



## DEFINIÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS DE CALOR EM UBERLÂNDIA-MG

ALINE NATÁLIA SILVA<sup>1</sup>  
ARLEI TEODORO DE QUEIROZ<sup>2</sup>

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo definir os eventos extremos de calor em Uberlândia-MG, no período de 2004 a 2013, utilizando como metodologia o índice de calor (Heat Index). Para realização do trabalho foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa do ar instantânea na escala horária, coletados na Estação Meteorológica Automática de Uberlândia-MG, vinculada a rede de estações do INMET. Como resultado é possível notar a ocorrência de nível de alerta II ao longo da primavera e verão, com destaque dois episódios no final de 2012 e início de 2013, quando foram registrados 10 dias consecutivos com índice de calor entre 32 e 40°C. Já no que diz respeito ao nível de alerta I, verifica-se que a maior parte dos episódios, também, ocorreram na primavera e verão, com destaque para dois casos com aproximadamente 40 dias com índice de calor entre 27 e 32°C.

**Palavras-chave:** Índice de calor, Uberlândia-MG, nível de alerta.

**Abstract :** The present study aims to define the extreme events of heat in Uberlândia-MG, in the period 2004-2013, using as a methodology the heat index (Heat Index). For accomplishment of the study were used data of temperature and relative humidity of air in the instantaneous hourly scale, collected in Automatic Meteorological Station of Uberlândia-MG, linked to network INMET stations. As a result it is possible to note the occurrence of alert level II during the spring and summer, highlighting two episodes in late 2012 and early 2013, when it was recorded 10 consecutive days with heat index between 32 and 40 ° C. Already in what regards the alert level I, it turns out that most of the episodes also occurred in spring and summer, highlighting two cases with 40 days with heat index between 27 and 32 ° C.

**Key-words:** Heat Index, Uberlândia-MG, alert level.

### 1 - Introdução

A análise dos dados extremos de temperatura e umidade relativa são essenciais para avaliação da influência dos mesmos sobre o conforto termo-higrométrico das pessoas.

A vida fisiológica em condições de clima tropical apresenta-se perfeitamente adaptada às características ambientais fortemente variáveis em espaços de tempo curto (sazonalidade climática), mas a ocorrência de fenômenos meteorológicos em escala temporal muito rápida (horária, diária e semanal) lhe traz perturbações. O clima tropical, por suas características particulares, reúne excelentes condições para o desenvolvimento de um considerável número de doenças, tanto ligadas ao excesso de calor quanto à queda abrupta do mesmo e à variabilidade termo-higro-pluviométrica. (MENDONÇA, 2005, p.106)

<sup>1</sup> Graduanda em Gestão em Saúde Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia. e-mail: ninasnatalia@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de Brasília. e-mail: arleiteodoro@yahoo.com.br



Sobre a temperatura e umidade vale salientar que “[...] a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica, que interagem na formação dos diferentes climas da Terra.” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2005, p.15), ou seja, o conjunto destes três são os principais agentes formadores do clima.

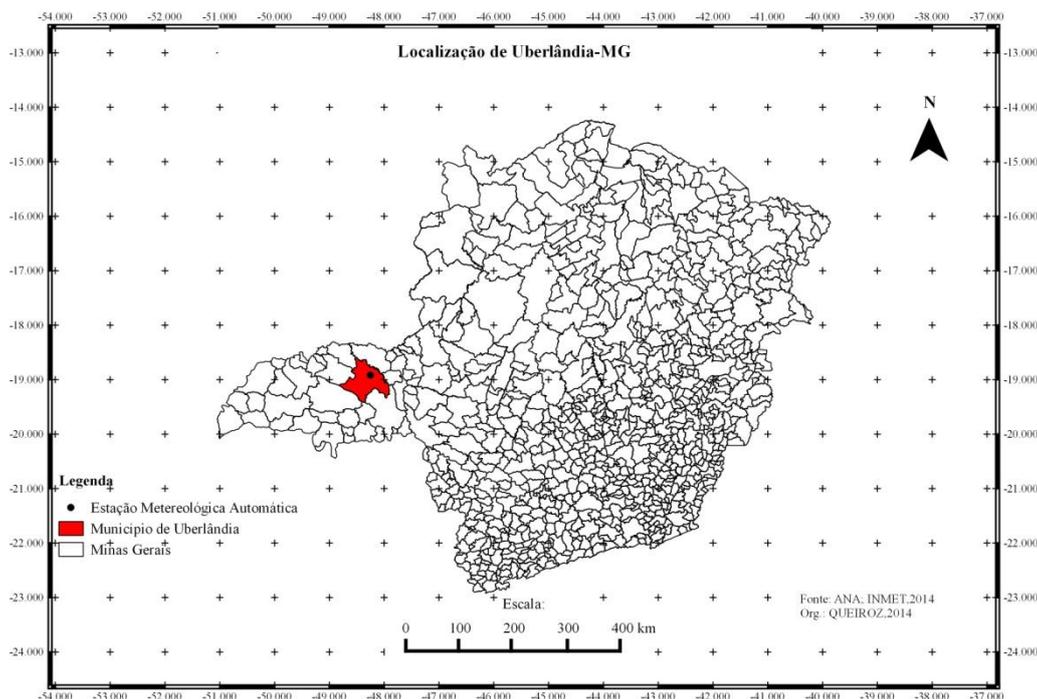
Ainda sobre a umidade e temperatura, vale destacar que há uma relação intrínseca entre estes dois elementos climáticos, conforme descrito por Frota e Schiffer (2003)

