

O MICROCLIMA E O (DES)CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES ABERTOS NA CIDADE DE NATAL

THE MICROCLIMATE AND THE (DES)COMFORT THERMAL IN OPEN ENVIRONMENT IN THE CITY OF NATAL

Maytê Duarte Leal Coutinho

Doutoranda em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
maytecoutinho@yahoo.com.br

Thalyta Soares dos Santos

Doutoranda em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
thalysoares@gmail.com

Ana Carla dos Santos Gomes

Doutoranda em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
anacarlasmg02@gmail.com

Allan Rodrigues Silva

Doutorando em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
allansilva.r@gmail.com

Micejane da Silva Costa

Doutoranda em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
micejane@yahoo.com.br

Michelyne Duarte Coutinho de Moraes

Doutoranda em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, São José dos Campos/SP
michelyne_duarte@yahoo.com.br

RESUMO

Do ponto de vista humano, o conforto térmico está associado à condição psicológica que expresse satisfação com o ambiente térmico. Logo, a influência que o clima exerce sobre o homem e suas atividades diárias são exploradas neste trabalho. Esse estudo tem como objetivo analisar o conforto e o desconforto humano na cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte. A metodologia foi por meio dos índices biometeorológicos ao longo dos meses do ano, que caracterizam/indicam, a sensação térmica dos habitantes nesta cidade. De um modo geral, os resultados obtidos mostram que a cidade de Natal caracterizou-se como “levemente desconfortável” para seus habitantes durante seis meses do ano, o que pode acarretar problemas de saúde devido a seus fatores climáticos. Resultado desta maneira, alguns impactos ambientais advinhos de atividades antropogênicas como: a poluição atmosférica e das águas, produção de lixo, alterações no microclima (Ilhas de calor).

Palavras-chave: Índices biometeorológicos. fatores climáticos. sensação térmica.

ABSTRACT

From the human point of view, thermal comfort is associated with psychological condition that expresses satisfaction with the thermal environment. Therefore, the influence that the climate has on the man and his daily activities are explored in this

Recebido em: 03/11/2014

Aceito para publicação em: 08/12/2014

work. This study aims to analyze the comfort and human discomfort in the city of Natal, Rio Grande do Norte. The methodology was through biometeorological rates over the months of the year, featuring / indicate the thermal sensation of the people in this city. In general, the results show that the city of Natal was characterized as "slightly uncomfortable" for its inhabitants for six months of the year, which can cause health problems due to their climatic factors. Results in this way, some environmental impacts of anthropogenic activities soothers as: air and water pollution, waste production, changes in microclimate (heat islands).

Key-words: Biometeorological indices. climatic factors. thermal sensation.

INTRODUÇÃO

A sensação térmica em diferentes tipos de espaços pode ser influenciada por vários parâmetros como: vegetação, construções e fatores climáticos. De maneira que, essas variáveis podem exibir características indesejáveis, provocando temperaturas desfavoráveis, deixando os ambientes inadequados para os seres humanos (DE SOUZA; NERY, 2013). A preocupação com o conforto térmico dos seres humanos tem se tornado uma preocupação com a qualidade de vida e saúde das pessoas que habitam as cidades.

A influência do clima sobre o homem pode interferir em suas atividades diárias e nas suas funcionalidades, acarretando em sensações de estresse e desconforto. As chamadas "Ilhas de calor", por exemplo, podem acarretar problemas respiratórios. Estas aumentam significativamente o índice de insolação, acarretando em desconforto térmico pela população (NOBREGA; LEMOS, 2011). Assim, a saúde, a energia e o conforto dos seres humanos são afetados mais pelo clima do que por qualquer outro componente do meio ambiente (CRITCHFIELD, 1974 *apud* AYOADE, 1991).

É importante frisar, que em regiões que possuem o predomínio de temperaturas altas na maioria do ano, o sombreamento pode favorecer, tornando o local mais confortável e proporcionando a sensação de temperaturas menores (DE SOUZA; NERY, 2013). Desta forma, a vegetação vem desempenhando importante papel ambiental, devido o efeito que tem de conseguir minimizar o clima.

