



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Influência dos cenários climáticos do IPCC nos Índices de conforto e desconforto térmico humano no município de Barreiras-BA



Letícia da Silva Menezes²; Marcos Antonio Vanderlei Silva³; Charles Cardoso Santana⁴; Erlane Souza de Jesus⁵; Alexandre Boleira Lopo⁶.

¹ Trabalho desenvolvido pelo GAmU (Grupo de Agrometeorologia da UNEB)

^{2,4,5} Graduandos em Engenharia Agrônoma da UNEB, Campus IX, Barreiras-BA, E-mail: leticia-menezes@live.com

³ Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. da UNEB, Campus IX, Barreiras-BA, Fone:(77)9150-2979, E-mail: mavsilva@uneb.br

⁶ Matemático, Professor Dr. da UNEB, Campus IX, Barreiras-BA, Fone:(77),91328658, E-mail:

RESUMO: De acordo com o IPCC, os cenários de mudanças climáticas para o final do século sugerem um aumento médio de 1 ° C a 4 ° C para a região Nordeste do Brasil resultando em uma maior frequência de dias secos consecutivos e ondas de calor em função do aumento da frequência de veranicos, afetando assim, o grau de conforto térmico do corpo humano. O presente estudo tem por objetivo avaliar o índice de conforto térmico humano (ICH) e desconforto (IDH) para o município de Barreiras-BA considerando os cenários de mudanças climáticas do IPCC. Utilizou-se a série histórica de 30 anos de temperatura média compensada (1985 - 2014), obtidas do banco de dados climáticos do INMET, para caracterização atual do clima, e, para gerar os cenários otimista (B1) e pessimista (A1), foram acrescidos aos valores dessas temperaturas os incrementos previstos pelo IPCC. Fez-se uso do software R, através do método de imputação mensal, para realizar o preenchimento de falhas dos dados do cenário atual. O ICH foi calculado segundo a equação de Anderson e o IDH pela fórmula de Ono e Kawamura. No cenário atual há uma porcentagem de 39% de desconforto devido ao calor, não existindo estresse causado pelo calor. Para o cenário otimista o município de Barreiras-BA apresentará uma tendência de graus de conforto variável e desconforto devido ao calor. Para o cenário pessimista espera-se desconforto e estresse devido ao calor.

PALAVRAS-CHAVE: mudanças climáticas, IDH, ICH.

Influence of IPCC climate scenarios in comfort indices and human thermal discomfort in Barreiras-BA

ABSTRACT: According to the IPCC, climate change scenarios for the end of the 20th century suggest an average increase of 1 C to 4 C for the Northeast region of Brazil resulting in an increased frequency of dry days and consecutive waves of heat due to the increased frequency of droughts, thus affecting the degree of thermal comfort in the human body. The aim of this study was to evaluate the rate of thermal comfort human (TCH) and discomfort (TDH) for the municipality of Barreiras-BA considering the climate change scenarios the IPCC. It were used the historical series of 30 years of average temperature compensated (1985 - 2014), obtained from the database of climatic data from INMET for characterisation of the current climate, and to generate the optimistic scenarios (B1) and pessimistic (A1), were added to the values of these temperatures the increments provided by the IPCC. It was used the software R, through the method of allocating monthly, to carry out the completion of failures in the data of the current scenario. The ICH was calculated according to the equation of Anderson and the TCH by the formula of Ono and Kawamura. In current scenario there is a percentage of 39% of discomfort due to the heat, and there is no stress caused by heat. For the optimistic scenario the municipality of Barreiras-BA will present a trend of varying degrees of comfort and discomfort due to the heat. For the worst case scenario is expected discomfort and heat stress.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

KEY WORDS: climate change, TCH, TDH.



