calor e de frio. No contexto de Presidente Prudente as ondas de calor são verificadas especialmente nos meses de primavera e verão e as de frio nos meses característicos de inverno, ainda que tenha se tornado mais escassa ao longo das déca-

das analisadas enquanto as de calor são mais frequentes, intensas e com maior predominância de dias.

A população nesses períodos recorre a medidas adaptativas, contudo, a partir do questionário aplicado ficou evidente que grande parte da população não possui meios suficientemente capazes e eficientes de se proteger e se recuperar rapidamente dos impactos causados. Isso se deve a sua condição de vulnerabilidade social que em maior ou menor intensidade poderão acionar mecanismos de proteção e conforto.

Os motivos que geram essa diferenciação são diversos e expressam-se: nas condições e recursos que essas pessoas possuem a fim de se precaverem e de lidarem com os impactos térmicos; na estrutura construtiva, materiais utilizados e planejamento das residências e locais que habitam; nas condições econômicas, que a priori, facilitarão o acionamento de recursos para amenização das temperaturas tornando-as confortáveis; nas questões culturais que podem assegurar maior ou menor adaptação e medidas eficazes; na resiliência diferenciada a partir da organização de grupos para o enfrentamento dos eventos extremos; na capacidade política e de governança que em tese deveria legislar a favor dos agentes sociais e não dos grupos imobiliários empresariais, a partir da proposição de regras e legislações que contemplem as características ambientais locais; do comportamento social e individualizado.

Assim sendo os resultados confirmam a hipótese inicial de que a vulnerabilidade é um importante fator para o agravamento e intensificação dos eventos extremos especialmente pelo conjunto de fatores que fazem com que os grupos sejam vulneráveis e que poucos conseguem se proteger ou amenizar os efeitos dos eventos extremos. A partir do resultado obtido com os questionários ficou evidente que pessoas sabem o que deve ser feito para que saiam desse contexto, contudo, são impossibilitados de acionar mecanismos de proteção e amenização da temperatura.

Esse resultado também corrobora com a teoria da geografia do clima e evidencia que as condições climáticas urbanas são determinadas por diferentes agentes sociais e pelo uso dos espaços que lhe são atribuídos, comumente díspares, e que são suficientemente capazes de ocasionar experiências singulares na relação entre sociedade e natureza nos ambientes urbanos.

Enfim, para não concluir, admite-se que outros direcionamentos foram sucitados a partir dessa tese e que instigam a continuar a pesquisa. Trata-se de alguns

pontos que nas próximas pesquisas precisam ser mais bem aprofundados para que seja possível avançar no conhecimento climatológico em associação ao conforto térmico, a vulnerabilidade e a saúde humana:

Do ponto de vista do conforto térmico um dos pontos fundamentais é a criação de um índice aplicável às preferências e condições habituais das zonas tropicais. Existe uma infinidade de metodologias que representam as condições fisiológicas e de preferência das zonas temperadas e subtropicais, contudo, ainda existe uma limitação metodológica para o contexto de locais com temperaturas mais elevadas.

Somado a essa necessidade percebeu-se uma dificuldade em atribuir faixas de conforto térmico que contemplem as preferências dos indivíduos moradores dessas zonas. É muito importante a definição de sinalizadores, limiares, que indiquem corretamente os momentos que as condições climáticas e ambientais podem agravar/intensificar distúrbios no organismo e até mesmo proporcionar o agravamento de problemas crônicos e agudos da saúde pública.

A mesma situação se refere aos índices de ondas de calor e de frio. Atribuir um número de dias de repetições dos eventos extremos e os limiares que passam a ter impactos na saúde parecem ser as medidas mais efetivas para o avanço dessa área na climatologia. Não basta apenas definir valores para identificação, mas, sim, integrar pesquisas que representem a relação homem-meio, associado, integrado, pertencente.

A fronteira do conhecimento entre clima e saúde também precisa ser transcendida a partir de uma visão interdisciplinar. Trata-se de uma necessidade de compreensão real sobre o poder do clima e dos elementos atmosféricos na propagação e agravamento de algumas doenças de cunho respiratório, circulatório, subnotificados e de veiculação hídrica. Deve ser pautada, é claro, nos pressupostos do possibilismo, discussão há muito tempo superada pelo possibilismo, mas, e principalmente, com foco na compreensão e identificação das condições climato-ambientais em que o organismo humano passa a acionar mecanismos de superação suficientes para desencadear problemas de saúde especialmente para os grupos mais vulneráveis.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEIXO, N. C. R. **Pelas lentes da Climatologia e da Saúde Pública: doenças hídras e respiratórias na cidade de Ribeirão Preto.** 2012. 353 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente/SP.
- ALEIXO, N. C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e saúde: diálogos geográficos. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 8, n.30, p.78-103, 2017.
- ALMEIDA, M. J. R. M. **Fundamentação teórica para criação de um sistema de alerta e resposta online durante episódios térmicos de calor extremo para uma unidade de saúde da GAMP.** 2012, 133 p. Dissertação (Mestrado em Riscos, cidades e ordenamento do território). Faculdade de Letras. Universidade do Porto. Porto/Portugal.
- ALVES, J. J. de A. Determinismo climático e salubridade amazônica na percepção de Bates e Wallace. **Cad. hist. ciênc.**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 37-50, jun. 2008. Disponível em <[http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-76342008000200003&lng=pt&nrm=iso](http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-76342008000200003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 18 abr. 2017.
- ALVES, M. P. A.; SILVEIRA, R. B.; BITENCOURT, D. P.; FRANKE, A. E. Onda de frio? Análise de diferentes métodos de identificação. **Revista brasileira de climatologia**. São Paulo, Ano 13, vol. 21. p. 295 – 312, jul/dez 2017.
- ALVES, M.P.A.; SILVEIRA, R. B.; FRANKE, A. E. Correlação das ondas de frio inverniais e as ocorrências de geada no estado de Santa Catarina-Brasil. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 12., 2016, Goiânia. **Anais...Goiânia: ABClima**, 2016, p. 1954 – 1964.
- AMORIM, M. C. C. T. Estudo do conforto térmico em ambiente tropical. **Revista Geográfica de América Central**. Costa Rica, Número especial EGAL, p. 1 – 17. 2011.
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP.** São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Letras, e ciências humanas. Universidade de São Paulo, FLCH – USP, São Paulo/SP.
- AMORIM, M. C. de C. T. **Teoria e método para o estudo das ilhas de calor em cidades tropicais de pequeno e médio porte.** 2017. 178 p. Tese (Livre docência) - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente/SP.
- ANSI/ASHRAE. **ANSI/ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for human occupancy.** Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, 2013. Disponível em: <<https://www.ashrae.org/resources-publications/bookstore/standard-55-and-user-s-manual>>. Acessado em: 12/05/2017.
- ARAÚJO, R.R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na saúde da população urbana do município de São Luís (MA).**

2014, 289 f. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente/SP.

ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios**: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. 2014, 239 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente.

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de climatologia**. Ano 13 – vol 20, jan/jul/2017, p. 5 – 28.

**ATLAS AMBIENTAL ESCOLAR DE PRESIDENTE PRUDENTE**. 2017. Versão digital. Disponível em: <http://portaldoprofessor.fct.unesp.br:9000/topico/infra-estrutura/>. Acessado em: 15 de novembro de 2018.

BARRIOS, N. A. Z.; SANT'ANNA NETO, J. L. A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. **Boletim climatológico**, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.8-9, março 1996.

BASU, R.; SAMET, J. M. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. **Epidemiology Reviews**, vol. 24, nº 2, p.190 – 202, 2002.

BELTRANDO, G. **Les climats**: processos, variabilité et risques. 2ª edição. Paris: Editora Armand Colin, 2011, 286 p. (1ª edição – 2004).

BERNARDES, L. R. M. **Café e geada**: levantamento sistemático da ocorrência e distribuição espacial do fenômeno nas regiões cafeeiras dos estados de São Paulo e Paraná no período 1870-1975. 1982. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BESANCENOT, J. P. **Climat et Santé**. 1ª edition. Paris: Dépôt legal, 2001, 127 p.

BOGO, A.; PIETROBON, C. E.; BARBOSA, M. J.; GOULART, S.; PITTA, T.; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Núcleo de pesquisas em construção. Departamento de engenharia civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Relatório Interno 02/94. 183 p.

BOUBAKER, H. B. Les paroxysmes climato-thermiques em Tunisie: approche méthodologique et etude de cas. **Climatologie**. Revue de l'association Internationale de climatologie, Grenoble, v. 7, p. 57-87, 2010.

BRAGA, A. L. F.; PEREIRA, L. A. A.; PROCÓPIO, M.; ANDRÉ, P. A. de; SALDIVA, P. H. do N. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 23, Sup 4, p. 570-578, 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v23s4/09.pdf>> Acessos em 07 ago. 2015.

BRYANT, E.A. **Natural Hazards**. Cambridge University Press, 1993.

BURSE, R. L.; Sex differences in human thermoregulatory response to heat and cold stress, **Hum. Factors**, v. 21, p. 687– 699, 1979.

CARDOSO, R. dos S. **Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente**. 2015, 137 p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente/SP.

CARFAN, A. C. **Análise do conforto térmico em áreas abertas no município de Ourinhos-SP**. 2001, 166 p. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARVALHO, V. F. M. de. **Contributos bioclimáticos para o planejamento urbano sustentável**: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas. 2006, 336 p. Dissertação (Mestrado em planejamento e projecto do ambiente urbano). Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Porto.

CHANDLER, T.J. **The climate of London**. London: Hutchison London, 1965. 287 p.

COLLINS, K. J.; EXTON-SMITH, A. N.; DORÉ, C. Urban Hypothermia: preferred temperature and thermal perception in old age. **British Medical Journal**, v. 282, p. 175-177, jan. 1981.

COSTA, A. D. L. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos**: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN. 2003. 179 p. Dissertação (Mestrado). Programa de pós graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN.

DIAZ, H. F.; MURNANE, R. J. (Org). **Climate extremes and society**. 1ª edição. United States of America: Cambridge University Press, 2008, 340p.

DIAZ, J.; JORDÁN, A.; GARCIA, R.; LÓPEZ, C.; ALBERDI, J.C.; HERNÁNDEZ, E. (et. al.). Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. **Int. Arch. Occup. Environ Health**, 75, p. 163-170, 2002.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015, **Confins** [Online], v. 37, p. 1 – 23, 2018. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/15738>>. Acessado em 09 outubro 2018. DOI: 10.4000/confins.15738.

DUBREUIL, V; FANTE, K.P.; PLANCHON, O; SANT'ANNA NETO, J.L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **Int J Climatol**. p. 1–11. 2018. <https://doi.org/10.1002/joc.5893>.

ESCOURROU, G. **Le climat et la ville**. 1ª edição. Paris: Éditions Nathan, 1991. 190 p.

ESCOURROU, G. Réflexions sur la notion de stress em bioclimatologie humaine (About the stress in human bioclimatology). **Bulletin de l'Association de geographes français**, 65e année, p. 347-355, dez. 1988-5.

FANGER, P. O. **Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering**. 1ª edição. New York: McGraw Hill, 1972.

FANTE, K. P. **Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não metropolitanas do estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011**. 2014. 254 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente.

FANTE, K. P.; ARMOND, N. B. Ondas de frio e enfermidades respiratórias: análise na perspectiva da vulnerabilidade climática. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo. Volume especial p.145-159, 2016.

FANTE, K.; DUBREUIL, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Avaliação comparativa entre metodologias de identificação de situações de conforto térmico humano aplicado ao context tropical, Presidente Prudente. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, vol. 21, p. 588 – 612, jul-dez, 2017.

FIRPO, M. A. F.; SANSIGOLO, C. A.; ASSIS, S. V. Climatologia e variabilidade sazonal do número de ondas de calor e de frio no Rio Grande do Sul associadas ao ENOS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n.1, v. 27, p. 95-106, 2012.

FREITAS, C. U. de *et al.* Poluição do ar em cidades brasileiras: selecionando indicadores de impacto na saúde para fins de vigilância. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 22, n. 3, set. 2013. Disponível em <  
[http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1679-49742013000300009&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742013000300009&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em 07/08/2015.

FROTA, A. B. SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 5ª edição. São Paulo: Studio Nobel. 2001, 244 p.

FUNARI, F. L. **O Índice de Sensação Térmica Humana em função dos tipos de tempo na Região Metropolitana de São Paulo**. 2006, 108 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GABRIEL, K. M. A.; ENDLICHER, W. R. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. **Environmental Pollution - Elsevier**, 159, p. 2044-2050, 2011.

GALVANI, E. Considerações acerca dos estudos bioclimáticos. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. **Geografias de São Paulo: a metrópole do século XXI**. São Paulo, 2004, p. 221-229.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Primeira reimpressão. Madrid: Editorial Sintesis, 1996.

GERARDI, L. H. de O.; SILVA, G. C. N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL, 1981. 161 p.

GERSHUNOV, A.; DOUVILLE, H. Extensive summer hot and cold extremes under current and possible future climatic conditions: Europe and North America. In: DIAZ,



H. F.; MURNANE, R. J. (Org). **Climate extremes and society**. United States of America: Cambridge University Press, 2008. p.74 – 98.

GIRALT, R. P. **Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres/RS**. 2006, 238 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Arquitetura, Porto Alegre.

GOBO, J. P. A. **Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto térmico humano**: da escala local à regional. 2017, 388 p. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GOBO, J. P. A. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. 2013, 184 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.

GÓMEZ, A. L. (Coord.); GARCÍA, F. F.; ARROYO, F.; MARTÍN-VIDE, J.; CUADRAT, J. M. **El clima de las ciudades españolas**. 1ª edición. Madrid: Ediciones Cátedra, S.A., 1993. 268 p.

HOPPE, P. The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **Int J Biometeorol**, v. 43, p. 71-75, 1999. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742013000300009>

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – censo demográfico**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=202> Acessado em: Outubro de 2015.

**INMET. Diagrama de conforto térmico**, 2006. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/confortotermicoHumano>. Acessado em: 09/05/2017.

**IPCC. Climate change: the scientific basis**. In: HOUGHTON, J; DING, Y; GRIGGS, D.; NOGUER, M.; LINDER, P.; DAI, X; MASKELL, K. & JOHNSON, C. (Eds.): International Panel on Climate Change, 2001.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 10551**. Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Geneva, 1995. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/18636.html>. Acessado em: 12/05/2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7243**. Hot environments. Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wetbulb globe temperature), Geneva, 1989. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/13895.html>. Acessado em: 12/05/2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7726**. Ergonomics of the thermal environment. Instruments for measuring physical quantities. Geneva, 1998. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/14562.html> Acessado em: 12/05/2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7730**. Ergonomics of the thermal environment. – analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva, 2005. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/39155.html>>. Acessado em: 12/05/2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7933**. Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. Geneva, 2004. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/37600.html>>. Acessado em: 12/05/2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 8996**. Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate. Geneva, 2004. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/34251.html>>. Acessado em: 12/05/2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 9886**. Ergonomics. Evaluation of thermal strain by physiological measurements, Geneva, 2004. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/34110.html>>. Acessado em: 12/05/2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 9920**. Ergonomics of the thermal environment. Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Geneva, 2007. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/39257.html>> .Acessado em: 12/05/2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO/TR11079/2007**. Evaluation of cold environments. Determination of required clothing insulation (IREQ). Geneva, 2007, Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/19067.html>>. Acessado em: 12/05/2017.

JENDRITZKY, G. “Human biometeorology” part I. **Experientia**. v. 499, p. 733-740, 1993.

**JORNAL NEXO**. Disponível em: <<https://www.nexojournal.com.br/interativo/2016/01/11/O-seu-sal%C3%A1rio-diante-da-realidade-brasileira>> Acessado em 07/07/2019.

KALKSTEIN, L. S.; JAMASON P. F.; GREENE., LIBBY, J.; ROBINSON, L. The Philadelphia hot weather-health watch/warming system: development and application, summer 1995. **Bulletin of the american meteorological society**. p. 1519-1527, july, 1996.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C.; EMMANUEL, R.; CORBELLA, O. D. Estudo de conforto térmico em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n.1, p 7 – 25, jan/mar 2012.

LACATIVA, A. Z. **Ocorrência de geada no estado de São Paulo**. 1983. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LAMBERTS, R. **Conforto e stress térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro tecnológico – Departamento de Engenharia Civil. 140 p. (última atualiza-

ção junho/2014) Atualizações: XAVIER, A. A; GOULART, S; VECCHI, R. de. Laboratório de eficiência energética e edificações. <[www.labee.ufsc.br](http://www.labee.ufsc.br)>.

LAMBERTS, R. **Desempenho térmico das edificações**. Material de aula. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:

<<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV%205161%20Aula%202%20-%20Conforto%20termico.pdf>> Acessado em: 19/04/2017.