A grande diferenciação que o grau de umidade relativa do ar acarreta nas condições climáticas de um local é quanto à amplitude da temperatura diária. Isto equivale a dizer que quanto mais seco for o clima, mais acentuadas serão sua temperatura extremas (mínimas e máximas).

Este fenômeno se dá em função de as partículas de água em suspensão no ar terem a capacidade de receber calor do Sol e se aquecerem.

Quanto mais úmido estiver o ar, maior será a quantidade de água em suspensão. Essas partículas, além de se aquecerem pela radiação solar que recebem, também funcionam, de dia, como uma barreira da radiação solar que atinge o solo e, à noite, ao calor dissipado pelo solo. (FROTA; SCHIFFER, 2003, p.67)

Partindo desta ideia, o presente trabalho tem como objetivo definir os eventos extremos de calor em Uberlândia-MG (Mapa 01), no período de 2004 a 2013, utilizando como metodologia o índice de calor (Heat Index).



Mapa 01: Localização de Uberlândia-MG

Fonte: ANA; INMET, 2014.

O clima de Uberlândia pode ser classificado, segundo Mendes, 2001:

O clima regional, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Aw, com inverno seco e verão chuvoso, dominado predominantemente



pelos sistemas inter-tropicais e polares, que dão origem a alguns eventos pluviais mais concentrados, principalmente no verão, onde a atuação desses sistemas provoca, muitas vezes, danos sociais e econômicos através das chuvas, devido à precariedade ou mesmo à falta de adequação da infra-estrutura urbana, que não é capaz de suportar as precipitações concentradas. (MENDES, 2001, p.68)

Deste modo, segundo Mendes, 2001, a sazonalidade existente entre os períodos chuvosos e quentes, frios e secos, durante o ano, se deve à alternância de atuação das massas tropicais e polares. No verão (período chuvoso) em Uberlândia:

(...) as condições de tempo sobre a cidade são controladas, principalmente, pelos sistemas produtores de instabilidade, como a FPA, IT e a TC, responsáveis pelas precipitações que ocorrem nesta época do ano. Por outro lado, também atuam sobre Uberlândia, nesse período do ano, os sistemas produtores de estabilidade, a PA e TAc, que causam a diminuição da cobertura do céu, da nebulosidade e da umidade relativa. (MENDES, 2001, p.90)

Os sistemas atmosféricos, de acordo com Ribeiro, 1975 (*apud* Mendes 2001), mostram que:

(...) no decorrer dos dias variações subordinadas a fatores que regem a circulação geral da atmosfera. Portanto, a duração e a intensidade dos centros de ação e frentes correlacionam-se principalmente ao mecanismo gerador das estações do ano, conferindo-lhes um determinado regime de força e duração de acordo com a sazonalidade. (RIBEIRO, 1975 *apud* MENDES, 2001, p.97)

## 2 - Materiais e métodos

Para realização do presente trabalho foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa do ar instantânea na escala horária, no período de 2004 a 2013, totalizando 10 anos. Estes dados foram coletados na Estação Meteorológica Automática de Uberlândia-MG, vinculada a rede de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Estação de Uberlândia situa-se nas coordenadas geográficas de 18° 55' latitude Sul e 48° 15' longitude Oeste e altitude de 869 metros.