Dentre as informações climáticas mais importantes para a caracterização do ambiente, pode-se destacar o conhecimento da temperatura, umidade relativa e a velocidade do vento, podem impactar de maneira negativa e resultar em desconforto, perda de eficiência na execução de atividades rotineiras e também problemas de saúde (DA SILVA *et al.*, 2013). A biometeorologia está interligada a estes fatores climáticos e as suas influências sobre o homem, estabelecendo através da aplicabilidade de variados índices as relações de conforto ou desconforto humano.

Muitos estudos de conforto térmico são realizados em ambientes internos, porém os critérios e a abordagem utilizada para avaliar as condições de conforto em ambientes externos não podem ser as mesmas que em condições internas. Na maioria das vezes, as condições externas não correspondem às estabelecidas para as zonas de conforto interno e porque nas condições de conforto em ambientes abertos, as expectativas dos usuários e as respostas fisiológicas variam de maneira mais evidente às condições sazonais do tempo (STATHOPOULOS; ZACHARIAS, 2004).

Na representação climática do conforto térmico são utilizadas somente as variáveis ambientais. As mais utilizadas são a temperatura e umidade do ar (PAGNOSSIN *et al.*, 2001).

Em função da importância do conforto térmico para a melhoria da qualidade de vida e do bem-estar das pessoas, esta pesquisa teve como objetivo analisar o conforto e o desconforto humano na cidade de Natal/RN. Utilizou-se como metodologia o cálculo dos índices biometeorológicos ao longo dos meses do ano, caracterizando assim, a sensação térmica dos habitantes nesta cidade.

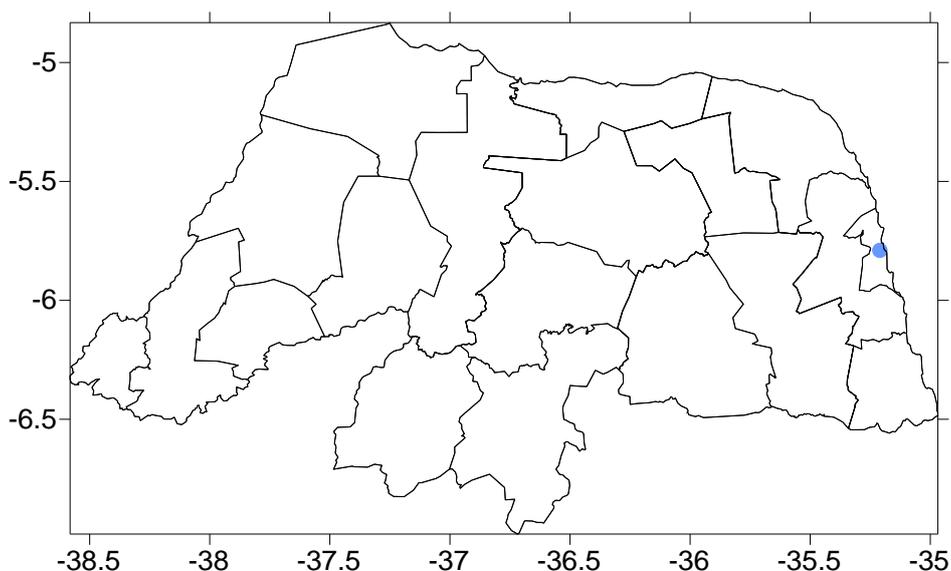
MATERIAL E MÉTODOS

Região de estudo e dados

A cidade de Natal/RN localiza-se no extremo nordeste do continente sul americano, situa-se bem próximo à Linha do Equador e a 31 metros do nível do mar conforme mostra a Figura 1. É a cidade do estado do RN mais habitada e onde se concentram as atividades econômicas mais significativas. Possui clima quente e sub-úmido, com chuvas concentradas de março a junho e cujo verão seco e ensolarado propicia a exploração da atividade turística.

As médias pluviométricas anuais variam entre 800 e 1.200 milímetros, com valores de temperatura média mensal máxima para o mês de março em torno de 27.5°C e mínima no mês de julho em torno de 25.0°C. Em relação à umidade relativa do ar, os menores valores ocorrem, em épocas de temperaturas mais altas e os maiores valores nos períodos de temperaturas mais baixas. Segundo a classificação de Köppen, clima tropical chuvoso com inverno seco e com a estação chuvosa prolongando-se até o mês de julho (IBGE, 2010).