LANDSBERG, M. E. **The urban climate**. New York: Academia Press, 1981. 276 p.

LEBLANC, J.; CÔTÉ, J.; DULAC, S; DULONG-TURCOT, F. Effects of age, sex, and physical fitness on responses to local cooling. **J appl Physiol Respor Environ Ex-erc Physiol**, v. 44(5), p. 813-7. mai. 1978. Disponível em:

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/649481?dopt=Abstract>> Acessado em 18/11/2017.

MAIA, J.A.; GONÇALVES, F. L. T. Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorológicas na cidade de São Paulo - parte 1. In: **XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2002. p.305-314.

MARENGO, J. A.; CORNEJO, A.; SATYAMURTY, P.; NOBRE, C.; SEA, W. Cold surges in tropical and extratropical South America: the Strong event in June 1994. **Mon. Weather Ver.**, 125, p. 2759-2788, 1997.

MELAZO, E. S.; CARDOSO, J. M. do.; MAGALDI, S. B. Indicadores Socioespaciais: diversidade, desigualdades, exclusão e inclusão social no tecido urbano de Presidente Prudente. In: NUNES, J. O. R.; GOUVEIA, I. C. M. C; GOUVEIA, J. M. C.; ROSS, J. L. S. **Atlas ambiental escolar de Presidente Prudente**. 2017. Versão digital. Disponível em: <http://portaldoprofessor.fct.unesp.br:9000/topico/infra-estrutura/>. Acessado em: 15 de novembro de 2018.

MENDES, P. C.; QUEIROZ, A. T. Análise dos índices de calor em Campina Verde-MG. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA (SBCG). Curitiba/PR. **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Climatologia geográfica, 2014. p. 1306 – 1316.

MENDES, L. P.; TOMMASELLI, J. T. G. Os sujeitos na cena: análise das temperaturas dos alvos urbanos de Presidente Prudente/SP – Interpretações a partir da rotina de trabalho de varredoras(es) de ruas. **Revista Formação**. Presidente Prudente/SP. v. 26, n.47, p. 159-177. jan-abr, 2019.

MENDONÇA, M.; ROMERO, H. Ondas de frio, índices de oscilação e impactos socioambientais das variabilidades climáticas de baixa frequência na América do Sul. **ACTA geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, p. 185-203, 2012.

MISSENARD, H. Equivalence thermique dès ambience. **Chaleur et industrie**. Paris, v. 4, p.159-183, 1948.

MISSENARD. **L'Homme et le climat**. 1ª edição. Paris, 1937.

MONTEIRO, A. (org) **Atlas da saúde e da doença**: vulnerabilidades climáticas e socioeconômicas. Porto: FCT COMPETE, 2012. Volume I e II.

MONTEIRO, A. Riscos climáticos: hazards, áleas, episódios extremos. In: AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. **Climatologia urbana e regional**. Questões teóricas e estudos de caso. 1ª edição. São Paulo: Outras expressões, 2013, p 143 – 171.

MONTEIRO, A.; CARVALHO, V.; OLIVEIRA, T.; SOUSA, C. Excess mortality and morbidity during the July 2006 heat wave in Porto, Portugal. **International Journal Biometeorology**, 57, p. 155-167, 2013.

MONTEIRO, A.; CARVALHO, V. Uma abordagem metodológica para avaliação de eventos climáticos extremos. In: AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. **Climatologia urbana e regional**. Questões teóricas e estudos de caso. 1ª edição. São Paulo: Outras expressões, 2013, p.117 – 142.

MONTEIRO, C. A. de F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. 1ª edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181 p. (séries Teses e Monografias, 25)

MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Org). **Clima urbano**. 2. Ed., 2ª reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2015. 192 p.

MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico**: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. 2008. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-25032010-142206/pt-br.php>>. Acesso em: 20 out. 2017.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 43-58, jul./set. 2007.

MURARA, P. G. S. **Clima e saúde. Variações atmosféricas e enfermidades circulatórias**. 2009, 80 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente/SP.

MURARA, P. G. S. **Variabilidade Climática e Doenças Circulatórias e Respiratórias em Florianópolis (SC): uma contribuição à Climatologia Médica**. 2012. 94 f. Dissertação (mestrado) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. – Florianópolis/SC. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/99358/307856.pdf?sequence=1>> Acessos em 07 ago. 2015.

**NATIONAL WEATHER SERVICE**. Weather forecast office. Summer weather safety and survival. Heat index. Disponível em: <<http://www.weather.gov/>>. Acesso em setembro de 2017.

**NBR 16401/2008 – Parte 2.** Conforto e stress térmico. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200\\_apostila%202011.pdf\\_2.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf_2.pdf)>. Acessado em: 12/05/2017.

NEDEL, A. S.; GONÇALVES, F. L. T.; MACEDO JÚNIOR, C.; CARDOSO, M.R.A. Climatology of the human thermal comfort on São Paulo metropolitan area: indoors and outdoors. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 33(2), p.185 – 204, 2015.

NELSON, C. J.; SPOLLEN, W. G. **Physiologia Plantarum**. Fructan. V. 71: p. 512-551, 1987.

NIKOLOPOULOU, M., STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 95 – 101, 2003.

NOGUEIRA, J. B. Poluição Atmosférica e Doenças Cardiovasculares. **Revista Portuguesa de Cardiologia**. Lisboa. Vol. 28, p. 715-733. Junho 2009. Disponível em <<http://www.spc.pt/DL/RPC/artigos/1080.pdf>> Acessos em 07 ago. 2015.

NOGUEIRA, P. J.; NUNES, A. R.; FALCÃO, J. M.; FERRINHO, P. Internamentos hospitalares associados à onda de calor de Agosto de 2003: evidências de associação entre morbidade e ocorrência de calor. **Morbidade. Revista portuguesa de saúde pública**. vol. 27, nº 2, p. 87 – 102, jul- dez. 2009.

**Norma regulamentadora NR 15.** Atividades e operações insalubres. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>>. Acessado em: 12/05/2017.

**Norma regulamentadora NR 17.** Ergonomia. Disponível em: <[http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm#17.5.\\_Condições\\_ambientais\\_de\\_trabalho](http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm#17.5._Condições_ambientais_de_trabalho)>. Acessado em: 12/05/2017.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quartely Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, n.455, p.1-24, jan.1982.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Desastres Naturais e saúde no Brasil**. Série desenvolvimento sustentável e saúde, 2. Brasília, DF: OPAS, Ministério da saúde, 2015. 52 p.

PARSONS, K. C. The Effects of Gender, Acclimation State, the Opportunity to Adjust Clothing and Physical Disability on Requirements for Thermal Comfort. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 593-599, 2002.

PEREIRA, A. R. F; ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A.; Abordagem introdutória sobre o conforto térmico em moradias da cidade de Tefé-AM. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA (SBCG), 2016, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia/GO: Associação brasileira de climatologia geográfica, 2016. p. 918 – 929.

PERKINS-KIRKPATRICK, S. E.; WHITE, C. J.; ALEXANDER, L. V.; ARGÜESO, D.; BOSCHAT, G.; COWAN, T.; EVANS, J. P.; EKSTRÖM, M.; OLIVER, E. C. J.; PHATAK, A.; PURICH, A. Natural hazards in Australia: heatwaves. **Climate change**. Volume 139, Issue 1, p. 101–114. nov. 2016.

PEZZA, A. B. **Ondas de frio na América do Sul e as trajetórias dos ciclones e anticiclones extratropicais**: climatologia sinótica. 2003. Tese (Doutorado). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEZZA, A. B.; AMBRIZZI, T. Cold waves in south america and freezing temperatures in São Paulo: historical background (1888-2003) and case studies of cyclone and anticyclone tracks. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n.1, p.141-158, 2005.

RAMPAZZO, C. R. **Clima e produção do espaço urbano: contribuições ao estudo da Geografia do Clima no contexto das cidades de São Carlos e Marília**. 2015, 304 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente/SP

RAMPAZZO, C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e produção do espaço urbano em São Carlos: uma análise a partir da diferenciação socioespacial e morfologia urbana. ANAIS do X Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. P. 1110-1121, 2014.

REBOITA, M. S. ESCOBAR, G. LOPES, V. S. Climatologia sinótica de eventos de ondas de frio sobre a região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**. ano 11, vol 16, p.72 – 92, jan/jul 2015.

REPELLI, C. A; ALVES, R; SOUZA, E. B. de; UBARANA, V.N; ALVES, J. M. B. Sensação Térmica para Fortaleza- CE. 1997, p. 1 - 5. **Anais.. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET)**. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/13-0b1da4ec57a01cf632a698f509ca1dd8.pdf>> Acessado em 30/10/2016.

RITTL, C. **Eventos climáticos extremos no Brasil**. Impacto ciência e políticas públicas. 2012. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/eventos/2012/08/IPCC/Rittl.pdf>> Acesso em: 10 set. 2015.

RODRIGUES, P. L. **Conforto térmico em cidades de porte médio no oeste paulista**: os casos de Presidente Prudente e Marília. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia). Faculdade de Ciências e tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, 2015, 99 p.

ROMERO, H.; MENDONÇA, M. Amenazas naturales y evaluación subjetiva en la construcción de la vulnerabilidad social ante desastres naturales en Chile y Brasil. **INTERthesis**. Florianópolis/SC. v. 09, n°01, p. 127 – 180, jan-jun/2012,

RUIZ, M. A.; CORREA, E.; CANTÓN, M. A. Componentes urbanos presentes em ciudades “oásis” de zonas áridas y su influencia sobre las condiciones de confort térmico. In: **XIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2010, Canela/RS. Anais...Canela/RS, 2010, p.1 – 10.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica a geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v.4, p.1-18, 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**. ano 7, v. 8. p. 45 – 60. Jan-jun 2011.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para o novo conhecimento. **Terra Livre**: São Paulo, n.17, p. 49-62, 2º semestre, 2001.

SANT'ANNA NETO, J.L.; TOMMASELLI, J.T.G. **O tempo e o clima de Presidente Prudente**. Presidente Prudente: UNESP/SABESP, 2009. 75p.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização**: do pensamento único à consciência universal, 23ª edição. Rio de Janeiro: Record, 2013. 236 p. (1ª edição copyright – 2000).

SARTORI, M. G. B. A dinâmica do clima do Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimento científico. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v.1, nº 20, p. 27-49, jan/jul 2003.

SCHNEIDER, H. **A geografia do clima da microrregião de Dourados/MS**: regime e excepcionalidades pluviiais no período de 1980 a 2012. 2014. Dissertação de mestrado em Geografia. Faculdade de Ciências humanas. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 2014, 149 f.

SHIMODA, Y. Adaptation measures for climate change and the urban heat island in Japan's built environmental. **Building Research & Information**, v.31, n.3-4, p.222-23, 2003.

SILVA, E. N; RIBEIRO, H. Impact of urban atmospheric environment on hospital admissions in the elderly. **Revista de Saúde Pública**. v. 46, n. 4, p. 694 – 701, 2012.

SILVA, E. N. da; RIBEIRO, H.; SANTANA P. Clima e saúde em contextos urbanos: uma revisão da literatura. Ver **Bibliográfica de Geografia y ciencias sociales**. Universidad de Barcelona. v. XIX, n.1092, p. 1 – 23. 2014.

SILVEIRA, R. B.; ALVES, M. P. A.; FRANKE, A. E.; MENDONÇA. M. A. Correlação entre as ondas de frio e nevascas em São Joaquim/SC e os impactos na população. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 12., 2016. **Anais...** Goiânia: ABClimate, 2016. p. 2312 – 2323.

SILVEIRA, R. D. Avaliação do risco climático no estado do Rio Grande do Sul a partir da repercussão dos eventos climáticos extremos. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; AMORIM, M. C. de C. T.; SILVA, C. A. (Orgs). **Clima e Gestão do Território**. Jundiaí: Paco editorial, 2016. p. 291 – 313.

SILVEIRA, R. D. **Risco climático, vulnerabilidade socioespacial e eventos climáticos extremos relacionados ao calor e ao frio no estado do Rio Grande do Sul – Brasil**. 2014. 379 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente.

SIMAS, I, T, H.; SANT'ANNA NETO, J. L. Risco e vulnerabilidade em São Paulo: eventos extremos e a chuva no M'boi Mirim e Freguesia do Ó. **Anais do XV Simpósio brasileiro de Geografia Física Aplicada**. 2013, p. 508 – 516.

SIMAS, I. T. H. **Análise retrospectiva de episódios de inundações na bacia hidrográfica do Rio Aricanduva- São Paulo**. 2017, 168 f. Dissertação de mestrado em Ciências, especialidade Geografia Física. Faculdade de Filosofia, Letras e ciências humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SIPLE, P. A., PASSEL, C. F. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. **Proc. Amer. Philos. Soc.**, v. 89, p.177–199, 1945.

SOUZA, C. G. **A influência do ritmo climático na morbidade respiratória em ambientes urbanos**. 2008, 200 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente/SP.

SOUZA, C. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Ritmo Climático E Doenças Respiratórias: Interações E Paradócos. **Revista Brasileira de Climatologia**. Presidente Prudente/SP. Volume 3 e 4. p. 65 – 82. Agosto 2008.

SPOSITO, M. E. B. Presidente Prudente: que cidade é esta? In: WHITACKER, A. M.; MELAZZO, E. S. (coord.) **Conjuntura Prudente 2011**. Presidente Prudente, FCT/UNESP, 2011.

STEPHENSON, D. B. Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events. In: DIAZ, H. F.; MURNANE, R. J.(Org). **Climate extremes and society**. United States of America: Cambridge University Press, 2008. p.11 – 23.

SUPING, G.; GUANGLIN, M.; YANWEN, W.; JI, L. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race and of meteorotropic effects on distance runners. **International Journal of Biometeorology**, v. 36, p. 63-68, 1992.

TAN, J.; Li, L.; KALKASTEIN, A. J.; LI, F. The urban heat island and its impact on heat waves and human health in Shanghai. **International Journal of Biometeorology**, 54, p. 74 – 84, Out. 2010.

TEBALDI, C.; MEEHL, G. A. Beyond mean climate change: what climate models tell us about future climate extremes. In: DIAZ, H. F.; MURNANE, R. J.(Org) **Climate extremes and society**. 1ª edição. United States of America: Cambridge University Press, 2008. p.99 – 119.

THOM, E.C. Discomfort index Londres. **Weatherwise**. p. 57 – 61, 1959.

TORNERO, J.; CUEVA, A. J. P.; LOPERA, F. G. CIUDAD Y CONFORT AMBIENTAL: ESTADO DE LA CUESTIÓN Y APORTACIONES RECIENTES. **Cuad. De Geogr.** Valência, v. 80. p. 147- 182, 2006.

**VDI-Standard: VDI 3787/2008. Association of German Engineers**. Disponível em: <[http://www.vdi.eu/guidelines/vdi\\_3787\\_blat\\_2-umweltmeteorologie\\_methoden\\_zur\\_human\\_biometeorologischen\\_bewertung\\_von\\_klima\\_und\\_lufthygiene/](http://www.vdi.eu/guidelines/vdi_3787_blat_2-umweltmeteorologie_methoden_zur_human_biometeorologischen_bewertung_von_klima_und_lufthygiene/)>. Acessado em: 12/05/2017.



VEYRET, Yvette. **Os riscos**. O homem como agressor e vítima do meio ambiente. 1ª Edição, São Paulo: Contexto, 2007. 319 p.

VEYRET, Yvette; MESCHINET DE RICHEMOND, Nancy. O Risco, os Riscos. In: VEYRET, Y. (Org.) **Os Riscos** – o Homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

VIANA, S. S. M. O conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP. In: AMORIM, M. C. de C. T; SANT'ANNA NETO, J. L; MONTEIRO, A. **Climatologia urbana e regional**. Questões teóricas e estudos de caso. 1ª edição. São Paulo: Outras expressões, 2013, p.221 – 245.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Campinas**. 2014. 133 p. Dissertação (mestrado). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

WOODS, J. E.; WINAKOR, G. Relationship between measures of Thermal Environment and measures of Worker Productivity. **ASHRAE Transactions**. Atlanta: v. 87, nº2, p.117-144, 1981.

**WORD CLOUDS**. Disponível em: <<https://www.wordclouds.com/>> Acessado em: 07/07/2019.



## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO COM A POPULAÇÃO PRUDENTI- NA.