Com o intuito de calcular o índice de calor utilizou-se a metodologia Heat Índex.

O Heat Índex, também designado por índice de calor, mede o calor evaporado entre o corpo humano e o ambiente, é considerado como apropriado para medir o efeito do calor no corpo, através da combinação da temperatura e da humidade relativa. Inicialmente desenvolvido por Steadman (1979a, 1979b, 1984) foi posteriormente ajustado e adaptado pelo Serviço Meteorológico Nacional dos Estados Unidos da América. (MONTEIRO; CARVALHO, 2013, p.120)



Para calcular o índice de calor, primeiramente foi necessário converter a temperatura de °C para °F, utilizando a seguinte fórmula:  $T^{\circ}F = T^{\circ}C \times 1,8 + 32$ , sendo  $T^{\circ}F$  a temperatura em °F e  $T^{\circ}C$  a temperatura em °C.

Logo em seguida calculou-se o índice de calor utilizando os dados de temperatura em °F e a umidade relativa, por meio da seguinte fórmula:

$IC = -42,379 + (2,04901523 \times T^{\circ}F) + (10,14333127 \times UR) - (0,22475541 \times T^{\circ}F \times UR) - (6,83783 \times 10^{-3} \times T^{\circ}F^2) - (5,481717 \times 10^{-2} \times UR^2) + (1,228741 \times 10^{-3} \times T^{\circ}F^2 \times UR) + (8,52821 \times 10^{-4} \times T^{\circ}F \times UR^2) - (1,99 \times 10^{-6} \times T^{\circ}F^2 \times UR^2)$ , onde IC é o índice de calor,  $T^{\circ}F$  é a temperatura em °F e UR é a umidade relativa.

Posteriormente para definir e classificar os casos de índice de calor converteu-se os resultados de temperatura em °F para °C, através da seguinte fórmula:  $T^{\circ}C = (T^{\circ}F - 32) / 1,8$ , resultando, assim no índice de calor horário em Uberlândia. No entanto, para este trabalho utilizou-se apenas o índice de calor máximo diário.

De posse do índice de calor máximo diária, para definir os eventos extremos de calor utilizou a escala proposta pela metodologia Heat Index (Quadro 01). Primeiramente, calculou-se o número total de ocorrências de cada intervalo do índice de calor. Logo em seguida efetuou-se a contagem do número de dias consecutivos de cada evento, conforme os critérios de definição de eventos extremos de calor (Quadro 01).

Nível de Alerta	Critérios de definição de eventos extremos de calor	Índice de Calor	Síndrome de Calor (sintomas)
Nível I	Pelo menos 5 dias consecutivos	27°C – 31°C	Fadiga com exposição física prolongada.
Nível II	Pelo menos 4 dias consecutivos	32°C - 40° C	Insolação, câimbras musculares, exaustão devido a exposição prologanda ou a prática de atividade física.
Nível III	Pelo menos 3 dias consecutivos	41°C – 53°C	Insolação, câimbras musculares, exaustão provável devido ao calor. Insolação possível com exposição prologanda ou a prática de atividade física.
Nível IV	Pelo menos 2 dias consecutivos	54°C ou mais	Insolação e Acidente Vascular Cerebral (AVC) provável.

Quadro 1: Níveis de alerta e suas conseqüências à saúde humana do IC (Índice de Calor). (Heat Index)

Fonte: Monteiro; Carvalho, 2013, p. 129

Para tratamento dos dados e caracterização do período em análise, primeiramente foi realizada a tabulação dos dados utilizando o software Microsoft Office Excel. Posteriormente, buscando uma melhor compreensão destes dados foram confeccionados alguns gráficos utilizando este mesmo software. Sobre a utilização de gráficos, Ayoade



(2010, p.241) afirma que “o clima de uma região é descrito com a ajuda de gráficos das variações sazonais nos valores dos elementos climáticos, usualmente a temperatura e a precipitação”.

### 3 - Resultados e discussões

A partir dos dados disponibilizados pelo INMET foi aplicada a metodologia descrita para atingir os resultados que serão descritos a seguir.