Figura 1 - Localização Geográfica da cidade de Natal/RN



Nesta pesquisa, utilizou-se dados mensais de temperatura e umidade relativa do ar do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o ano de 2010. A fim de alcançar nosso objetivo, calculou-se os índices biometeorológicos, para posteriormente, indicar o possível comportamento da sensação térmica para população de Natal/RN, no período de Janeiro a Dezembro de 2010, totalizando o período de um ano.

METODOLOGIA

Índice de Temperatura e Umidade

Segundo Barbirato *et al.*, (2007) o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é comumente utilizado nos trópicos pela sua praticidade. É um dos índices utilizados para ambientes abertos que permitem quantificar o “stress” no ambiente urbano. É descrito como:

$$ITU = 0.8 * T_{ar} + \frac{U_R * T_{ar}}{500} \quad (1)$$

Em que, ITU é o índice de temperatura e umidade, T_{ar} é a temperatura dada em (°C) e UR é a umidade relativa do ar dada (%).

Através dos resultados do ITU, é possível se ter critérios de classificação desse índice, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis de temperatura e umidade (ITU)

NÍVEL DE CONFORTO	ITU (°C)
Confortável	21 < ITU < 24
Levemente Desconfortável	24 < ITU < 26
Extremamente Desconfortável	ITU > 26

Adaptado de Nóbrega e Lemos (2011).

A interpretação da Tabela 1 está relacionada à evaporação. Como a evaporação é um processo de resfriamento, a evaporação do suor é uma maneira natural de regular a temperatura do corpo. Quando o ar está muito úmido, a perda de calor por evaporação é reduzida. Por isso, um dia quente e úmido parecerá mais quente e desconfortável que um dia quente e seco. Valores de ITU acima de 25°C indicam que a maior parte das pessoas se sentirá desconfortável, enquanto valores entre 15 e 20°C são aceitos pela maioria como confortáveis (Nóbrega e Lemos 2011).

Índice de Desconforto

Para a avaliação do estresse térmico da população foi utilizado o índice de desconforto (ID) de Thom (1959). O ID oferece uma medida razoável do grau de desconforto para varias combinações de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) pode ser obtido pela seguinte:

$$ID = T_a - 0.55(1 - 0.01U_R)(T_a - 14.5) \quad (2)$$

Em que, T_a é a temperatura do ar em °C e UR é a umidade relativa em (%).

Na caracterização do nível de desconforto térmico, utiliza-se a classificação apresentada na Tabela 2 (GILES *et al.*, 1990). O índice de Thom é simples e fácil de ser obtido, no entanto por ser desenvolvido para latitudes médias este não seria o mais adequado para ser aplicado para regiões tropicais. Segundo Jauregui (1991) este índice tem sido muito útil quando se pretende indicar similaridades ou contrastes entre cidades com diferentes características.

Desta forma, as faixas de classificação do ID foram ajustados às condições climáticas da área de estudo por (SANTOS *et al.*, 2012). Como mostrado na Tabela 3, indicadas para regiões de clima tropical e por isso, foram utilizadas para a classificação do nível de conforto térmico para a cidade de Natal.

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

DESCRIÇÃO	CLASSES DE DESCONFORTO (ID) (°C)
Sem desconforto	ID < 21
Menos de 50% da população sente desconforto	21 ≤ ID < 24
Mais de 50% da população sente desconforto	24 ≤ ID < 27
A maioria da população sente desconforto	27 ≤ ID < 29
O desconforto é muito forte e perigoso	29 ≤ ID < 32
Estado de emergência médica	ID ≥ 32

Fonte: Giles *et al.*, (1990).