### Para ENTREVISTADOR(A)

Nome entrevistador: \_\_\_\_\_ Local onde aplica o questionário: \_\_\_\_\_  
 Hora: \_\_\_\_\_ Umidade no momento da aplicação do questionário: \_\_\_\_\_

### Sobre o ENTREVISTADO(A)

Sexo:  Feminino  Masculino  
 Município de nascimento: \_\_\_\_\_  
 Há quantos anos reside em P. Prudente:  
 Idade: \_\_\_\_\_ Bairro do entrevistado: \_\_\_\_\_  
 Situação da casa:  Própria  Alugada  
 Roupa que o entrevistado(a) veste:  
 Quente  Confortável  Fresca  
 Trabalha exposto ao sol:  Sim  Não

### Conforto térmico (Sobre a sensação e percepção do clima e temperatura)

- 1) Agora estamos com \_\_\_\_ (°C) esta temperatura é confortável ou desconfortável para você (se sente bem)?  
 Confortável  Desconfortável
- 2) Na sua opinião: a partir de qual temperatura você sente calor? \_\_\_\_ (°C) (valor)
- 3) Na sua opinião: a partir de qual temperatura você sente frio? \_\_\_\_ (°C) (valor)

### Vulnerabilidade (Sobre a local de residência e resiliência a eventos extremos – frio e calor)

- 4) Neste momento sua casa é mais quente ou mais fria que aqui?  Mais fria  Igual  Mais quente
- 5) Sua casa é bem ventilada (exemplo de mal ventilada: mofo)?  Sim  Não
- 6) Qual o material construtivo da sua residência?  
 Tijolo e argamassa  Madeira  Concreto  Outro tipo de material.  
 Qual? \_\_\_\_\_
- 7) Qual a cobertura/telhado da sua residência?  
 Cerâmica  Fibro-cimento  Laje  Metálica  Outro. Qual: \_\_\_\_\_
- 8) Na casa existe árvores de grande ou médio porte próximas a residência (quintal/calçada)?  
 Sim  Não
- 9) Em situações de calor o que você faz para melhorar o conforto térmico (medidas de adaptação)?  
 1- \_\_\_\_\_  
 2- \_\_\_\_\_  
 3- \_\_\_\_\_
- 10) É suficiente para que você e sua família não passe calor?  Sim  Não.
- 11) Você tem ventilador?  Sim  Não.
- 12) Em quais cômodos?  
 Todos os quartos  Somente em um quarto  Cozinha  Sala  Portátil
- 13) Utiliza o ventilador sempre que gostaria?  
 Sim  Não. Caso a resposta seja não, por

que? \_\_\_\_\_

- 14) Você tem ar condicionado?  Sim  Não.
- 15) Em quais cômodos?  Todos os cômodos  Todos os quartos  Somente em um quarto  Sala
- 16) Utiliza o ar condicionado sempre que gostaria?  
 Sim  Não. Caso a resposta seja não, por que? \_\_\_\_\_

17) No frio o que você e sua família faz para se proteger/aquecer?

- 1- \_\_\_\_\_  
 2- \_\_\_\_\_  
 3- \_\_\_\_\_

18) É suficiente para que você e sua família não passe frio?  Sim  Não.

19) Você tem aquecedor?  Sim  Não.

20) Em quais cômodos? \_\_\_\_\_

21) Utiliza o aquecedor sempre que gostaria?  
 Sim  Não. Caso a resposta seja não, por que? \_\_\_\_\_

22) Possui chuveiro quente?  Sim  Não.

23) Seu chuveiro aguenta situações de frio ou normalmente queima durante o inverno?

Sim  Não.

### Saúde (relações entre clima, conforto e saúde)

24) Você ou algum familiar já teve algum problema de saúde relacionado ao calor?  Sim  Não.  
 Qual? \_\_\_\_\_

Quem?  Criança  Adulto  Idoso

25) Você ou algum familiar já teve algum problema de saúde relacionado ao frio?  Sim  Não.  
 Qual? \_\_\_\_\_

Quem?  Criança  Adulto  Idoso

26) Para sua saúde você acredita que situações de calor ou frio são piores?  Frio  Calor  
 Por que? \_\_\_\_\_

27) Quando você ou alguém da sua família fica doente qual desses locais vocês procura primeiro?  
 Farmácia  Médico SUS  Médico Privado  
 Tenta se medicar em casa sem ajuda especializada

28) Durante o calor como você se sente? (responder até 2 opções - colocar 1 e 2 - de acordo com a resposta)  
 Irritado  Triste  Preguiçoso  Cansado  
 Normal  Bem  Ótimo  Feliz

29) Durante o frio como você se sente? (responder até 2 opções - colocar 1 e 2 - de acordo com a resposta)  
 Irritado  Triste  Preguiçoso  Cansado  
 Normal  Bem  Ótimo  Feliz

Autorizo a utilização desses dados para pesquisa científica:  
 \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B – RELAÇÃO DOS BAIRROS ABRANGIDOS NA PESQUISA E RESPECTIVO NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS

<b>BAIRROS</b>	<b>Quantidade</b>
Residencial III Milênio	2
Parque Alexandrina	3
Jardim Alto da Boa Vista	4
Parque Alvorada	1
Ana Jacinta	6
Jardim Aviação	5
Parque Bandeirantes	2
Jardim Bela Vista	1
Parque Residencial Francisco Belo Galindo	1
Jardim Bongiovani	4
Bosque	3
Brasil Novo	10
Residencial Campo Belo	1
Residencial Carandá	5
CECAP	4
Parque Cedral	4
Central Park Residence	1
Centro	5
COHAB	4
Jardim Cremonese	1
Residencial Dahma I	1
Residencial Dahma II	1
Jardim Estoril	4
Parque Furquim	7
Jardim Guanabara	2
Jardim Humberto Salvador	20
Parque Imperial	2
Jardim Itapura I	4
Jardim Itapura II	1
Jardim Itatiaia	2
Parque Jabaquara	2
Jardim Aquinópolis	3
Jardim Bela Daria	1
Jardim Brasília	1
Jardim Caiçara	1
Jardim Califórnia	1

Jardim Colina	1
Jardim das Rosas	15
Jardim Eldorado	3
Jardim Iguazu	1
Jardim Itapuã	1
Jardim Marupiara	1
Jardim Nova Planaltina	1
Jardim Paraíso	2
Jardim Paris	2
Jardim Paulista	6
Jardim Paulistano	1
Jardim Regina	2
Jardim São Gabriel	3
Jardim Jequitiba	1
Residencial João Domingos Netto	8
Jardim Maracanã	5
Residencial Maré Mansa	1
Conjunto Habitacional Mario Amato	2
Vila Maristela	1
Parque Residencial Mediterrâneo	3
Jardim Monte Alto	1
Residencial Monte Rey	1
Jardim Morada do Sol	1
Parque Residencial Nosaki	2
Jardim Novo Bongiovani	2
Parque Castelo Branco	1
Parque das Cerejeiras	1
Residencial Parque dos Girassóis	1
Parque Primavera	1
Jardim Petrópolis	1
Jardim Planaltina	1
Jardim Planalto	3
Jardim Prudentino	1
Jardim Sabará	2

Jardim Santa Clara	1
Vila Santa Helena	7
Jardim Santa Marta	1
Jardim Santana	2
Jardim São Francisco	2
Vila São Jorge	1
Parque São Judas Ta- deu	11
Parque Residencial São Lucas	1
Parque São Matheus	6
Parque Residencial Servantes	1
Parque Residencial Servantes 2	1
Conjunto Sítio São Pedro	1
Residencial Tapajós	1
Vale das Parreiras	3
Jardim Vale do Sol	3
Vila Áurea	1
Vila Boscoli	1
Vila Brasil	2
Vila Charlotte	1
Vila Cláudia Glória	2
Vila Comercial	4
Vila Dubus	1
Vila Euclides	3

Vila Foglia	1
Vila Formosa	2
Vila Guáira	2
Vila Industrial	4
Vila Iolanda	1
Vila Jesus	1
Vila Lessa	1
Vila Liberdade	3
Vila Líder	4
Vila Luso	2
Vila Malaman	1
Vila Marcondes	4
Vila Marina	4
Vila Mendes	1
Vila Ocidental	2
Vila Ramos	1
Vila Roberto	2
Vila Rotária	1
Vila Verinha	2
Condomínio Vista do Vale	1
Residencial Vivenda	2
Parque Watal Ishibas- hi	2



## APÊNDICE C – ÍNDICES BIOCLIMÁTICOS CONSULTADOS PARA A PESQUISA.

### **Heat Stress Index (HSI)**

De acordo com Carvalho (2006, p.67) este índice foi criado pelos autores Belding e Hatch em 1955 na Universidade de Pittsburgh (EUA). De modo geral ele representa a relação entre o calor total que o corpo necessita perder por meio da evaporação para manter o equilíbrio térmico e a capacidade máxima de evaporação do ar. Esta relação pode ser obtida a partir da seguinte equação:

---


$$\text{HSI} = (E_{\text{rsw}}/E_{\text{max}}) * 100$$


---

$E_{\text{rsw}}$  = Suor requerido para evaporação.  $E_{\text{rsw}} = M + R + C$

$E_{\text{rsw}}/E_{\text{max}}$  = esforço fisiológico imposto por certo stress térmico;

$t_{\text{sk}}$  = temperatura da pele constante durante o estresse térmico.  $T_{\text{sk}} = 35^{\circ}\text{C}$

Capacidade máxima desudação durante 8h é 1L/h (390 W/m<sup>2</sup>)

Considera-se  $E_{\text{rsw}}/E_{\text{max}}$  em W, aceitando-se valor máximo de  $E_{\text{max}} = 632,27\text{W}$

Este índice é válido para as seguintes condições:

$T_{\text{ar}}$ : 21 a 49°C;  $p_{\text{ar}}$ : 3 a 42mmHg (22,5 a 312kPa);  $v$ : 0,25 a 10m/s e  $M$ :86 a 430W.

---

Fonte: Monteiro e Alucci (2007, p. 45)

### **Índice de termômetro seco e de globo (WBGT)**

Criado por Yaglou e Minard, em meados de 1957, este índice teve o intuito de avaliar e controlar as perdas de soldados em um centro militar nos Estados Unidos. Atualmente este índice é utilizado em cidades e indústrias com o objetivo de avaliar postos de trabalho do ponto de vista térmico (CARVALHO, 2006, p.67).

Para condições internas e externas, sem radiação solar pode-se definir a equação como:

---


$$\text{WBGT} = 0,7 T_{\text{nwb}} + 0,3 T_{\text{g}}$$


---

Onde,

WBGT = temperatura de globo e de bulbo úmido

$T_{\text{g}}$  = Temperatura de globo em °C

$T_{\text{nwb}}$  = Temperatura de bulbo úmido natural em °C

---

Fonte: Giralt (2006, p. 68) e Monteiro e Alucci (2007, p. 45).

Para condições externas com radiação solar direta, Giralt (2006, p. 68), Carvalho (2006, p.67) e Monteiro e Alucci (2007, p.45) apresentam outra equação baseada no ISSO 7243 (1989):

---


$$WBGT = 0,7 Tw + 0,2 Tb + 0,1 Td$$


---

Onde,

Td = Temperatura do termômetro seco

Tw = Temperatura do termômetro úmido

Tb = Temperatura do globo

---

Fonte: Carvalho (2006, p.67), Giralt (2006, p.68) e Monteiro e Alucci (2007, p.45).

### **Índice tensão fisiológica relativa.**

Este índice, conforme Carvalho (2006, p.67), representa a razão entre a evaporação do suor necessário e a evaporação possível levando em consideração as condições ambientais.

---


$$ITFR = (10,7 + 0,74 (ta - 35)) / (44 - P_{h20})$$


---

Onde,

ta = temperatura do termômetro seco ° (C);

P<sub>h20</sub> = pressão de vapor de água (mmHg);

---

### **Índice de Fanger ou Índice PMV (*Predicted Mean Vote*) e Índice PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*)**

O Índice de Fanger ou *Predicted Mean Vote* (PMV) é uma das equações mais conhecidas e utilizadas para determinar o grau de conforto térmico e também expressa na NORMA ISO 7730<sup>64</sup>.

Criado por Fanger<sup>65</sup> em 1972, na Dinamarca esta equação combinou elementos atmosféricos, atividade metabólica e vestimenta, ou seja, a geração de calor interna e as trocas com o ambiente circundante.

De acordo com Gobo (2013, p.22) o valor do índice de conforto térmico é uma estimativa da votação média previsível de avaliadores em um determinado ambiente

---

<sup>64</sup> ISO (International Organization Standartization). ISSO 7730. Moderate termal environments: determination of the PMV and PPD índices and specification of conditions for termal comfort. Genève: ISO, 1994.

<sup>65</sup> FANGER, P. O. Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering. New York: McGraw Hill, 1972.



térmico. O método foi aplicado com 1296 dinamarqueses e norte-americanos submetidos a condições controladas de ambiente interno e a partir das respostas foi estabelecida uma relação entre a percepção subjetiva humana expressa pela votação das escalas de sensação que podem variar de: frio (-3), frio (-2), leve sensação de frio (-1), confortável (0), leve sensação de calor (+1), quente (+2) e muito quente (+3), e a diferença entre o calor gerado e liberado pelo corpo humano (GOBO, 2013, p.27; GIRALT, 2006, p.59).

A partir das bibliografias pesquisadas foram encontradas duas equações diferentes que representam as formulações sobre o PMV de Fanger.

$$PMV = (0,303e^{-0,036M} + 0,028) \left[ (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0,0014 M (34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} h_{cl} (t_{cl} - t_a) \right]$$

Onde,

PMV = Voto médio previsto

M = Taxa metabólica em W/m<sup>2</sup>

T<sub>a</sub> = Temperatura do ar em °C

T<sub>r</sub> = Temperatura radiante média em °C

V<sub>ar</sub> = Velocidade do ar em m/s;

P<sub>a</sub> = Pressão de vapor de água em Pa

H<sub>c</sub> = Coeficiente de valor convectivo em W/m<sup>2</sup>.°C

T<sub>cl</sub> = Temperatura da superfície do vestuário em W/m<sup>2</sup>.°C

Fonte: Carvalho, 2006, p.68.

$$PMV = (0,303e^{-2,100 \cdot M} + 0,028) * [(M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}]$$

Onde,

PMV = Voto médio previsto

M = nível de atividade metabólica

W = trabalho mecânico exterior

H = perda de calor sensível

E<sub>c</sub> = trocas de calor por evaporação na pele

C<sub>res</sub> = trocas de calor por convecção na respiração

E<sub>res</sub> = trocas de calor evaporativo na respiração.

Fonte: Gobo, 2013, p.26.

A partir do índice PMV foi proposto o índice PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*). De acordo com Carvalho (2006, p.68) este último permite quantificar e estabelecer uma previsão do número de pessoas insatisfeitas em ambiente térmico a partir da seguinte equação:

---


$$PPD = 100 - 95 * e^{-(0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2)}$$


---

Contudo a autora alerta que este método tem algumas restrições. Para sua aplicação é necessário que o valor do PMV tenha situado entre -2 e 2; que a temperatura do ar esteja entre 10°C e 30°C e a velocidade do vento seja muito baixa, entre 0 e 1 m/s.

De acordo com Gobo (2013, p.23) o método PPD também foi adotado nas normas da ISO-7730 em 1984. A partir desta norma é estabelecido que espaços de ocupação humana, para que sejam considerados confortáveis, devem ter a PPD (porcentagem de pessoas insatisfeitas) em menos de 10%.

### **Índice de tensão térmica - Givoni (1962).**

O índice de tensão térmica foi criado por Givoni em Israel no ano de 1962. De acordo com Carvalho (2006, p.71) o objetivo deste índice é medir a quantidade de suor que uma pessoa pode expelir de acordo com as condições ambientais e metabólicas.

---


$$S = (M - W) +/- C +/- R$$


---

Onde,

S = Grau de suor requerido em g/h ou sua equivalência em W

M = Metabolismo em W

W = Energia metabólica transformada em trabalho mecânico, em w

C = Intercâmbio de calor por convecção em w

R = Intercâmbio de calor por radiação em w

---

Fonte: Carvalho (2006, p.71)

### ***Index Thermal Stress (ITS)***

Posteriormente, no ano de 1976, Givoni, em Israel, adaptou a equação anterior e inseriu o fator evaporativo. De acordo com Carvalho (2006, p.68) este índice *considerou a hipótese de que a secreção de suor é necessária para encontrar o arrefecimento evaporativo para o balanço da produção de calor metabólico e para as trocas térmicas com o ambiente:*

---


$$S = [(M - W) +/- C +/- R] + (1/F)$$


---

Onde,

S = calor perdido por evaporação de suor (w)  
 M = Metabolismo em W  
 W = Energia metabólica transformada em trabalho mecânico, em w  
 F = eficiência de arrefecimento evaporativo  
 C = depende da roupa, velocidade do ar e admite TSK = 35°C  
 R = ganho de calor por radiação

Fonte: Carvalho (2006, p.68)

Monteiro e Alucci (2007, p. 46) também apresentam essa informação com alguns dados diferentes de Carvalho. Segundo os autores Monteiro e Alucci (2007) Givoni criou essa equação em 1969 e explica que no novo índice de *stress* térmico são consideradas as trocas por radiação (temperatura do globo) e não mais por temperatura do ar, no cálculo das trocas convectivas:

$$ITS = [(M - W) \pm C' + Rc] * \exp[0,6 * (E_{rs} / E_{max} - 0,12)]$$

Onde,  
 M = Metabolismo  
 W = trabalho mecânico  
 C' = trocas convectivas e radiativas de onda longa  
 E<sub>rs</sub> = perda requerida por evaporação  
 E<sub>max</sub> = perda por evaporação máxima [kcal/h]

Fonte: Monteiro e Alucci (2007, p. 46).