INTRODUÇÃO

Tem-se muito estudado questões climáticas e suas futuras mudanças. Estudar o comportamento do corpo humano a certas variações climáticas é fundamental, ainda mais sabendo que as previsões para futuramente em certas regiões do Brasil não são tão otimistas. Conforme Santos e Melo (2010) a região brasileira que mais sofrerá com as mudanças climáticas é semi-árido nordestino.

De acordo com o IPCC, os cenários de mudanças climáticas para o final do século sugerem um aumento médio de 1 ° C a 4 ° C para a região Nordeste do Brasil resultando em uma maior frequência de dias secos consecutivos e ondas de calor, em função do aumento da frequência de veranicos, afetando assim, o grau de conforto térmico do corpo humano. Segundo Marengo (2007) o nordeste do país passará de zona semi-árida para zona árida, no qual as consequências dessas mudanças afetarão desde a alimentação a saúde da população.

O rendimento humano em suas atividades, sendo rotineiras ou não, está intimamente ligado ao clima. O conforto térmico humano depende muito do índice de variabilidade térmica climática, alguns autores fazem a relação do conforto térmico com o equilíbrio térmico do corpo e alguns dos fatores primordiais para esse equilíbrio são a temperatura radiante, umidade relativa, temperatura e velocidade do ar. É certo que as condições ambientais capazes de proporcionar sensação de conforto térmico em habitantes de clima quente e úmido não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco e, muito menos, em habitantes de regiões de clima temperado e frio (FROTA e SCHIFFER, 2003). O ser humano é homeotérmico, mantendo sua temperatura entre 36 e 37 °C. Quando o corpo fica abaixo ou acima dessa temperatura haverá a hipotermia, onde tal começará a responder com certos mecanismos.

Para obter um conforto térmico, faz-se necessário tê-lo entre as temperaturas supracitadas, que evitará os mecanismos que deixará em desconforto, como suor excessivo, dilatação dos vasos, arrepios e entre outros.

Objetivou-se com este trabalho calcular o índice de conforto e de desconforto térmico em humanos considerando os cenários de mudanças climáticas do IPCC, baseado nos valores obtidos da precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperatura do município de Barreiras localizado no oeste da Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

O local de estudo foi o município de Barreiras-BA (Latitude 12° 09' S, Longitude 44° 59' W e Altitude 452m). O clima do município é caracterizado como Aw (Köppen), ou seja, típico de savana, com inverno seco e temperatura média do ar do mês mais frio superior a 18° C.

Para o cálculo do Índice de Conforto Humano (ICH) e Índice de Desconforto Humano (IDH), foram utilizadas duas séries de dados de temperatura e umidade relativa, com uma série referente ao período de 1984 a 2014 caracterizando o clima atual (banco de dados históricos do INMET), e outra série de 30 anos (2070-2099) que acresceu-se aos valores das temperaturas os incrementos previstos pelo IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas), para gerar os cenários A1 e B1,

O cenário B1 é otimista onde descreve-se uma preocupação em introduzir tecnologias limpas. Destacando soluções globais a sustentabilidade ambiental e social. O cenário A1 é pessimista onde especula-se um mundo totalmente globalizado com economia concentrada, onde o crescimento populacional é pequeno, mas com tecnologia eficiente e pouca qualidade ambiental. Utilizou-se o

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

software R, através do método de imputação mensal, para realizar o preenchimento de falhas dos dados do cenário atual. Utilizou-se o software R, através do método de imputação mensal, para realizar o preenchimento de falhas dos dados do cenário atual.

O Índice de Conforto Humano (ICH) foi calculado conforme a Equação descrita por Anderson (1965), citada por Rosenberg (1983):

$$ICH = T_a + \frac{5}{9}(e_a - 10) \quad (1)$$

Onde: T_a é a temperatura do ar em graus Celsius; e_a é a pressão de vapor que pode ser calculada do seguinte modo:

$$e_a = \frac{(e_s * UR)}{100} \quad (2)$$

Na qual e_s é a pressão de vapor do ar saturado e pode ser calculada usando a equação de Tetens (1973):

$$e_s = 6,10 \times 10^{\left(\frac{7,5 * T_g}{237,3 + T_g}\right)} \quad (3)$$

No quadro 1 encontra-se a classificação do grau de conforto térmico em função dos valores de ICH obtidos.