Tabela 3 - Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (ID) ajustados por (Santos *et al.*, 2012) para região tropical

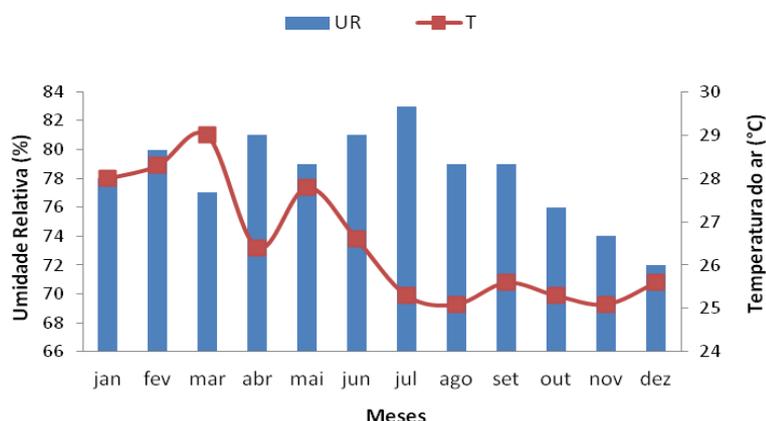
DESCRIÇÃO	CLASSES DE DESCONFORTO (ID) (°C)
Bem estar (confortável).	ID < 24
Parcialmente confortável	24 < ID < 26
Desconfortável.	26 < ID ≤ 28
Muito Desconfortável	ID ≥ 28

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Climática da Região

A Figura 2 apresenta a relação da variação entre a umidade relativa com a temperatura do ar durante o período de estudo. Durante o verão apresenta valores superiores de temperatura e valores inferiores de umidade relativa, já no período de inverno esses valores se invertem. Desta forma, pode-se observar que a temperatura do ar e a umidade relativa apresentam relações opostas com temperaturas elevadas no verão e temperaturas amenas no inverno. Estes resultados corroboram com o de Neves *et al.*, (2012).

Figura 2 - Variação da temperatura do ar e umidade relativa para o ano de 2010

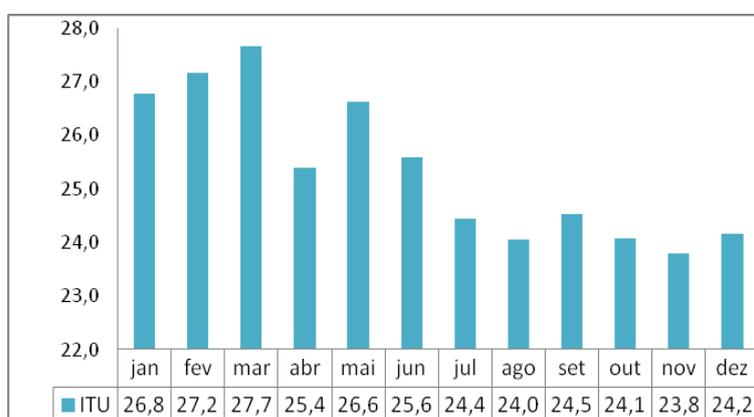


Determinação do ITU

Em relação ao ITU, valores inferiores a 24 (Tabela 1), demonstram que o local seja considerado confortável. Logo, observou-se esta situação apenas no mês de novembro, com valor de 23,8°C (Figura 3). Nesta perspectiva, o ITU para a cidade de Natal chegou a alcançar níveis iguais ou superiores a 24°C, como observado na Figura 3 durante seis meses a saber: abril, junho, julho, setembro, outubro e dezembro. Assim, na maioria dos meses observa-se uma região “levemente desconfortável”. Constatou-se ainda, que a maior média de ITU foi em março, com o valor de 27,7°C, e respectivamente 27,2°C para fevereiro e 26,8°C em janeiro, que são os meses de maior calor do ano, estando no nível “Extremamente desconfortável”.

Vale ressaltar que a análise do conforto térmico possui direta relação com demais fatores além dos climáticos, nos quais as condições fisiológicas podem aumentar ainda mais os níveis de desconforto (NÓBREGA; VITAL, 2010).

Figura 3 - ITU mensal encontrado para o ano de 2010



Determinação do ID

De maneira semelhante ao ITU, durante a maior parte dos meses, o índice se encontra na categoria intermediária, sendo no caso do ITU, levemente desconfortável. Os maiores valores se concentraram em março e coerentes com os dados da Figura 1, que apresentam maiores valores de temperatura em março.