#### **Predict 4 hour swat rate (P4SR)**

Este índice foi desenvolvido no centro de pesquisa da marinha real na Inglaterra por McArdle *et al.* em 1947. Conforme Carvalho (2006, p.68) este índice tem o objetivo principal de estimar a taxa de suor durante 4 horas.

$$P4SR = B4SR + 0,25$$

Onde,  
 P4SR = estimativa da taxa de suor  
 B4SR = taxa básica de suor em 4 horas em litros.

#### **Temperatura Efetiva (TE) – Houghton e Yaglou (1923).**

De forma simples e objetiva este índice representa em uma equação a temperatura efetiva a partir dos dados de temperatura e umidade (termômetro de bulbo seco e bulbo úmido). Segundo Carvalho (2006, p.69) esta equação tem como objetivo definir a mesma sensação térmica a partir de diferentes combinações entre os elementos climáticos.

---

$$TE = (^\circ F) = 0,4 (td+tw) +15$$

---

Onde,

Td = temperatura do termômetro de bulbo seco

Tw = temperatura do termômetro de bulbo úmido

---

Conforme Gobo (2013, p.37) esta equação também é conhecida como índice de desconforto e comumente utilizada por arquitetos e urbanistas para o planejamento urbano. Este autor apresenta essa equação com os seguintes valores:

---

$$TE = 0,4 (Ts + Tu) + 4,8$$

---

Onde,

TE = temperatura efetiva.

Ts = temperatura do bulbo seco

Tu = temperatura do bulbo úmido

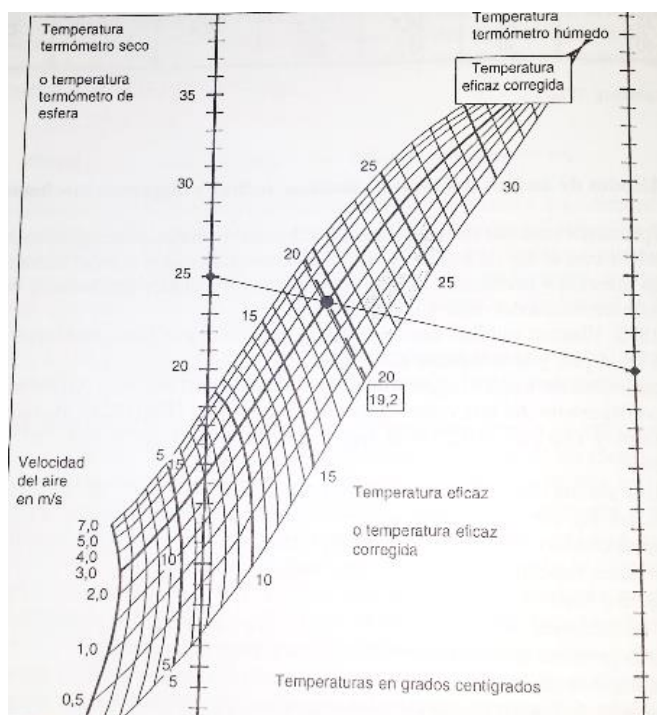
---

Para Viana (2013, p.224) e Rodrigues (2015, p.49) que também utilizaram essa equação indicam que os limites considerados confortáveis ocorrem entre 18,9°C e 25,6°C; desconfortáveis ao frio os valores abaixo de 18,9°C; e desconfortáveis ao calor acima de 25,6°C.

García (1996 p.207), por sua vez, explica que a o índice de temperatura efetiva ou temperatura eficaz passou ao longo dos anos por pequenas alterações diferentes da original que combinava apenas valores da temperatura do termômetro seco e a umidade relativa. Na versão seguinte a original foi incluso a velocidade do vento e em 1947 Bedford complementou a equação com a temperatura radiante obtida com o termômetro de globo ou de esfera, resultando em outro índice: temperatura efetiva corrigida.

O autor explica que para a definição da temperatura efetiva é necessário a utilização de um monograma para o cálculo. Em seu livro, García (1996, p.206) apresenta um exemplo de aplicação de temperatura efetiva onde é considerada as seguintes variáveis: temperatura do termômetro úmido = 20°C; termômetro seco = 25°C; e velocidade do vento a 3m/s. A temperatura efetiva se situa no ponto em que se corta a linha que une a temperatura com a correspondente velocidade do ar:

### Monograma utilizado para o cálculo de temperatura efetiva.



Fonte: Garcia (1996, p.206).

### Temperatura efetiva corrigida (TEC)

O índice de temperatura efetiva corrigida é uma adaptação da equação original de temperatura efetiva de Houghton e Yaglou (1923).

Para Gobo (2013, p.37) essa equação é expressa pela combinação de dados de temperatura, umidade e vento sendo, portanto, indicada quando a velocidade do vento é superior a 0. Para a utilização desta equação o autor esclarece que é necessária a utilização do ábaco de Koenigsberger (1973)<sup>66</sup> que permite a transformação de temperatura efetiva em temperatura efetiva corrigida.

A partir disso é possível corrigir a velocidade do vento e utilizar a equação a seguir:

$$TEC = [0,4 (Ts + Tu) + 4,8] + C$$

Onde:

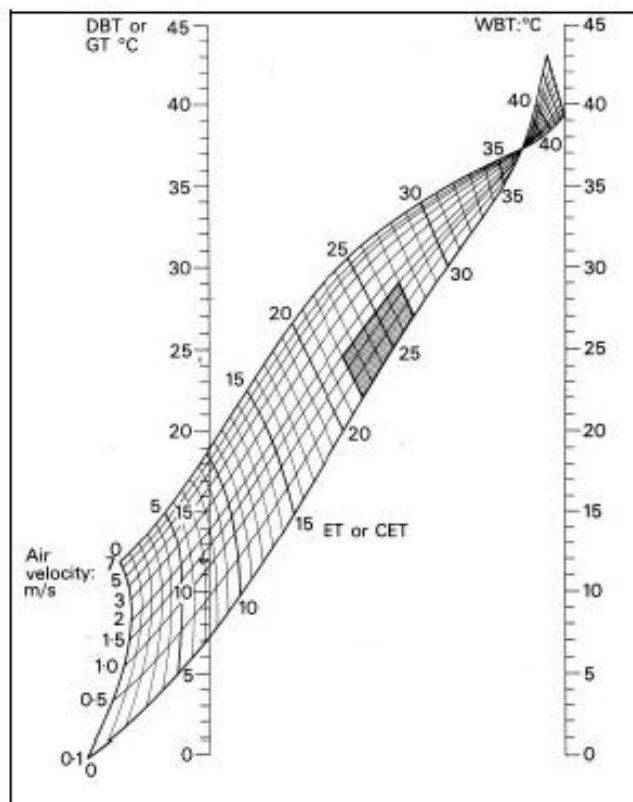
TEC é a temperatura efetiva corrigida (°C)

Ts e Tu são as temperaturas dos bulbos seco e úmido (°C)

C é a correção da velocidade do vento (m/s)

<sup>66</sup> KOENIGSBERG, O. K. Manual for tropical housing and building – part 1. London Climatic Design Longman group Ltd. 1973.320 p.

### Ábaco de Koenigsberger (1973).



Fonte: Funari (2005).

### Índice de *Wind Chill* (IWC) e Temperatura resfriada pelo vento - Siple e Passel (1945).

A equação de *Wind Chill* (IWC) é um dos mais conhecidos índices de conforto térmico que considera o vento como arrefecedor das temperaturas.

De acordo com Monteiro (2013, p.157) este índice foi proposto antes da Segunda Guerra Mundial por Paul Siple e Charles Passel. García (1996, p.207) complementa que para a definição desta equação os autores determinaram a partir de experimentos o resfriamento que se produzia em um cilindro de plástico completo com água, a diferentes velocidades do vento e temperaturas.

Efetivamente, para Carvalho (2006, p.70) e García (1996, p.208), este índice é capaz de apresentar o arrefecimento de uma área e o conforto térmico a partir de diferentes velocidades do vento e temperatura do ar.

---


$$W = (\sqrt{100v + 10,45 - v}) * (33 - t)$$


---

Onde,

t = temperatura do ar °C

v = velocidade do vento m/s

$w$  = arrefecimento do ar expresso em  $\text{Kcal.m}^{-2}$

Fonte: Carvalho (2006, p.70) e García (1996, p.207).

Para Gómez et. al. (1993, p.134) los resultados finales permiten distinguir una situación de equilibrio o confort (notación 0), dos hipotônicas o de excesivo calor y otras dos hipertônicas o excessivamente frías:

#### **Poder refrigerante do vento e sensações de conforto segundo Siple e Passel.**

<b>W</b>	<b>Notação</b>	<b>Confortabilidade</b>
0 - 149	-2	Hipotônico
150 – 299	-1	Hipotônico
300 – 599	0	Confortável
600 – 899	+1	Hipertônico
900 - 1999	+2	Hipertônico

Fonte: García (1996, p.208)

Conforme García (1996, p. 208) os resultados da equação, em watts, podem ser explicados: entre 300w e 599w o vento é considerado como relaxante e a notação correspondente é 0, uma vez que não há *stress* cutâneo e não é acionado nenhum mecanismo de termorregulação; acima de 600w é requerido calor e o valor do índice é positivo e crescente (+1 e +2); abaixo de 300w as condições são hipotônicas e o bem-estar somente é alcançado mediante a sessão de calor.

Com uma equação parecida com aquela apresentada por Carvalho (2006) e Garcia (1996), Suping *et. al* (1992, p.65) utiliza em sua pesquisa, desenvolvida com atletas maratonistas, o índice de Wind Chill de Siple e Passel (1945). De acordo com esses autores a equação é expressa por:

$$K_o = ((100v)^{1/2} + 10,45 - v) * (33 - t)$$

Onde,

$t$  = temperatura do ar °C

$v$  = velocidade do vento m/s

$w$  = arrefecimento do ar expresso em  $\text{Kcal.m}^{-2}$

Também fazendo referência ao trabalho de Siple e Passel (1945), Monteiro e Alucci (2007, p.45) apresentam uma nova equação intitulada como **Temperatura**

**resfriada pelo vento.** Não se sabe se originalmente se trata da mesma pesquisa, uma que apenas aludem ao mesmo ano de publicação e pesquisadores.

Conforme Monteiro e Alucci (2007, p.45) esta equação foi desenvolvida a partir de experiências e testes na Antártica e, portanto, específicas para climas frios (MONTEIRO E ALUCCI, 2007, p. 45).

A equação de temperatura resfriada pelo vento é definida por:

$$\text{WCT} = (12,15 + 11,6 \cdot v_{10}/2 - v_{10}) \cdot (33 - t_{ar})$$

Onde:

$t_{ar}$  = temperatura do ar em °C

$v_{10}$  = velocidade do ar em m/s a 10 m de altura.

Fonte: Monteiro e Alucci (2007, p. 45).

Para esta equação Gobo (2017, p. 61) *apud* SIPLE;PASSEL, 1945) esclarece que são admitidos 9 níveis de intensidade e faixas interpretativas:

#### Faixas interpretativas do Índice de Temperatura e Resfriamento pelo Vento.

< 0,0	Extremamente quente
0,0 – 58,3	Muito quente
58,3 – 116,4	Quente
116,4 – 232,7	Pouco quente
232,7 – 581,5	Confortável
581,5 – 930,4	Pouco frio
930,4 – 1628,2	Frio
1628,2 – 2326,0	Congelante
> 2326,0	Extremamente congelante

Fonte: Gobo (2017, p.61) *apud* Siple e Passel (1945).

#### Índice de resfriamento da pele nú.

Em seu livro Besancenot (2001, p.34) apresenta um índice proposto por Siple e Passel em 1945 intitulado como **índice de resfriamento da pele nú**. Segundo o autor este índice foi desenvolvido na Antártica e pode ser expresso a partir da seguinte equação:

$$\text{K} = (12,12 + 11,6 \sqrt{v} - 1,16 v) (33 - t^{\circ})$$

Onde,



V = velocidade do vento (m/s)  
 T° = temperatura do ar (°C)  
 K = W/m<sup>2</sup> de superfície corporal

Besancenot (2001, p.34) explica que os resultados dos testes foram verificados e validados na zona polar e suas margens, mas não foi testado ao ponto de saber se a transposição para outras zonas climáticas pode ser razoavelmente considerada.

Alguns autores hesitam em utiliza-lo exatamente por ter sido formulado para situações de frio extremo, no entanto o que é certo é que o índice de resfriamento eólico permite reencontrar através do cálculo os valores próximos aos obtidos a partir da medição com frigórimetro. Portanto, a fórmula, puramente empírica, não é baseada em qualquer base física e, teoricamente, só tem valor para a pele nua (BESANCENOT, 2001, p.34).

#### **Novo índice de Wind Chill – Court (1948)**

Nos anos seguintes, em 1948, Court realizou uma modificação da versão original (GARCÍA, 1996, p.208) e a nova expressão do índice de *Wind Chill* é definida por:

$$W = (10.9\sqrt{v} + 9 - v). (33 - t)$$

Onde,  
 t = temperatura do ar  
 v = velocidade do vento  
 w = arrefecimento do ar expresso em Kcal m<sup>-2</sup>

#### **Novo índice de *Wind Chill* e/ou Nova temperatura resfriada pelo vento – (NWCT) - Bluestein E Osczevski (2002).**

Também com a intenção de readaptar o cálculo original de *Wind Chill*, foi desenvolvido no Canadá, em 2002, pelos pesquisadores Bluestein e Osczevski um índice que representa a temperatura do corpo sentida ao vento. Além disso, a nova base para o cálculo é resultante da relação entre temperatura, volume e pressão de um fluido (CARVALHO, 2006, p.70).

Conforme Monteiro e Alucci (2007, p. 49) a **nova temperatura resfriada pelo vento** foi determinada a partir da combinação dos trabalhos de Bluestein e Zecher

(1999) e Oszcewski (2000a, 2000b), apresentados por Bluestein e Oszcewski<sup>67</sup> (2002), que realizam o trabalho de pesquisa empírica para a reformulação das equações.

O novo índice baseia-se em uma modelagem física do rosto do indivíduo exposto ao vento, com a velocidade de caminhada do indivíduo igual a 4,8km/h, andando contra o vento.

---


$$\text{NWCT} = 13,12 + 0,6215 \cdot t_{\text{ar}} - 11,37 \cdot v_{10}^{0,16} + 0,3965 \cdot t_{\text{ar}} \cdot v_{10}^{0,16}$$

para  $t_{\text{ar}} \leq 10^{\circ}\text{C}$  e  $v_{10} \geq 4,8 \text{ km/h}$

---

$$(2) \quad \text{Ft} = \{-24,5 \cdot [(0,667 \cdot v_{10}) + 4,8]\} + 2111 \cdot (-4,8 - t_{\text{ar}}) - 1,668$$


---

Onde:

$t_{\text{ar}}$  = temperatura do ar em  $^{\circ}\text{C}$

$v_{10}$  = velocidade do ar em km/h a 10 m de altura.

Ft = tempo no qual ocorre congelamento da superfície do rosto (min).

---

Fonte: Monteiro e Alucci (2007, p. 49)

### Índice K de resfriamento eólico (*Cooling power*)

Apresentado por Boubaker (2010, p. 60), mas com referência a trabalhos anteriores (BESANCENOT, 1986<sup>68</sup>; ESCORROU, 1994<sup>69</sup>; OSCZEWSKI, 1995<sup>70</sup>; ALOUANE, 2002<sup>71</sup>) este índice exprime a quantidade de quilocalorias (ou watts) perdidas pelo corpo humano ou ganhadas em tempos quentes por metro quadrado de superfície corporal em uma hora:

---


$$\text{K (em Kcal/m}^2\text{/h)} = (10,45 + 10,45 \sqrt{v-v}) \cdot (33-T)$$


---

$$(2) \quad \text{Ou: K (em Watt/m}^2\text{)} = [1,16 \cdot (10,45 + 10 \sqrt{v-v})] \cdot (33-T)$$


---

Onde:

T = temperatura do ar em  $^{\circ}\text{C}$

v = velocidade do vento em m/s

---

<sup>67</sup> BLUESTEIN, M.; OSCZEWSKI, R. Wind chill and the development of frostbite in the face. Preprints, 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology, Kansas City, MO: Amer. Met. Soc., p. 168-171, 2002.