Quadros 1 – Índices de Conforto Térmico Humano

Graus de Umidade (°C)	Graus de Conforto
20-29	Confortável
30-39	Graus de conforto variando
40-45	Desconforto suportável
46 ou mais	Desconforto insuportável

O índice de desconforto humano (IDH) de (ONO e KAWAMURA, 1991) foi calculado com a seguinte equação:

$$IDH = 0,99T_a + 0,36T_d + 41,5$$

T_d pode ser estimada de acordo com a equação:

$$T_d = \frac{b * \alpha(T_a, UR)}{a - \alpha(T_a, UR)} \quad \alpha(T_a, UR) = \frac{a * T_a}{b + T_a} + \ln(UR) \quad (2)$$

Sendo que: $a = 17,27$ e $b = 237,7$ (°C) e UR é a umidade relativa dividida por 100 (cem).

As faixas de valores do índice de desconforto de Kawamura (IDH) relativas às condições de conforto térmico sentidas pelas pessoas (ONO e KAWAMURA, 1991) estão descritas no quadro 2.

Quadro 2 – Faixas de valores do índice de desconforto relativas às condições de conforto térmico sentido pelas pessoas.

<i>INTERVALO DO IDH</i>	<i>EFEITO</i>
IDH > 80	Estresse devido ao calor
75 > IDH > 80	Desconfortável devido ao calor
60 > IDH > 75	Confortável
55 > IDH > 60	Desconfortável devido ao frio
IDH < 55	Estresse devido ao frio

Fonte: (MELO E SANTOS, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta a frequência em que ocorrem os diferentes graus de conforto humano, conforme os graus de umidade (°C). Pode-se observar que no cenário atual não há a ocorrência de desconforto insuportável. Essa modalidade apenas ocorre em 1985 (mês de abril) e 1987 (mês de novembro), porém de forma suportável. Com valores compreendidos entre 30 – 39, esse cenário apresentou graus de conforto variando durante todo o período dos 30 anos.

Com relação ao cenário otimista, na tabela 2, observa-se a ocorrência de desconforto insuportável, com valor de ICH chegando a 47,18 °C. O ser humano é homeotérmico, logo, precisa liberar calor, em quantidade suficiente para que sua temperatura interna se mantenha em torno de 36°C a 37°C com limites muito estreitos entre 36,1 e 37,2°C, sendo considerado 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade. Assim, quando o corpo fica abaixo ou acima dessa temperatura haverá a hipotermia, onde tal começará a responder com certos mecanismos, como suor excessivo, dilatação dos vasos, arrepios e entre outros.

Tabela 1 – Frequência do Índice de conforto humano para o cenário atual.

Classificação	Frequência Absoluta	%
Confortável	74	21%
Graus de conforto variando	284	79%
Desconforto suportável	2	1%
Desconforto insuportável	0	0%
	360	100%

Tabela 2 – Frequência do Índice de conforto humano para o cenário otimista.

Classificação	Frequência Absoluta	%
Confortável	11	3%
Graus de conforto variando	171	48%
Desconforto suportável	176	49%
Desconforto insuportável	2	1%
	360	100%

O ICH calculado a partir da média de 1985 a 2014, acrescidas de 4°C na temperatura de acordo com o cenário pessimista do IPCC-2007 pode ser observado na tabela 3. No cenário pessimista tem-se uma frequência absoluta de 11 ocorrências de desconforto insuportável, principalmente nos meses de fevereiro, março e abril com maior valor de ICH chegando a 49,41 °C. É importante destacar que 62% do período em estudo apresenta-se em desconforto neste cenário pessimista, sendo 58% desse valor com

desconforto suportável ao homem, totalizando uma frequência absoluta de 222 momentos de desconforto térmico.