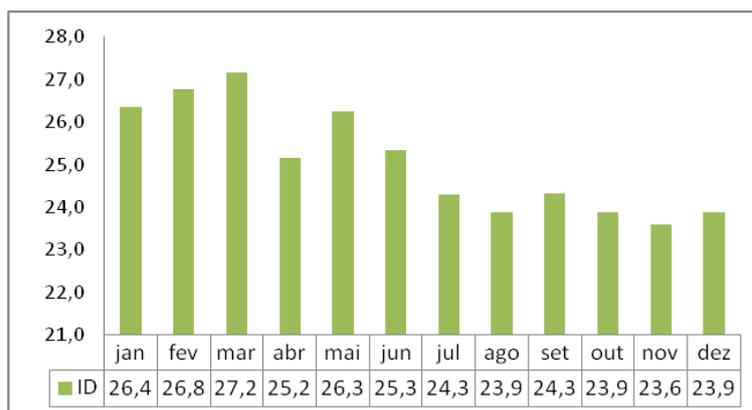
A Figura 4 apresenta valores mensais para o ID. Assim como no ITU, durante o mês de março também se observa valores do ID dentro da categoria de crescente desconforto (Tabela 2), ancorado pelos menores valores de umidade relativa do ar (Figura 2). Constatou-se, que os menores valores de ID foram observados nos meses de agosto, outubro, novembro e dezembro, classificados na faixa de “confortável” (Tabela 2). E com maiores de ID, classificados na categoria de “desconfortável” nos meses de janeiro, fevereiro, março e maio.

De maneira geral, os resultados encontrados indicam que há certo desconforto térmico na cidade de Natal, sobretudo nos meses mais quentes (Figura 5).

Vale ressaltar que o clima urbano “abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976). Resultado da ação antrópica conjugado com os aspectos geoambientais do sítio urbano, variando quanto às dimensões do espaço geográfico/atmosférico e quanto ao dinamismo das atividades desenvolvidas pelo homem nas cidades (Monteiro e Mendonça, 2003). Sendo esse clima gerado pela cidade através da

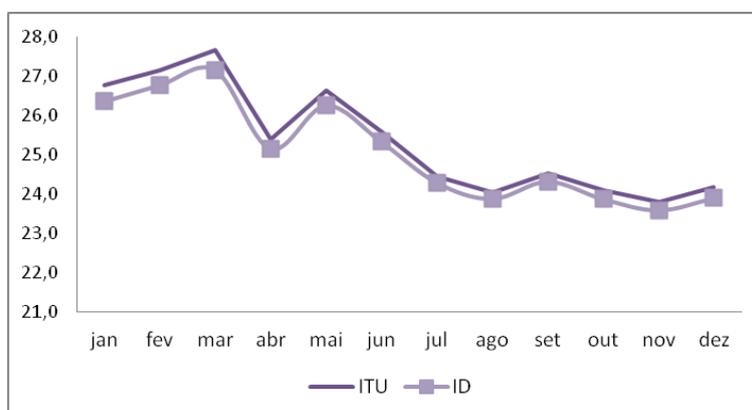
interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem alterando o clima em escala local. Sendo seus efeitos mais diretos percebidos pela população através de manifestações que desorganizam a vida da cidade e deterioram a qualidade de vida de seus habitantes. (AMORIM, 2005; RAMPAZZO E NETO, 2012).

Figura 4 - ID mensal encontrado para o ano de 2010



Com isso, o balanço de energia na área urbana é modificado devido às alterações promovidas pela substituição das superfícies naturais por superfícies artificiais (pavimentações e construções), que armazenam parte da energia incidente na superfície que seria utilizada na evaporação, aquecendo os ambientes urbanos, tornando-os mais quentes que as regiões periféricas. Caracterizando assim, como ilhas de calor, pois se configura como fenômeno que associa os condicionantes derivados das ações antrópicas sobre o meio ambiente urbano, em termos de uso do solo e os condicionantes do meio físico (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003; WENG, 2003).