<sup>68</sup> BESANCENOT, J. P. Réflexions sur le pouvoir réfrigérant du vent dans les montagens Nord-Méditerranéennes. Revue de Géographie Aline, 74 (1-2), p. 11 – 20, 1986.

<sup>69</sup> ESCORROU, P. La bioclimatologie humaine de Tunis-Carthage em hanvier et juillet 1991. In Variabilité du climat et stratégies d'adaptation humaine em Tunisie. Publication de l'Université de Tunis, p. 165 – 178, 1994.

<sup>70</sup> OSCZEWSKI, R. The basis of Wind chill. Artic, 48, 4, p. 372-382, 1995.

<sup>71</sup> ALOUANE, T. Les ambiances climatiques dans les principales régions touristiques de la Tunisie. Thèse de Doctorat (em árabe), Université de Tunis, FSHS, 470 pages, 2002.

---

Fonte: Boubaker (2010, p. 60).

### **Heat balance modelling (MEMI).**

O *Heat balance modelling* é uma equação em que considera a quantidade de calor produzida pelo corpo e os ganhos e perdas realizadas para o ambiente (CARVALHO, 2006, p.71). Quando o resultado da equação é positivo significa que o corpo encontra-se desconfortável ao calor e quando o resultado é negativo significa que o corpo sente frio.

Nesta equação são considerados fatores como a produção de calor metabólico, fluxo de calor das trocas secas e úmidas entre o corpo e ambiente; calor e vapor respirado.

---


$$H + C - R + E_D + E_{Res} + E_{Rel} + E_{Sw} + F = S$$


---

Onde,

S = Balanço térmico

H = Produção de calor metabólica dependente da atividade

C = Fluxo de calor convectivo que representa as trocas de calor entre a superfície e o ambiente

R = Fluxo de calor por radiação que descreve a quantidade de troca de calor através de radiação entre o corpo e o ambiente

$E_D$  = Transferência de vapor de água através da pele para o ambiente

$E_{Res}$  = Calor de ar respirado

$E_{Rel}$  = Vapor de água respirado

$E_{Sw}$  = Evaporação do suor

F = Calor sensível resultante da comida

---

Fonte: Carvalho (2006, p.71).

### **Modelo de Munique (MEMI) – Hoppe (1999)**

O modelo de Munique foi elaborado por Hoppe (1999) baseado na equação de balanço de energia do corpo humano e alguns parâmetros do modelo de dois nós de Gagge (GAGGE *et. al.*, 1971)<sup>72</sup>.

A partir deste modelo é possível calcular o balanço térmico humano (1); o fluxo de calor do núcleo do corpo para a superfície (2) e o fluxo de calor da superfície da pele à superfície externa da roupa (3).

---

<sup>72</sup> GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. J.; NISHI, Y. Na effective temperature scale based on a simple modelo of human physiological regulatory response. ASHRAE Trans 77. P. 247-257, 1971.

$$M+W+R+C+E_D+E_{Re}+E_{Sw}+S=0$$

$$F_{CS}=v_b * \rho_b * c_b * (T_c - T_{sk})$$

$$F_{SC}=(1/I_{cl}) * (T_{sk} - T_{cl})$$

Onde,

M = taxa metabólica (produção interna de energia por oxidação dos alimentos)

W = energia oriunda do trabalho físico,

R = radiação líquida do corpo

C = fluxo de calor convectivo

ED = fluxo de calor latente, água evaporada através da pele (transpiração imperceptível)

ERe = Soma dos fluxos de calor para aquecimento e umidificação do ar inspirado.

ESw = fluxo de calor devido a evaporação do suor.

S = fluxo de calor de armazenamento para aquecimento ou arrefecimento da massa corporal.

$v_b$  = fluxo sanguíneo do núcleo do corpo para a pele ( $l s^{-1} m^2$ ) dependendo do nível de pele e temperatura do núcleo.

$\rho_b$  = densidade sanguínea (kg/l)

$c_b$  = calor específico ( $W s K^{-1} kg^{-1}$ )

$I_{cl}$  = é a Resistencia ao calor da roupa (in  $K m^2 W^{-1}$ )

$T_{sk}$  = Temperatura média da pele

$T_{cl}$  = Temperatura superficial média do vestuário.

Fonte: Hoppe (1999, p. 72).

### Temperatura neutra exterior (TNE) - Humphreys (1975)

Com origem na Inglaterra este índice busca a temperatura neutra exterior, ou seja, uma temperatura que não seja considerada quente ou fria.

Para a análise em ambientes externos devem-se considerar a temperatura média mensal, radiação solar e velocidade do vento, sendo que a radiação solar condiz a todos os aspectos relativos a posição do sol, visão do céu e reflexões do entorno, enquanto que a velocidade do vento é caracterizada pela agitação do vento ao nível do pedestre que pode ser afetada pela presença de barreiras e corredores de ar .

Conforme Giralt (2006, p.65) a equação que representa a temperatura neutra exterior foi pensada por Aroztegui (1995)<sup>73</sup> a partir do índice de *stress* térmico (ITS) de Givoni (1976)<sup>74</sup>. Nesta equação são representadas a soma dos efeitos exteriores mais a temperatura neutra interior, para condições de ausência de suor, atividade sedentária, roupas de 0,8 clo, e umidade relativa entre 35% a 65%.

<sup>73</sup> AROZTEGUI, J. M. Cuantificación del impacto de las sombras de los edificios. In: III Encontro Nacional e I Encontro Latino-americano de conforto no ambiente construído, 1995, Gramado. Anais...Porto Alegre, ANTAC, 1995, p.341-346.

<sup>74</sup> GIVONI, B. Man, climate and architecture. London, Applied Science, 1976, 2ed. 483p.

---


$$\text{TNE} = 3,6 + 0,31 * \text{Tmm} + [(100+0,1*R(1 - 0,52(V^{0,2} - 0,88)))] / (11,6*V^{0,3})]$$


---

Onde,

Tmm = Temperatura média mensal (°C)

R = radiação direta (w/m<sup>2</sup>)

V = velocidade do ar m/s em céu claro

Outras condições:

Ausência de suor, temperaturas entre 18,5°C e 28,5°C, atividade sedentária, roupas de 0,8 clo (leves), UR entre 35 – 65%

---

Fonte: Carvalho (2006, p.71), Giralta (2006, p.65) e Monteiro e Alucci (2007, p.48).

### Índice de Hill - Hill (1972)

Proposto por Hill em 1972 na cidade de Nova York este índice tem o intuito de medir *la intensidad o poder de enfriamiento del aire expressado como la velocidad de perdida de calor por unidad de superficie del cuerpo* (GARCÍA, 1996, p. 208):

---


$$H = (a + bv^n) * (tc-tw)$$


---

Onde,

H = intensidade de arrefecimento em mcal/cm<sup>2</sup>/s

a e b = coeficientes empíricos dependentes do processo de difusão, transferência de calor e características físicas e químicas do ar;

v = velocidade do vento em m/s; n = um coeficiente empírico = 0,60;

tc = temperatura do corpo;

tw = temperatura do termômetro úmido em °C

---

Fonte: Carvalho (2006, p.72) e García (1996, p.209)

Este índice também foi utilizado na pesquisa de Gómez *et. al.* (1993, p.134) para a cidade de Madrid. Conforme os autores este índice, juntamente com o de Siple e Passel (1945), é o que melhor representa as sensações de bem-estar climático na zona em que Madrid e um dos mais úteis para avaliar as variações introduzidas pela cidade. Para Gómez *et. al.* (1993, p.134): *el índice de Hill, el más completo de los dos, se basa en que el poder de refrigeración del aire es una función lineal de la diferencia entre la temperatura del cuerpo, la del aire y la velocidad del viento.*

Conforme García (1996, p. 209) os valores deste índice foram modificados, posteriormente, em outros trabalhos voltados à Península Ibérica por Garmedia (1974) e Mateos Cañizal y Rodríguez Puebla (1985).

De modo geral as mudanças afetam:

Coeficiente n. Na nova versão tem-se o objetivo de introduzir o fator temperatura no poder refrigerante do ar. A formulação segundo a nova proposta é  $n = 0,60e^{-0,01t}$ , sendo t a temperatura do ar.

$$H = (0,9311 + 0,0295v^{0,60e^{-0,01t}}) * (t_c - t_w)$$

Onde,

H = está expresso em  $hWm^{-2}$  referente a escala de sensações térmicas.

v = velocidade do vento em m/s

$t_c$  = temperatura do corpo;

$t_w$  = temperatura do termômetro úmido em °C

Fonte: García (1996, p.209) com base nas formulações de Garmedia (1974).

A segunda modificação de acordo com Mateos Cañizal e Rodrigues Puebla (1985) *apud* Garcia (1996, p.209) consiste na conversão do poder refrigerante do vento em valor de temperatura e a definição de uma escala de sensações expressa em °C:

#### Escala de sensações a partir da conversão do poder refrigerante do vento.

Sensação	H( $hW \cdot m^{-2}$ )
Muito frio	$H \geq 27,2$
Frio	$24,5 \leq H < 27,2$
Fresco	$20,0 \leq H < 24,5$
Suave	$16,0 \leq H < 20,0$
Quente	$12,3 \leq H < 16,0$
Muito quente	$8,8 \leq H < 12,3$
Mormaço	$H < 8,8$

Fonte: García (1996, p.209)

#### Índice $T_e$ - Steadman (2001)

Apresentado por Boubaker (2010, p.61) este índice foi desenvolvido por Steadman (2001) e representa a temperatura aparente percebida por um indivíduo.

Segundo a referência bibliográfica este índice é utilizado pelo Serviço meteorológico oficial do Reino Unido, mas o método é criticado por não dispor de uma escala de interpretação dos valores.

O índice pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$T_e = 1,14 - 1,162*V + 0,98*T + 0,0124V^2 + 0,0185*V*T$$

Onde:

T = temperatura do ar ambiente em °C

V = velocidade do vento em m/s.

---

Fonte: Boubaker (2010, p.61).

### **Temperatura aparente/ Índice de conforto/ Heat index – Steadman (1979).**

Para a seguinte equação de Steadman (1979) foram encontradas 3 denominações distintas: Temperatura aparente; Índice de conforto; *Heat index*.

Conforme Repelli *et. al.* (1997, p. 1) este índice é uma equação utilizada para estimar empiricamente a temperatura aparente a partir de uma aproximação polinomial, em função da temperatura e umidade relativa do ar.

Para Carvalho (2006, p.73) o resultado deste índice é a temperatura que o corpo sente através da combinação de calor e umidade relativa.

Monteiro e Carvalho (2013, p.120) explica que ele foi inicialmente desenvolvido por Steadman (1979a<sup>75</sup>, 1979b<sup>76</sup>, 1984<sup>77</sup>) onde foram verificadas as respostas fisiológicas humanas em várias situações meteorológicas distintas e, posteriormente, adaptado pelo Serviço Meteorológico Nacional dos Estados Unidos da América (MONTEIRO E CARVALHO, 2013, p.120).

Conforme os autores a equação pode ser descrita por:

---


$$T_a = -42.379 + 2.04901523 * (T) + 10.14333127 * (UR) - 0.22475541 * (T) * (UR) - 6.83783 * (10^{-3}) * (T^2) - 5.481717 * (10^{-2}) * (UR^2) + 1.22874 * (10^{-3}) * (T^2 * UR) + 8.5282 * (10^{-4}) * (T * UR^2) - 1.99 * (10^{-6}) * (T^2 * UR^2)$$


---

Onde:

Ta = valores estimados da temperatura aparente, em °C;

T = valores de temperatura máxima observada em °C;

UR = valores percentuais de umidade relativa.

---

Fonte: Repelli *et. al.* (1997, p.1).

Anos mais tarde, Kalkstein *et. al.* (1996) utilizou essa equação e adaptou os valores estimados em um quadro onde os resultados podem ser considerados em: situações de precaução, extrema precaução, perigo e perigo extremo.

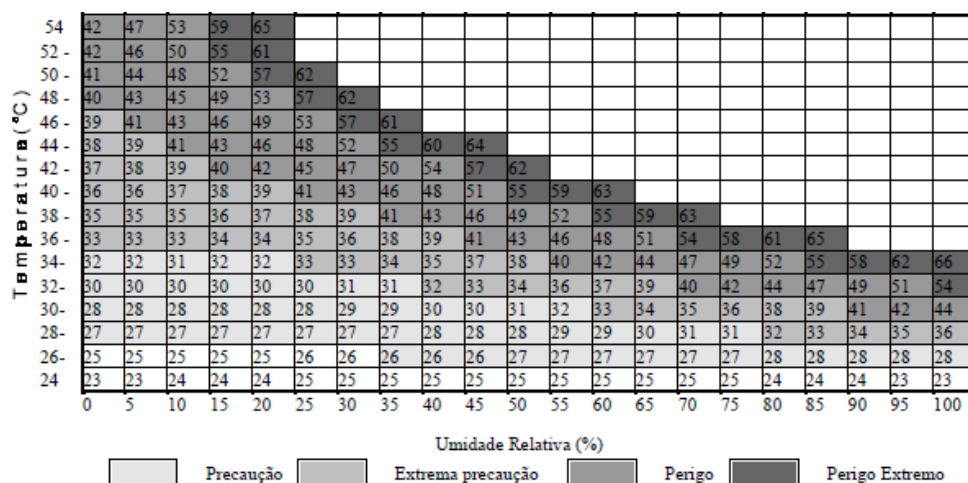
---

<sup>75</sup> STEADMAN, R. G. The assessment of sultrines. Part I: a temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *Journal of applied meteorology*, 18 (7), 1979a, p. 861-873.

<sup>76</sup> STEADMAN, R. G. The assessment of sultrines. Part II: effect of Wind, extra radiation, and barometric pressure on apparent temperature. *Journal of applied meteorology*, 18 (7), 1979b, p. 874-884.

<sup>77</sup> STEADMAN, R. G. A universal scale of apparent temperature. *Journal of climate and applied meteorology*, 23 (12), 1984, p. 1674 – 1687.

### Valores estimados de temperatura aparente e classificação de precaução e perigo.



Fonte: Repelli *et. al.* (1997, p. 3)

Carvalho e Monteiro (2013, p.129) também definiram quatro níveis de alerta e os possíveis sintomas causados na saúde humana, de acordo com os resultados deste índice que vão desde sintomas de fadiga à possíveis insolações e AVCs:

#### Nível de alerta e suas consequências à saúde humana a partir dos resultados do Índice de calor (Heat index).

Nível de alerta	Índice de Calor	Síndrome de calor (sintomas)
Nível I	27°C – 31°C	Fadiga com exposição física prolongada
Nível II	32°C – 40°C	Insolação, câimbras musculares, exaustão devido a exposição prolongada ou a prática de atividade física
Nível III	41°C – 53°C	Insolação, câimbras musculares, exaustão provável devido ao calor. Insolação possível com exposição prolongada ou a prática de atividade física
Nível IV	54°C ou mais	Insolação e acidente vascular cerebral (AVC) provável

Fonte: Monteiro; Carvalho (2013, p.129) – adaptado.

#### Índice de desconforto (*discomfort index*) ou Índice de bem estar – Ono e Kawamura (1991)

O índice de desconforto foi originalmente formulado por Ono e Kawamura (1991)<sup>78</sup> e considera apenas os dados de temperatura do bulbo seco e úmido (°C). Conforme Gobo (2013, p.3) o índice pode ser representado pela seguinte equação:

$$ID = (Ts + Tu) / 2$$

<sup>78</sup> ONO, H. S. P.; KAWAMURA, T. Sensible climates in Monsoon Ásia. International Journal of Biometeorology. Vol 35, n° XX, 1991, p. 39-47.



Onde,

ID = índice de desconforto (°C)

Ts e Tu = temperaturas dos bulbos seco e úmido (°C)

---

Fonte: Gobo (2013, p.37).

Escourrou (1991, p.173) também utiliza na sua pesquisa o *discomfort index*. Contudo, apesar de ter a mesma denominação a equação para identificação de situações desconfortáveis é diferente e pode ser expressa por:

---


$$DI = 0,99 Td + 0,36 Tdp + 41,5$$


---

Onde,

Td = Temperatura do ar (termômetro seco)

Tdp = Temperatura do ponto de orvalho

---

Segundo a autora os resultados da equação indicam: DI ≥ 75: 50% dos indivíduos sofrem de desconforto ao calor; DI ≥ 80: 100% dos indivíduos sofrem de desconforto ao calor; DI ≤ 75 e ≥ 60%: sensação agradável para japoneses e grande parte dos asiáticos; DI ≤ 60%: sensação de frio (ESCOURROU, 1991, p. 173).