Primeiramente, ao analisarmos o gráfico 01, nota-se que na maioria dos casos são observadas índices de calor entre 27°C e 31°C que equivale ao nível de alerta I (67%). Em 25% dos dias observamos índices menores que 27°C, que segundo o quadro 1, não é necessário alerta de calor. Vimos também que em 8% dos dias o índice registrou entre 32°C e 40°C, esses valores correspondem ao nível de alerta II. Os outros níveis III e IV do quadro 1 não ocorreram nos anos estudados.

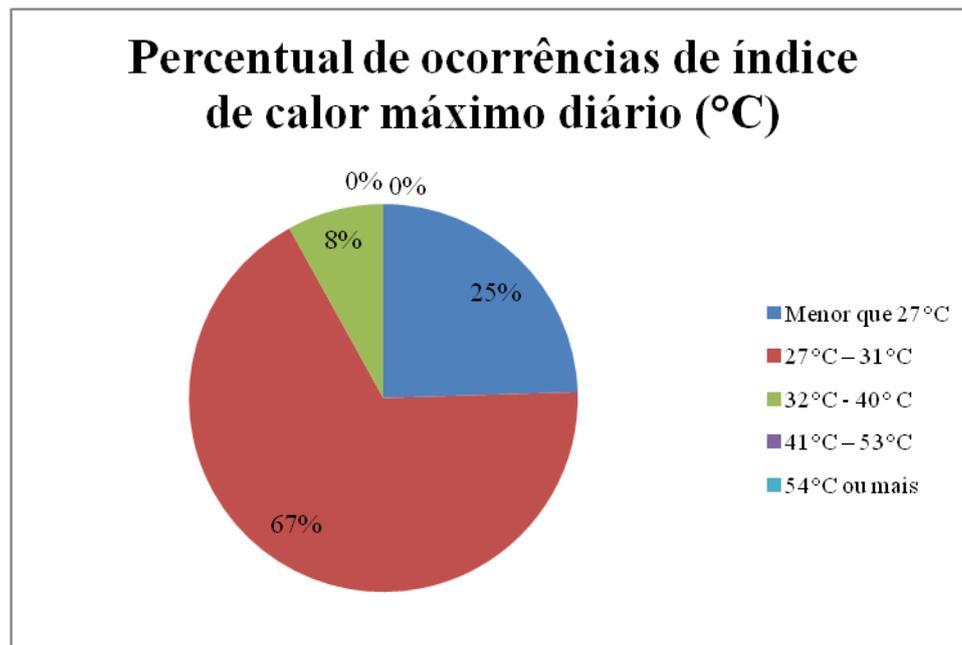


Gráfico 01: Percentual de ocorrências de índice de calor máximo diário (°C)  
Fonte: INMET, 2014

Tendo como base os dados do INMET, o ano de 2004 possui algumas falhas, no entanto, calculou-se o índice de calor para os dados existentes. Neste sentido, ao analisar gráfico 02, verifica-se que a maior parte do período, registrou-se índices de calor referente ao nível I, que de acordo com o quadro 01, causa pequeno desconforto ao ser humano quando este fica exposto por períodos curtos de tempo. No mês de dezembro quando inicia-se o verão foi registrado o nível de alerta II, que se houver exposição prolongada pode



causar efeitos mais graves para as pessoas, a exemplo de câimbras musculares, exaustão e insolação.