Figura 5 - Índices ITU e ID mensal para o ano de 2010



Levando-se em conta que as condições fisiológicas e de vestimentas não foram analisadas, evidentemente que o desconforto pode ser maior do que o estimado aqui. Além disso, este estudo realiza uma investigação inicial, para então, dar partida em estudos mais detalhados, focando ambientes abertos.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através dos cálculos e observações das figuras propostas mostraram que este método é uma ferramenta de grande importância para a estimativa do conforto térmico. Partindo-se dos dados obtidos para a cidade de Natal, foi possível estimar o padrão de conforto térmico sentido pelos habitantes desta cidade, que está correlacionada com o ambiente climático da cidade.

Foi possível observar que as variações dos valores de temperatura e umidade registrados em Natal, produziram diferentes sensações térmicas e de conforto, como observado na análise dos resultados. Logo, a cidade de Natal caracterizou-se por meio dos índices ITU e ID, como “levemente desconfortável” para seus habitantes, durante seis meses do ano, podendo acarretar problemas de saúde devido a seus fatores climáticos. Resultado desta maneira, alguns impactos ambientais advinhos de atividades antropogênicas como: a poluição atmosférica e das águas, produção de lixo, alterações no microclima (Ilhas de calor).

Desta forma, estudos climáticos e a delimitação da zona de conforto térmico normalmente são realizados utilizando-se as variáveis ambientais, como temperatura e umidade do ar, sendo que estas condições variam com a localização geográfica e a época do ano.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo incentivo e apoio à pesquisa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela ajuda de custo para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Amorim, M. C.C.T. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.1, n.1, p-121-130, 2005.
- Ayoade, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Editora Bertrand Brasil, 3ª Edição, 1991.
- Barbirato, G. M.; Souza, L. C. L.; Torres, S. C. **Clima e Cidade: a Abordagem Climática como Subsídios**. Maceió: EDUFAL, 154, 2007.
- Da Silva, I. A., Vieira, M. L. S., Santos, J. S, Araújo, L. E. Clima Urbano: uma avaliação do Campo térmico urbano o Campus IV da UFPB\ Rio Tinto-PB (Urban Climate: An Assessment Of The Field Of Urban Heat Of Campus IV UFPB Rio Tinto-PB). **Revista Brasileira de Geografia Física**, 6(5), 1384-1399, 2013.
- De Souza, D. M., Nery, J. T. O conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia (Londrina)**, 21(2), 65-83, 2013.
- Giles, B. D., Balafoutis, C. H., Maheras, P. Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988. **International Journal of Biometeorology**, 34, 98-104, 1990.
- Giralt, R. P. Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres – RS. **Dissertação de Mestrado**. 2006.
- IBGE, 2010. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Acessado em 21 de maio de 2014.
- Jauregui, E. The human climate of tropical cities: an overview. **International Journal of Biometeorology, Heidelberg**, 35(3), 151-160, 1991.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). **Clima Urbano**. 1.ed., São Paulo: Contexto, 2009. 192p

Neves, L. O.; Oliveira, E. C.; Eli, K.; Rosa, S. R. Avaliação do índice de temperatura e umidade para vacas leiteiras da raça holandesa em Rio do Sul, SC. **XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Gramados – RS, 2012.

Nóbrega, R. S; Vital, L. A. B. Influência da Urbanização sobre o Microclima de Recife e Formação de Ilha de Calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 3(3), p. 151-156, 2010.

Nobrega, R. S.; Lemos, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia (UFPE)**, 28(1), 93-109, 2011.

Pagnossin, E. M.; Buriol, G. A.; Gracioli, M. A. Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano: bases biofísicas. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciên. Biol. e da Saúde, Santa Maria, 2(1), 149-161, 2001.

Rampazzo, C.R.; Neto, J.L.S.A. Clima e qualidade ambiental urbana em Alfredo Marcondes/SP: Análise em episódio de inverno. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, V.2, N.5, p. 194– 206, 2012.

Santos, J. S., Silva, V. P. R, Silva, E.R., Araujo, L.E.; Costa, A. D. Campo térmico urbano e a sua relação com o uso e cobertura do solo em cidade tropical. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 5(3), 540-557, 2012.

Stathopoulos, T.; Zacharias, J. Outdoor Human Comfort in an Urban Climate. **Build Environ**, 39, 297–305, 2004.

Thom, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, Boston, 12(1), 57-60, 1959.

Weng, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Bethesda, v.69, n.5, p.555-566, 2003.