### **Temperatura ótima (TO) – Peguy (1961)**

O índice de temperatura ótima é composto unicamente pela variável umidade. Segundo Gobo (2013, p.18) ele foi descrito por Peguy (1961)<sup>79</sup> e, normalmente, é usado para o estudo do saldo de calor ambiental.

---


$$TO = 32 - 0,18 UR$$


---

Onde:

TO é a temperatura ótima (°C)

UR é a umidade relativa do ar (%)

---

### **Índice de sensação térmica (IST).**

---

<sup>79</sup> PEGUY, C. P. Les elements mineurs du bilan thermique. In: *Precis de Climatologie*. Paris, MAsson & Cia. 1961. P. 163-165.

O índice de sensação térmica, de acordo com Gobo (2013, p.38), é um aperfeiçoamento da equação original criada por Missenard (1948) utilizando-se do ábaco de Koenigsberger (1973).

De acordo com o referido autor a equação pode ser descrita por:

---


$$IST = Ts - 0,4 (Ts - 10) \{ 1 - [ew - A \cdot P (Ts - Tu) / es] \} + C$$


---

Onde:

IST é o índice de sensação térmica (Celsius)

Ts é a temperatura do ar: bulbo seco (Celsius)

Tu é a temperatura do ar: bulbo úmido (Celsius)

ew é a tensão de saturação do vapor na temperatura do termômetro úmido (mmHg)

es é a tensão de saturação do vapor na temperatura do termômetro seco (mmHg)

A é a constante psicrométrica (psicrômetro de Assmann) = 0,000653 °C<sup>-1</sup>

P é a pressão atmosférica, corrigida a zero graus Celsius, na hora da observação.

C é a correção devida a velocidade do vento (m / s), com o uso do ábaco de Koenigsberger (1973)

---

Fonte: Gobo (2013, p.38).

Monteiro e Alucci (2007, p. 49) também apresentam na sua pesquisa um índice intitulado como sensação térmica (*Thermal sensation* – TS). Segundo os autores este índice foi criado por Givoni e Noguchi (2002)<sup>80</sup> para ambientes externos e envolveu dados de temperatura do ar, radiação solar e velocidade do vento. Sua base advém das respostas de um questionário aplicado a homens e mulheres em diferentes condições ambientais: área sombreada, área ao sol e área aberta protegida do vento em um parque de Yokohama, no Japão. Os entrevistados tiveram que eleger em uma escala de sensações sua percepção de 1, considerada muito frio, à 7, muito calor, com o nível 4 para situação de neutralidade.

Através dos dados gerou-se a seguinte equação de sensação térmica:

---


$$Ts = 1,7 + 0,118T_{ar} + 0,0019 \cdot I_H - 0,322 \cdot v - 0,0073 \cdot ur + 0,0054 \cdot T_{s,ent}$$


---

Onde:

Ts = sensação térmica

T<sub>ar</sub> = temperatura na sombra em °C

I<sub>H</sub> = radiação solar horizontal em W/m<sup>2</sup>

v = velocidade do vento em m/s

ur = umidade relativa em %

T<sub>s,ent</sub> = temperatura superficial do entorno em °C.

---

<sup>80</sup> GIVONI, B. NOGUCHI, M. Issues in outdoor comfort research. In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 17., 2000, Cambridge. Proceedings...London: James &James, 2002, p.562-565.

Fonte: Monteiro e Alucci (2007, p. 49).

### Método COMFA ou Fórmula de conforto – Brown e Gillespie (1995)

Segundo Ruiz, Correa e Cantón (2010, p.04) o método COMFA elaborado por Brown e Gillespie (1995)<sup>81</sup> consiste em uma expressão que considera o balanço de energia de uma pessoa e o ambiente aberto.

$$S = M' + R_{\text{abs}} - \text{Conv} - \text{Evap} - TR_{\text{emitida}}$$

Onde:

S = balanço de energia de uma pessoa em um ambiente aberto;

M' = energia metabólica produzida pelo organismo (metabolismo de aquecimento);

R<sub>abs</sub> = radiação solar e terrestre absorvida;

Conv = calor sensível perdido ou ganhado por convecção (troca convectiva)

Evap = perda evaporativa de calor (perda latente pela pele (W/m<sup>2</sup>))

TR<sub>emitida</sub> = radiação terrestre emitida

As perdas sensíveis e latentes pela respiração são consideradas mediante um fator de respiração aplicado ao metabolismo. Assim, determina-se o metabolismo de aquecimento:

$$M' = (1 - f_{\text{res}}) * M$$

Onde:

M = metabolismo (W/m<sup>2</sup>)

f<sub>res</sub> = fator de respiração adimensional:  $f_{\text{res}} = 0,15 = 0,0173 * p_{\text{v,tar}} - 0,0014 * t_{\text{ar}}$

p<sub>v,tar</sub> = pressão de saturação de vapor a t<sub>ar</sub> (kPa)

t<sub>ar</sub> = temperatura do ar (°C)

Fonte: Segundo Ruiz, Correa e Cantón (2010, p.04) e Monteiro e Alucci (2007, p. 47).

Os autores esclarecem que quando o balanço de energia (S) é próximo a zero, pode-se esperar que uma pessoa sinta-se termicamente confortável. Se o balanço apresenta um grande valor positivo, a pessoa recebe mais energia do que perde, e por isso pode sofrer um aquecimento e estaria desconfortável ao calor. Por outro lado, se o balanço é negativo, a pessoa pode sentir frio, conforme pode ser verificado na tabela de classificação abaixo:

#### Sensação de conforto humano relacionado aos valores do balanço energético.

Balanço energético (W/m <sup>2</sup> )	Sensação
S > - 150	As pessoas prefeririam estar muito mais quentes

<sup>81</sup> BROWN, R. D.; GILLESPIE, T. J. Microclimate landscape design. New York: Wiley, 1995.

-150 > S < -50	As pessoas prefeririam estar mais quentes
-50 > S < 50	As pessoas prefeririam não mudar de estado
50 > S < 150	As pessoas prefeririam estar mais frescas
150 < S	As pessoas prefeririam estar muito mais frescas

Fonte: Segundo Ruiz, Correa e Cantón (2010, p.04) e Monteiro e Alucci (2007, p. 47).

### **Temperatura fisiológica equivalente (*Physiological Equivalent Temperature – PET*) – Mayer & Höppe (1987)**

De acordo Höppe (1999) este índice foi pensado de forma semelhante a definição da temperatura efetiva de Gagge *et. al.* (1971)<sup>82</sup>, mas com base nas formulações do MEMI. Segundo o autor o PET é definido como a temperatura equivalente fisiológica para qualquer lugar (ambientes internos e externos). Em outras palavras o índice PET é calculado como sendo a temperatura em que o balanço térmico humano (corpo e pele) está em equilíbrio com a temperatura ambiente.

Tem como referência um ambiente interno fictício com as seguintes características: temperatura radiante média ( $T_{rm}$ ) igual à do ar ( $T_{ar}$ ); velocidade do ar ( $v$ ) fixa em 0,1m/s; pressão de vapor do ar ( $p_v$ ) em 12 hPa (umidade relativa de 50% à temperatura do ar de 20°C). Para os parâmetros do indivíduo no ambiente interno de referência consideram-se: metabolismo ( $M$ ) em 80W (trabalho sedentário leve); metabolismo basal ( $M$ ) em 43W e vestimenta ( $I_{cl}$ ) com 0,9 clo (HOPPE, 1999, P.73; CARVALHO, 2006, p. 73; GIRALT, 2006, p.64; MONTEIRO, 2008, p.73).

Os procedimentos para cálculo PET consistem nas seguintes etapas:

1) Cálculo das condições térmicas do corpo com MEMI (equações referentes as condições térmicas do corpo, temperatura da pele e temperatura do centro do corpo);

2) Inserção dos valores calculados para a temperatura média da pele e temperatura interna no modelo MEMI, resolvendo-se o sistema de equações para achar a temperatura do ar ( $T_{ar}$ ), considerando-se  $t_{rm}=t_{ar}$ ;  $v=0,1m/s$ ;  $p_v=12hPa$ ;  $M=114W$ <sup>83</sup>;  $L_{cl} = 0,9$  clo.

3) Resolver o sistema de equações (equações 1 e 2 a seguir) para a temperatura do ar  $T_a$  (com  $v=0,1$  m/s,  $V/P$  (pressão do vapor d'água)=12hPa e  $T_{mt}$  (temperatura radiante média)= $T_a$ ). O resultado da temperatura do ar é equivalente ao PET.

<sup>82</sup> GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. J.; NISHI, Y. Na effective temperature scale based on a simple modelo f human physiological regulatory response. ASHRAE Trans 77: p. 247 – 257, 1971.

<sup>83</sup> Metabolismo de atividade leve (80W) mais metabolismo basal (34W).

Valores de PET próximos a 20°C são considerados como situações confortáveis, valores mais altos indicam situações crescentes de *stress* ao calor e valores mais baixos representam condições muito frias ao conforto (GIRALT, 2006, p.64).

---


$$M+W+R+C+E_D+E_{Re}+E_{Sw}+S=0$$

$$F_{SC}=(1/I_{cl})*(T_{sk}-T_{cl})$$


---

Onde:

M = taxa metabólica (produção interna de energia por oxidação dos alimentos)

W = energia oriunda do trabalho físico,

R = radiação líquida do corpo

C = fluxo de calor convectivo

ED = fluxo de calor latente, água evaporada através da pele (transpiração imperceptível)

ERe = Soma dos fluxos de calor para aquecimento e umidificação do ar inspirado.

ESw = fluxo de calor devido a evaporação do suor.

S = fluxo de calor de armazenamento para aquecimento ou arrefecimento da massa corporal.

I<sub>cl</sub> = é a Resistencia ao calor da roupa (in K m<sup>2</sup> W<sup>-1</sup>)

T<sub>sk</sub> = Temperatura média da pele

T<sub>cl</sub> = Temperatura superficial média do vestuário.

---

Fonte: Hoppe (1999, p.72 e 73).

### Índice HUMIDEX – Masterton & Richardson (1979)

O Índice humidex considera em sua equação os valores de temperatura e umidade do ar. Conforme Giralt (2006, p. 67) esta equação é utilizada pelo serviço meteorológico do Canadá com o intuito de alertar a população sobre perigos de *stress* térmico ao calor. A equação para identificação é representada por:

---


$$HU = tar + (5/9) * (pv - 10)$$


---

Onde:

Hu = temperatura equivalente Humidex em °C;

tar = temperatura do ar em par (par = pressão parcial de vapor d'água do ar)

$pv = 6,11 * \exp \{5417,7530 * [(1/273,16) - (1/to)]\}$

onde: to = temperatura do ponto de orvalho em K

O valor 5417,7530 é uma constante baseada no peso molecular da água, no calor latente de vaporização da água e na constante universal dos gases. A pressão parcial de vapor de água no ar pode genericamente ser calculada por:

$$Pv = 6,112 * 107,5 * tar / (237,7 + tar) * ur / 100$$

Onde: ur = umidade relativa do ar, em %

---

Fonte: Giralt (2006, p. 67).

Segundo Giralt (2006, p. 67) os níveis de conforto/desconforto térmico para essa metodologia são expressos por:

**Níveis de conforto/desconforto a partir do índice Humidex.**

HUMIDEX (°C)	Classificação
≤30	Sem desconforto
30 – 40	Algum desconforto
40 – 45	Muito desconforto, evitar esforço físico
≥45	Situação de perigo
≥54	Golpe térmico iminente <sup>84</sup>

Fonte: Giralt (2006, p. 67).

**Índice Equatorial de conforto (*Equatorial Comfort* – EC) – Webb (1960)**

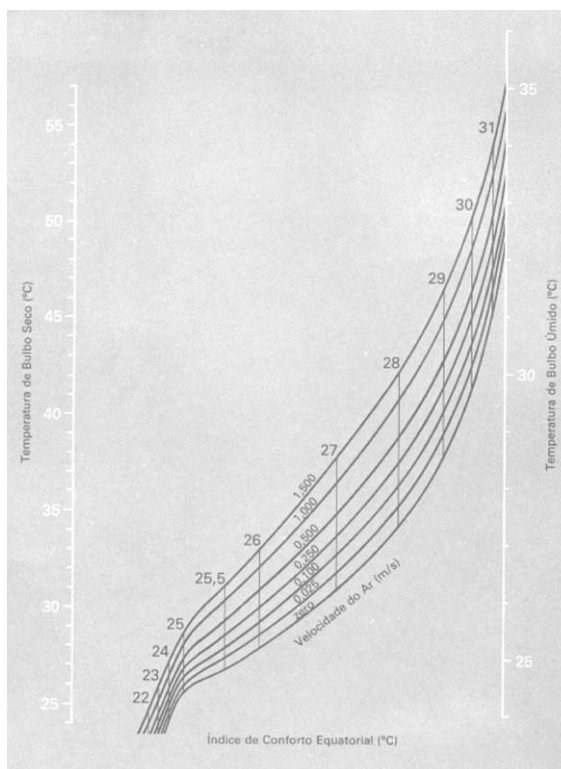
Este índice, elaborado por Webb (1960)<sup>85</sup> na cidade de Cingapura, tem como objetivo principal identificar situações confortáveis e desconfortáveis em regiões quentes e úmidas.

Webb nesta pesquisa procurou correlacionar os valores das escalas de sensação de calor a partir dos dados do índice de P4SR (Previsão da produção de calor em 4 horas) e obteve-se o seguinte nomograma, onde o *optimum* de conforto ocorre em torno de 25,5°C (FROTA e SCHIFER, 2001, p.28).

<sup>84</sup> Interrupção da sudorese, com elevação da temperatura corpórea. Pele quente e seca podendo levar a delírios, convulsões e morte (GIRALT, 2006, p.68).

<sup>85</sup> WEBB. A "Confort Graph" for life in the tropics. New Scientist. Volume 8, pp. 1643 -1645, 1960.

### Nomograma de índice de conforto equatorial.



Fonte: WEBB. A "Confort Graph" for life in the tropics. New Scientist. Volume 8, pp. 1643 - 1645 apud Frota e Schiffer (2001, p.182).

Giralt (2006, p. 69) e Monteiro e Alucci (2007, p. 45) também apresentam em suas pesquisas a equação referente ao índice equatorial de conforto

---


$$EC = 0,574 * tar + 0,2033 * pv - 1,8 * v^{0,5} + 42$$


---

Onde:

EC = índice equatorial de conforto em °C

tar = temperatura do ar em °C

pv – pressão parcial de vapor de água do ar em mmHg

v = velocidade do ar em m/s

---

Fonte: Monteiro e Alucci (2007, p.45).

Além desses índices explicitados também teve contato com outros, não menos importantes, mas que devido à ausência de maiores explicações e equações que permitissem reapplicá-los optou-se por não descrevê-los nesta tese.

Cita-se o índice elaborado por González em 1986<sup>86</sup> (BOGO *et. al.*, 1994); Taxa requerida de suor -  $SW_{req}$ , (MONTEIRO e ALUCCI, 2007, p.47); Temperatura efetiva padrão externa (OUT-SET) elaborada por Pickup e Dear (1999)<sup>87</sup>, *apud* Monteiro e Alucci (2007, p.49); Nova temperatura percebida (PT) criada por Jendritsky (2003)<sup>88</sup>, *apud* Monteiro e Alucci (2007, p.50); Voto real de sensação (ASV) de Nikolopoulou (2004); Índice termo-climático universal elaborado pela Sociedade internacional de biometeorologia em 2002 *apud* Carvalho (2006, p.72) e Monteiro e Alucci (2007, p. 50); Modelo climático de Michel (KMM) elaborado por Jendritzky *et. al.* (1979)<sup>89</sup> *apud* Monteiro e Alucci (2007, p.46); Modelo de Morgan e Baskett (1974)<sup>90</sup> *apud* Giralt (2006, p.62); entre outros.

## DIAGRAMAS.

### Diagrama bioclimático de Olgay - Olgay (1963)<sup>91</sup>

Além das equações também existem alguns diagramas utilizados para identificação de conforto térmico. Um deles é o Diagrama bioclimático de Olgay elaborado em 1963.

Neste diagrama são considerados limites de conforto térmico a partir da combinação de temperaturas médias mensais ou extremas (eixo x) e umidade relativa (eixo y).