Tabela 3 – Frequência do Índice de conforto humano para o cenário pessimista.

Classificação	Frequência Absoluta	%
Confortável	3	1%
Graus de conforto variando	135	38%
Desconforto suportável	211	59%
Desconforto insuportável	11	3%
	360	100%

O IDH no cenário atual (tabela 4) apresenta uma porcentagem de 39% de desconforto devido ao calor, não havendo a ocorrência de desconforto e nem estresse devido ao frio. Quando ocorre a troca de calor sem maior esforço entre o corpo humano e o ambiente, à sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho é máxima. Porém, se as condições térmicas ambientais causam sensação de frio ou calor é porque o organismo está perdendo mais ou menos calor necessário para homeotermia o que só será conseguido com esforço adicional, que representa sobrecarga, com queda de rendimento no trabalho e até problemas de saúde (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Tabela 4 – Frequência do Índice de desconforto humano para o cenário atual

Classificação	Frequência Absoluta	%
Estresse devido ao calor	0	0%
Desconfortável devido ao calor	142	39%
Confortável	218	61%
Desconfortável devido ao frio	0	0%
Estresse devido ao frio	0	0%
	360	100%

Na tabela 5, o IDH indica uma tendência de estresse devido ao calor, chegando a 14%, já que os resultados apontam para um IDH superior a 80. Os resultados chegaram a 82,88 no mês de abril do ano de 1987, no ano de 2014 temos o segundo maior IDH com valor resultante de 82 no mês de novembro.

Para o índice de desconforto humano no cenário pessimista (tabela 6), indica uma tendência de que 50% de todo o período em análise indicam um intervalo superior a 80 IDH, resultando 179 ocorrências de estresse devido ao calor, o valor máximo observado foi de IDH igual a 84,22. Apenas 11% do período apresenta-se confortável. Os cenários atual, pessimista e otimista não apresentaram nenhum desconforto ou estresse devido ao frio, logo não houve nenhum intervalo de IDH entre 55-60 e inferior a 55.

Tabela 5 – Frequência do Índice de desconforto humano para o cenário otimista.

Classificação	Frequência Absoluta	%
Estresse devido ao calor	52	14%
Desconfortável devido ao calor	243	68%
Confortável	65	18%
Desconfortável devido ao frio	0	0%
Estresse devido ao frio	0	0%
	360	100%

Tabela 6 – Frequência do Índice de desconforto humano para o cenário pessimista.

Classificação	Frequência Absoluta	%
Estresse devido ao calor	179	50%
Desconfortável devido ao calor	143	40%
Confortável	38	11%
Desconfortável devido ao frio	0	0%
Estresse devido ao frio	0	
	360	100%

CONCLUSÕES

A análise dos dados de ICH e IDH no cenário atual, mostrou que maior parte do clima atual se caracterizou por possuir menores riscos de desconforto térmico humano, apresentado em sua maior parte com graus de conforto variando e de sensação térmica confortável.

Caso a tendência do IPCC se confirmem, os resultados mostram que, para os cenários otimista e pessimista, os ICH e os IDH sugerem que a cidade de Barreiras apresentaria variação de classificação que do confortável até o estresse devido ao calor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 6. Ed. – São Paulo: Studio Nobel, 2003.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. v.1, p.214.

ONO, H. S. P.; KAWAMURA T. (1991). **Sensible Climates in Monsoon Asia**. *International Journal of Biometeorology*, Vol. 35, n° XX, pp. 39-47

ROSENBERG, N.J., BLAND, B.L., VERMA, S.B. **Microclimate: the biological environment**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 467p.

SANTOS, W. R. T; MELO, M. L. D. **Índices de conforto e desconforto térmico humano segundo os cenários climáticos do IPCC**. Disponível em http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/446_95127.pdf. Acessado em: 15/06/2015.