Bogo *et al.* (1994, p.25) esclarece que para a interpretação da carta o pesquisador deve considerar que:

A carta bioclimática tem como ordenada a temperatura de bulbo seco e como abcissa a umidade relativa. A zona de conforto para o verão está subdividida em subzonas ideais e práticas, com a zona de conforto para o inver-

<sup>86</sup> GONZALEZ, E.; HINZ, E.; OTEIZA, P. de; QUIROS, C. Proyecto clima y arquitetura. Mexico Ediciones G. Gili, S.A de C.V., v.1, 1986.

<sup>87</sup> PICKUP, J.; DEAR, R. Na outdoor thermal comfort index: the model and its assumptions. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOMETEOROLOGY, 15., 1999, Sydney. Proceedings...Genève: WMO, 1999. P. 279-284.

<sup>88</sup> JENDRITZKY, G. Perceived temperature: Klima-Michel-model. The development of heat stress watch warning systems. Freiburg, may 3, 2003. Disponível em: [www.gees.bham.ac.uk/research/phewe/freiburg](http://www.gees.bham.ac.uk/research/phewe/freiburg). Acesso em : 09 out.2004.

<sup>89</sup> JENDRITZKY, G. *et. al* Looking for a universal thermal climate index: UTCI for outdoor applications. In: MOVING THERMAL COMFORT STANDARDS INTO THE 21ST CENTURY, 2001, Windsor, UK. Proceedings...Oxford Brookes, 2001. P. 353-367.

<sup>90</sup> MORGAN, D. L.; BASKETT, R. I. Comfort of man in the city: na energy balance modelo of man-environment coupling, International Journal of Biometeorology, 1974, v. 18, p. 184-198.

<sup>91</sup> OLGAY, V. Design with climate. Princeton University Press, New Jersey, 1963.



no indicada um pouco mais abaixo. Qualquer condição climática determinada pela temperatura de bulbo seco e umidade relativa, pode ser traçada no gráfico e se o ponto encontrado está compreendido na zona de conforto, tem-se a sensação de conforto na sombra. Pelo contrário, devem ser tomadas medidas de correção.

Conforme Carvalho (2006, p.74) os limites de conforto térmico para este diagrama oscilam entre: 23,9°C e 29,5°C no verão, 18,3°C e 23,9°C no inverno e a umidade relativa entre 20% a 80% para climas tropicais; para zonas de clima temperado o diagrama admite os limites de 21,1°C e 27,7°C no verão, para situações de conforto e 20°C e 24,4°C no inverno, com umidade relativa entre 30% a 65%.

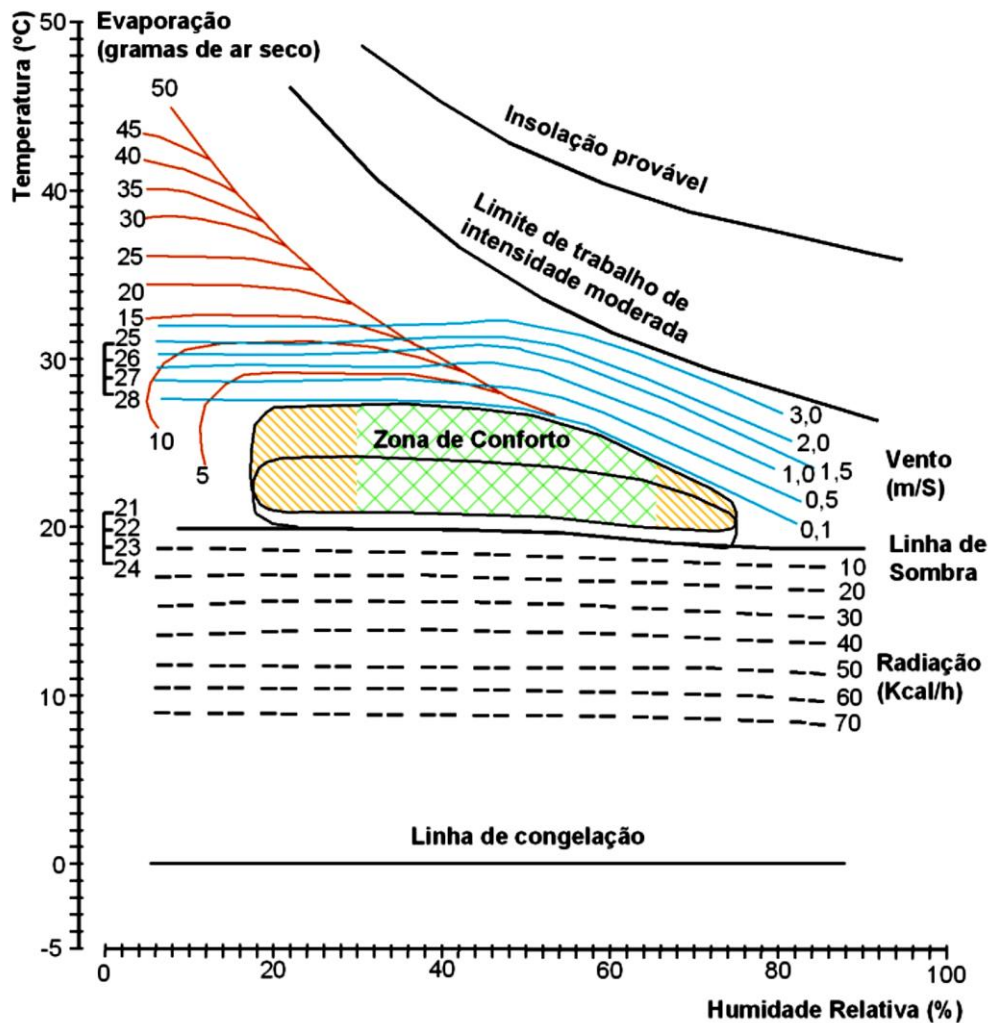
Para a utilização do diagrama: deve-se considerar a localização dos pontos de temperatura e umidade plotados no diagrama. Bogo *et. al.* (1994, p.39) sugere que para melhor avaliação e utilização desta metodologia sejam *plotadas as curvas fechadas ciclogramas das médias diárias (hora por hora), das condições de temperatura e umidade para cada mês, de uma dada localidade.*

A partir desta localização é possível identificar as necessidades e exigências para o conforto térmico, por exemplo, se precisa de maior insolação, nos casos de ambientes frios; ou de maior ventilação e umidade, para os climas quentes e secos. Contudo, em ambos os climas, este índice é aplicado estritamente para ambientes externos (BOGO *et. al.*, 1994, p.26).

Devido a esta característica Carvalho (2006, p.75) considera que esta é uma desvantagem para sua utilização. Não são considerados, por exemplo, o impacto da edificação no contexto climático e a inércia térmica da edificação. Bogo *et. al.* (1994, p.38), no entanto, considera que em suas experiências as temperaturas internas foram muito próximas das externas podendo ser aplicado, por exemplo, em edifícios leves e em regiões úmidas.

García (1996, p.122) avalia que este índice *es de gran utilidad para la elección del emplazamiento y orientación de los edificios.* Para este autor é a partir do conhecimento dos climas locais associados a edificações adaptadas que os usuários se beneficiarão de ambientes termicamente agradáveis, com um consumo mínimo de energia (GARCÍA 1996, p. 212).

Diagrama de Olgyay.



Fonte: CARVALHO (2006, p.75).

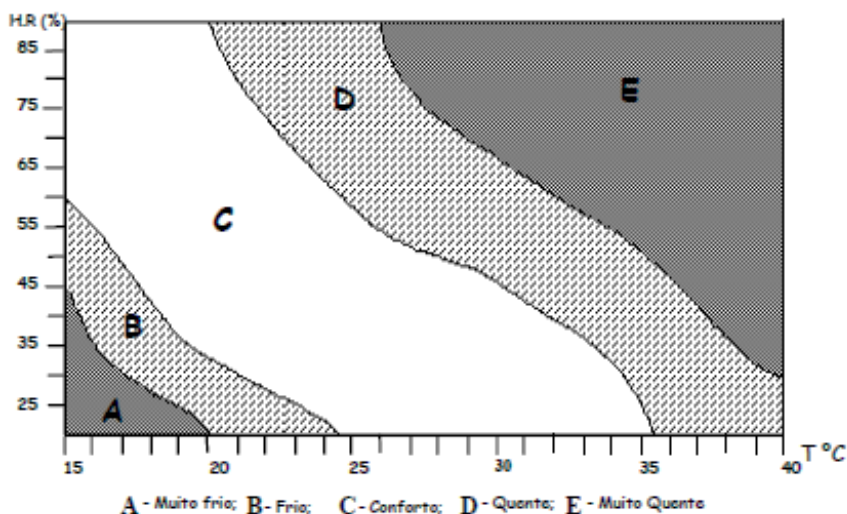
### Diagrama bioclimático de Carrier.

Outro diagrama utilizado para fins bioclimáticos é o de Carrier. De forma simples e de fácil utilização este diagrama considera as variáveis de umidade relativa (%) e temperatura do ar (°C)

Para utilização deste diagrama deve-se plotar, no diagrama, abcissas que indiquem a temperatura (°C) e os valores de umidade relativa (%), para cada mês do ano. A partir da maior quantidade de pontos é considerada a zona de conforto de cada local.

Conforme Carvalho (2006, p. 76) a vantagem de utilização deste diagrama é que ele pode ser aplicado para qualquer contexto climático, contudo, a desvantagem é que apenas os elementos termohigrométricos são analisados, desconsiderando os demais fatores.

**Diagrama de conforto segundo Carrier.**



Fonte: Carvalho (2006, p.76).

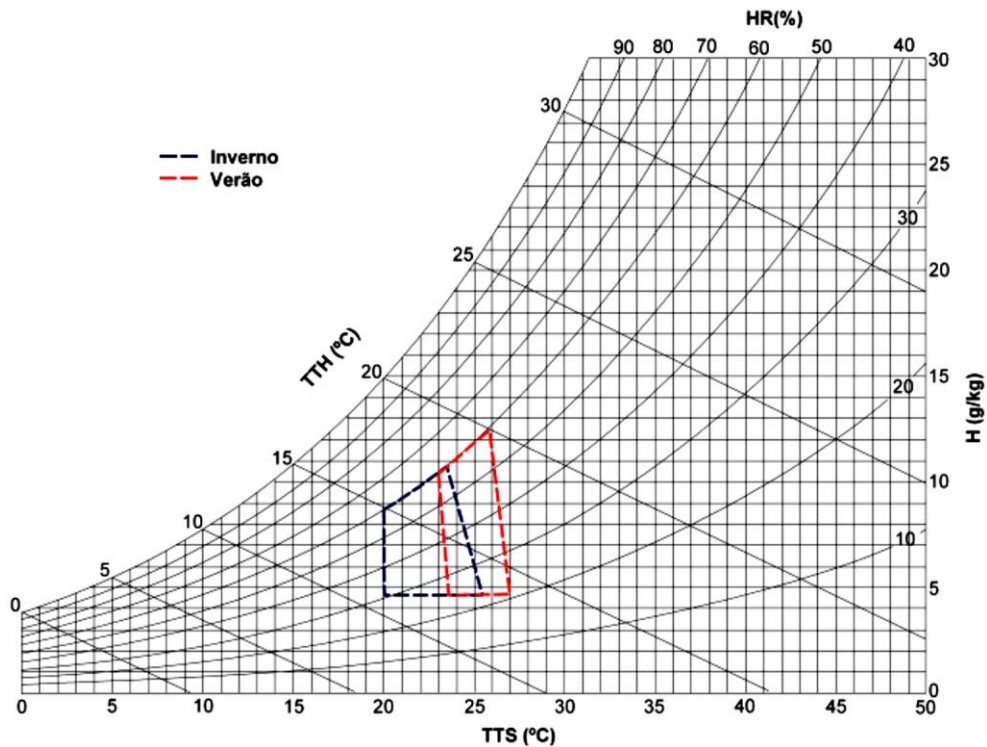
### **Diagrama bioclimático de ASHRAE.**

O diagrama bioclimático elaborado pela Sociedade americana de aquecimento, arrefecimento e engenharia de ar condicionado (ASHRAE) apresenta zonas de conforto que consideram as temperaturas médias mensais ( $^{\circ}\text{C}$ ) ou extremas, a umidade absoluta e a velocidade do vento.

Elaborado em 1974 e readaptado nos anos de 1981 e 1992, a última versão apresenta os limites térmicos inferiores da zona de conforto entre  $20^{\circ}\text{C}$  a  $23,5^{\circ}\text{C}$ , no inverno, e de  $23^{\circ}\text{C}$  a  $26^{\circ}\text{C}$  no verão (CARVALHO, 2006, p.77), com o limite inferior de umidade absoluta de  $4,5\text{g/kg}$  e superior com a umidade relativa a 60%. Carvalho (2006, p.77) também aconselha que a temperatura efetiva do diagrama é adequada para *climas temperados e pouco viável em climas tropicais, dadas as diferenças de tipo de vestuário e de climatização.*

Bogo *et. al.* (1994, p.50) esclarece que esses limites de temperatura e umidade foram pensados para o uso em edifícios de escritórios onde pessoas sedentárias utilizam o sistema mecânico (ar condicionado) para manter o clima interno.

### Diagrama definida pela ASHRAE 55-92 e zonas de conforto para inverno e verão.



Fonte: Adaptado de Bogó *et. al.* (1994, p.54) *apud* Carvalho (2006, p.78).

### Diagrama bioclimático de Givoni (1992).

O diagrama bioclimático de Givoni (1992) foi elaborado com o intuito de avaliar as condições de conforto térmico *indoor*.

García (1996, p.216) explica que:

Givoni em seu diagrama bioclimático para edifícios (*Building bioclimatic chart*) introduz, como variável, o efeito da própria edificação sobre o ambiente interno: o edifício se interpõe entre as condições exteriores e as interiores, e o objetivo fundamental da carta bioclimática consiste em utilizar uns materiais e uma estrutura construtiva, cuja resposta ante unas determinadas condições exteriores permita criar um ambiente interior compreendido dentro de la zona de bienestar térmico.

Um dos fatos interessantes desta metodologia é que ela foi definida a partir de pesquisas sobre zonas de conforto diferentes para países desenvolvidos e em vias de desenvolvimento.

Conforme Gobo (2013, p.30) esses limites foram baseados em um índice de conforto térmico denominado *index of thermal stress*, elaborado pelo próprio autor e em:

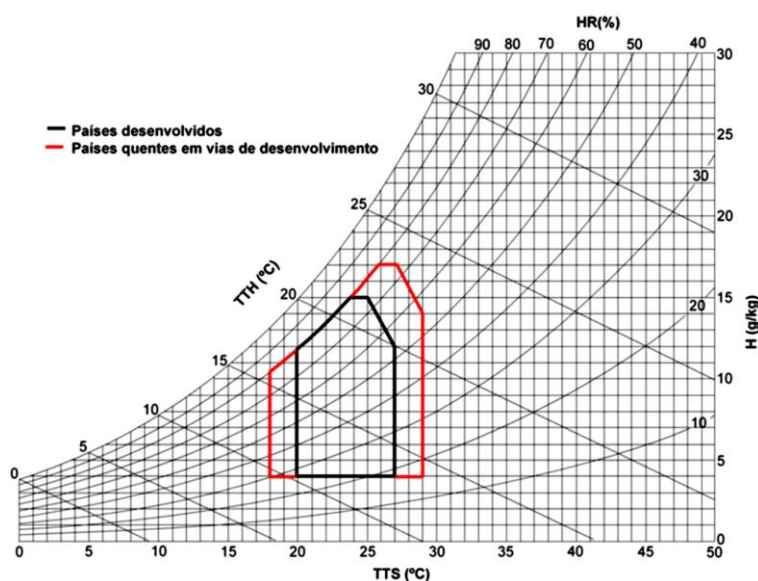
[...] pesquisas realizadas nos Estados Unidos, na Europa e em Israel, considerando a temperatura interna esperada para um edifício sem climatização artificial e projetado adequadamente para o local onde está construído, isto é: considerando que o edifício é inerte termicamente, protegido eficientemente contra a radiação solar e com ventilação adequada (BOGO *et. al.* 1994, p.38).

Segundo Carvalho (2006, p.79) os limites de conforto térmico para países desenvolvidos (PD) são: temperaturas entre 20°C e 26°C e umidade maior que 4,0 g/kg a 15g/kg. Para países em vias de desenvolvimento (PVD) os limites de temperatura são um pouco mais elevados, entre 25°C e 29°C, e umidade relativa entre 4g/kg a 17g/kg.

Assim como nos diagramas citados anteriormente para sua utilização é necessário plotar na imagem os dados climáticos. Neste caso, são necessários os dados médios mensais de temperatura do bulbo seco e umidade absoluta. Contudo isto não impede que o diagrama seja utilizado para outras periodicidades (BOGO *et. al.* 1994, p.39).

A desvantagem de utilização é que Givoni não apresenta formas para superar ou amenizar situações desconfortáveis quando os pontos inseridos na imagem recaem simultaneamente em duas ou mais zonas de estratégias (CARVALHO, 2006, p.79; BOGO *et. al.*, 1994, p.39 e p.74)

#### Zona de conforto térmico definida por Givoni para países desenvolvidos e países quentes em vias de desenvolvimento.



Fonte: Givoni (1998, p.38) *apud* Carvalho (2006, p.80).

### Diagrama de Szokolay (1987)<sup>92</sup>

Bogo *et. al.* (1994, p.56) define o método de Szokolay como uma ferramenta para a identificação de zonas de conforto baseadas na temperatura neutra<sup>93</sup> em função da temperatura média externa, sendo seus limites baseados na temperatura efetiva padrão (SET).

Bogo *et. al.* (1994, p.56) esclarece as etapas para utilização deste diagrama:

Determinar a temperatura média anual (T<sub>ma</sub>)

Determinar a temperatura de neutralidade ( $T_n = 17,6 + 0,31 \cdot T_m$ )

Localização da T<sub>n</sub> na carta psicrométrica, sobre a curva de 50% de umidade relativa.

Marcar os limites inferior (T<sub>n</sub>-2) e superior (T<sub>n</sub>+2) na curva de 50% de umidade relativa;

a partir destes limites, calcular a inclinação das linhas de variação da temperatura através da seguinte expressão:  $0,025 \cdot (TTS - 14)$ , para cada g/kg

Marcar os limites de umidade absoluta, sendo o superior a 12 g/kg e o inferior a 4g/kg.

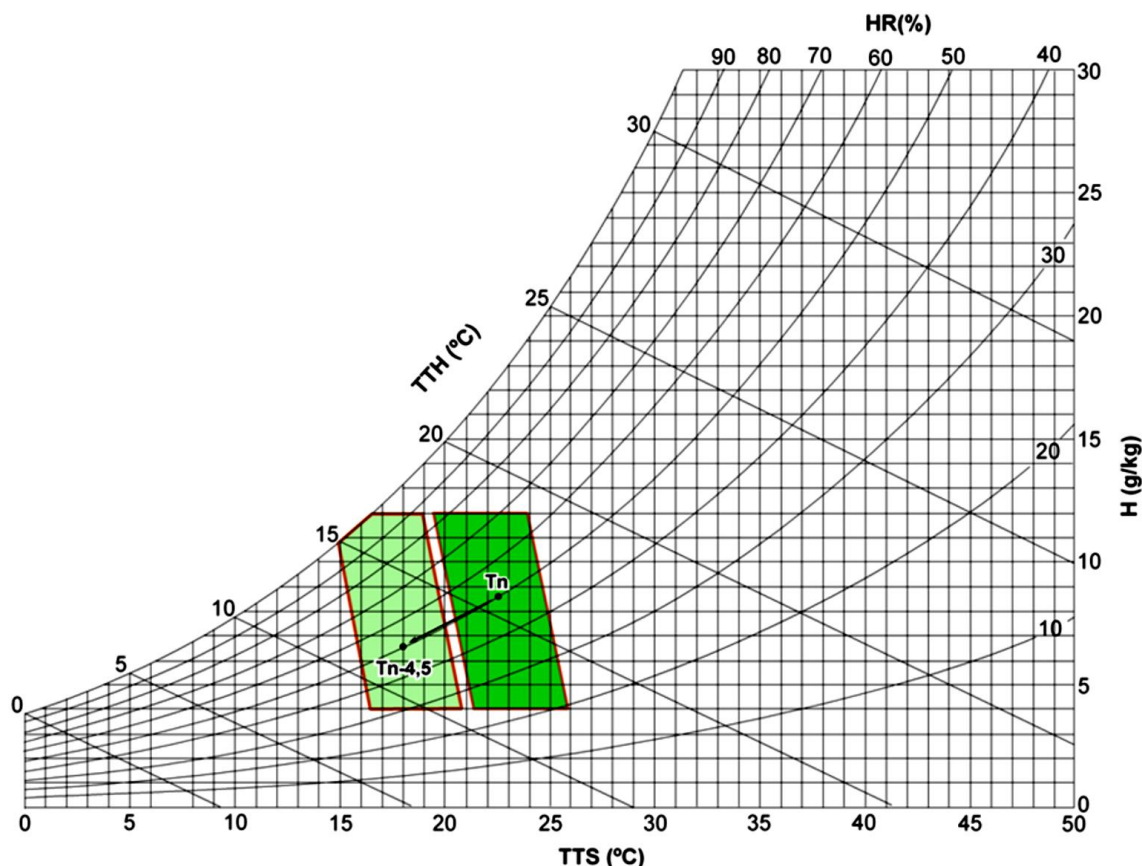
A vantagem de utilização desta técnica é que ele pode ser aplicado a diferentes situações climáticas, pois a faixa de conforto é definida *a partir da temperatura média anual ou mensal da localidade de estudo e além das condições de atividades metabólicas* (BOGO *et. al.* 1994, p. 74; CARVALHO, 2006, p. 81)

A desvantagem é que, assim como ocorre com o diagrama de Givoni (1992), quando o conjunto de pontos cai em mais de uma zona estratégia não se tem informações sobre qual a melhor medida e/ou opção a considerar.

<sup>92</sup> SZOKOLAY, S. V. Thermal design og buildings. RAlA education division 2ª Mugga Way Red Hill ACT 2603, Austrália, 1987.

<sup>93</sup> Segundo Bogo *et. al.*, (1994, p.56) a *neutralidade térmica (T<sub>n</sub>)* é a *temperatura média para uma grande amostra, quando os indivíduos sentem, nem frio, nem calor.*

### Diagrama de Szokolay (1987).



Fonte: Adaptado de Bogo *et. al.* (1994, p.57) *apud* Carvalho (2006, p.81).

### Diagrama bioclimático de Watson & Labs (1983).

O diagrama de Watson e Labs (1983)<sup>94</sup> considera em sua abordagem as formulações e pesquisas realizadas anteriormente por outros autores. Inicialmente basearam suas formulações no trabalho de Givoni e Milne (1976), depois aumentaram a zona de conforto original, os limites de temperatura e umidade a partir da formulação da ASHRAE (BOGO *et. al.* 1994, p.67).

Neste diagrama são apresentadas zonas de necessidades bioclimáticas subdivididas a partir da estratégia necessária para o conforto térmico: arrefecimento total e umidificação, arrefecimento total e desumidificação, umidificação, desumidificação, arrefecimento total, conforto térmico e aquecimento total.

Esta metodologia foi aplicada para 29 localidades nos Estados Unidos nas quais os dados climáticos horários foram analisados por computador para determi-

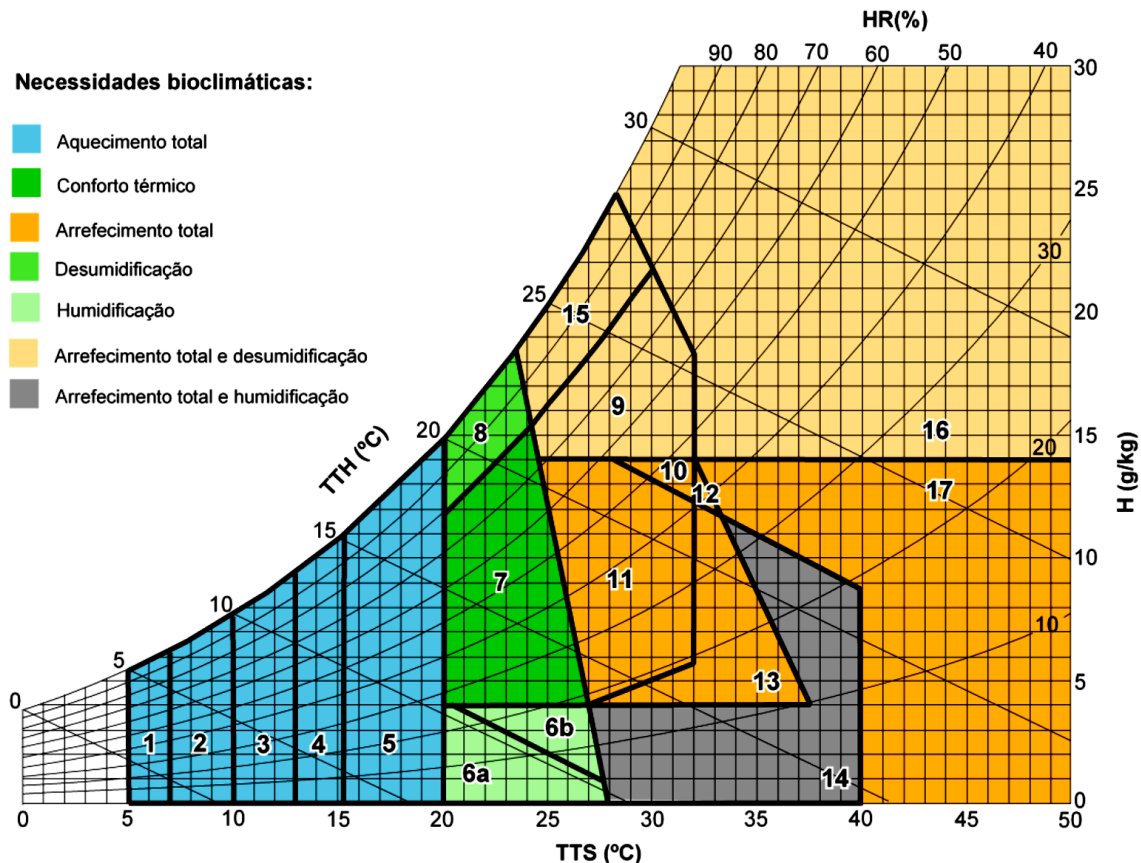
<sup>94</sup> Watson, d. labs, k. Climatic design:energy-efficient building principles and practices. New York, McGraw-Hill. 280 p., 1983.



nar a fração média do ano para a qual o clima local cai dentro dos parâmetros descritos em cada uma das 17 subzonas (BOGO *et. al.*, 1994, p. 67)

Conforme Bogo *et. al.*, (1994, p. 72) os limites de conforto térmico para esta metodologia é de temperatura maior que 20°C e inferior a 25,6°C e umidade maior que 5 mm Hg e inferior a 80%.

**Diagrama bioclimático de Watson & Labs (1983).**



Fonte: Bogo *et. al.* (1994, p.69) *apud* Carvalho (2006, p.82).

### **Normas e orientações oficiais referentes ao conforto térmico.**

Além das pesquisas realizadas no âmbito acadêmico existem algumas normas e orientações oficiais sobre a análise do conforto térmico; limites de tolerância associada a exposição ao calor; definições sobre a temperatura em ambientes de trabalho e locais climatizados artificialmente; instrumentação meteorológica e aplicação de questionários; entre outros.

Todas essas normas e orientações são definidas em nível nacional e internacional a partir de ISOs (*International Organization for Standardization*) e normas de segurança e saúde (NR), elaboradas pela Associação brasileira de normas técnicas



(ABNT), pela ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), Ministério do trabalho e Organização Meteorológica Mundial (OMM):

**ISO 7726/1998.** *Ergonomics of the thermal environment— Instruments for measuring physical quantities.* Este ISO instrui sobre os instrumentos adequados para mensuração de quantidades físicas e dentre elas os elementos meteorológicos (<https://www.iso.org/standard/14562.html>).

**ISO 9920/2007:** Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. De acordo com este ISO são definidos métodos para estimar características térmicas (resistência à perda de calor seco e perda de calor evaporação) em relação a um conjunto de roupas e características têxteis conhecidos. Também examina a influência do movimento do corpo e da penetração do ar no isolamento térmico e na resistência do vapor de água (<https://www.iso.org/standard/39257.html>).

**ISO 8996/2004:** Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate. Este ISO especifica diferentes métodos para a determinação da taxa metabólica no contexto da ergonomia do ambiente de trabalho climático. Também pode ser utilizado para aplicações como a avaliação das práticas de trabalho, o custo energético de trabalhos específicos ou atividades esportivas (<https://www.iso.org/standard/34251.html>).

**ISO 7730/2005:** Ergonomics of the thermal environment – analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Embasada nos índices PMV (Predicted Mean Vote) e PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) este ISO apresenta condições para prever e analisar situações térmicas de conforto e desconforto (<https://www.iso.org/standard/39155.html>).

**ISO 7933/2004:** Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. A partir deste ISO é considerado um método para avaliação analítica e interpretação do stress térmico em ambientes quentes. É descrito um método pra prever a taxa de suor e a temperatura interna do corpo em resposta a determinadas atividades. Os principais objetivos deste ISO é a avaliação do stress térmico em condições suscetíveis ao aumento excessivo da temperatura interna ou a perda de água; determina-

ção do tempo de exposição fisiologicamente aceitável sem nenhum dano físico (<https://www.iso.org/standard/37600.html>).

**ISO 9886/2004:** Ergonomics of thermal strain by physiological measurements. Nesta versão são descritos métodos para mensuração e interpretação de parâmetros fisiológicos como temperatura interna do corpo; temperatura da pele; frequência cardíaca; perda de massa corporal (<https://www.iso.org/standard/34110.html>).

**ISO/TR11079/2007:** Evaluation of cold environments – Determination of required clothing insulation (IREQ). Propõe métodos e estratégias para avaliar o stress térmico associado a ambientes frios do corpo como um todo e também de partes como o rosto e extremidades. Os métodos aplicam-se a exposição contínua, intermitente e ocasional e no trabalho em ambientes internos e externos (<https://www.iso.org/standard/19067.html>).

**ISO 10551/1995:** Ergonomics of the thermal environment – Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Considera o uso de escalas para a comparação de dados subjetivos relacionados ao conforto térmico ou estresse térmico. <https://www.iso.org/standard/18636.html>

**ISO 7243/1989:** Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (Wet bulb globe temperature). A partir deste ISO é definido um índice (WBGT) para a estimação de estresse ao calor de trabalhadores. É aplicado para a avaliação do efeito médio do calor sobre o homem durante um período representativo de sua atividade, mas não aplicável a períodos muito curtos, nem em zonas de conforto (<https://www.iso.org/standard/13895.html>).

**ASHRAE STANDARD 55/2013:** Define diversas condições ambientais e térmicas aceitáveis para o conforto indoor para o maior número de ocupantes. Apresenta grande variedade de soluções em design interno e construções sustentáveis (<https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-55-and-user-s-manual>).

**VDI-Standard: VDI 3787/2008** (Association of German Engineers). Neste documento são definidos os fatores biometeorológicos humanos e recomendados métodos de avaliação relacionados ao clima. O objetivo é fornecer métodos padronizados para o clima e qualidade do ar em relação ao homem ([http://www.vdi.eu/guidelines/vdi\\_3787\\_blat\\_2-umweltmeteorolo-](http://www.vdi.eu/guidelines/vdi_3787_blat_2-umweltmeteorolo-)

gie\_methoden\_zur\_human\_biometeorologischen\_bewertung\_von\_klima\_und\_lufthygiene/)

**Norma regulamentadora NR 15** – Atividades e operações insalubres. Esta norma é uma das poucas regulamentações brasileiras relacionadas ao conforto térmico. De modo geral a NR15 dispõe de algumas medidas e limites relacionados a atividades insalubres associadas a ruídos, radiações ionizantes, vibrações, agentes químicos e, também, ao frio, umidade e limites de tolerância e exposição ao calor. Em específico a esta última, a exposição ao calor é avaliada por meio do índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG). São apresentados equações para definição de situações desconfortáveis e tempo de descanso em relação a atividade desenvolvida (<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>).

Norma regulamentadora NR 17 – Ergonomia. Nesta normativa o Ministério do Trabalho brasileiro regulamenta parâmetros específicos que visam a saúde do trabalhador como: levantamento, transporte e descarga individual de materiais, mobiliário e equipamentos, organização e condições ambientais ideais para o trabalho.

Segundo tal normativa os locais de trabalho indoor, que exigem solicitação intelectual, necessitam de temperaturas entre 20°C a 23°C; velocidade do ar inferior a 0,75m/s; umidade relativa superior a 40% ([http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm#17.5.\\_Condições\\_ambientais\\_de\\_trabalho](http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm#17.5._Condições_ambientais_de_trabalho)).

NBR 16401-2/2008: Parâmetros de conforto térmico. Definido pela associação brasileira de normas técnicas (ABNT) nesta normativa são expostos parâmetros relativos ao conforto térmico humano como: condições requeridas; métodos para determinação de zona de conforto em ambientes típicos, métodos para determinação de condições térmicas em ambientes naturalmente e artificialmente controlados, formas de avaliação do conforto através de medições, entre outros ([http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200\\_apostila%202011.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf)).