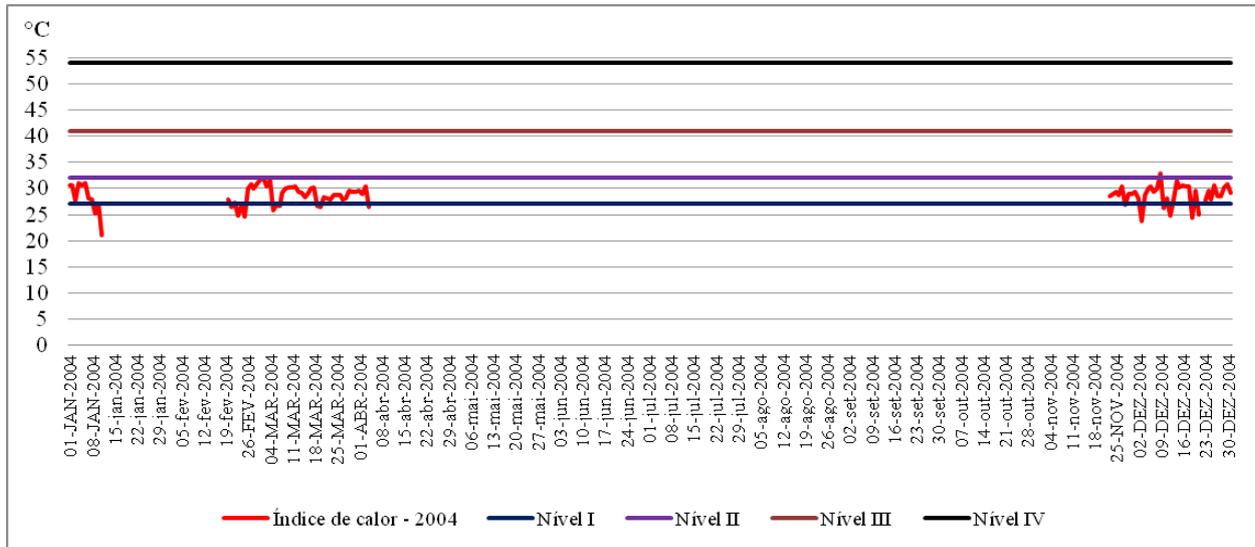


Gráfico 02: Índice de calor máximo diário (°C) em 2004

Fonte: INMET, 2014

Assim como ocorreu em 2004, em 2005 há ausência de dados em um período do ano. No entanto, calculamos o índice de calor em 2005 (Gráfico 03) sendo possível notar que algumas vezes o índice alcançou o nível II, que segundo o quadro 01, esse nível pode causar alguns problemas aos indivíduos a exemplo de: insolação, câimbras e exaustão se for realizada prática de atividades físicas ou exposição prolongada. Os meses com ocorrência desse índice foram janeiro, fevereiro, março, julho, agosto e outubro, portanto, variando entre os meses de inverno e verão.

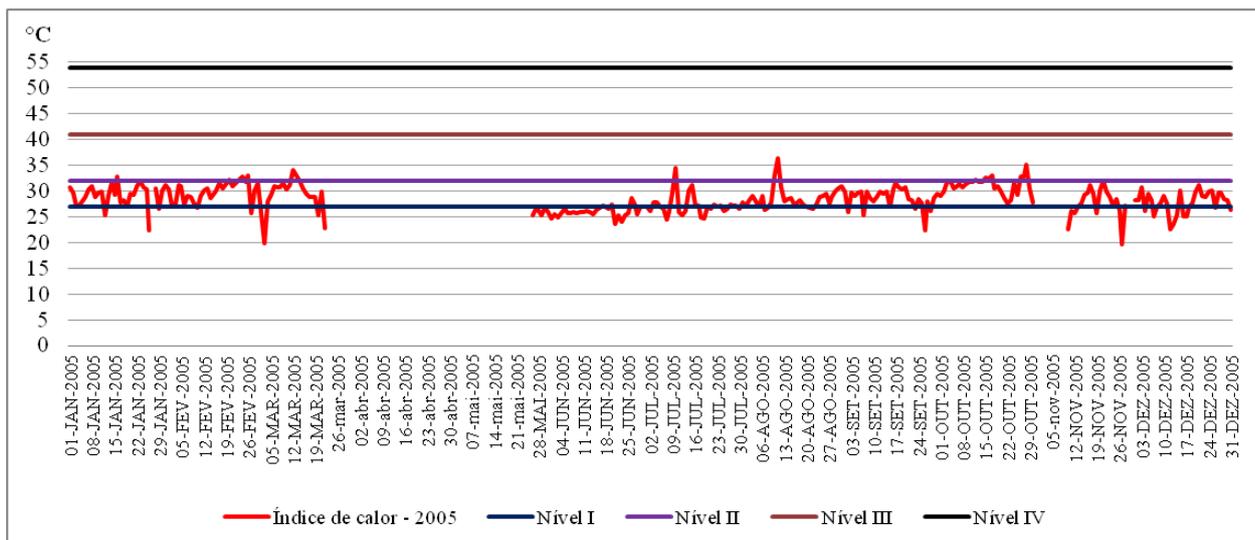


Gráfico 03: Índice de calor máximo diário (°C) em 2005

Fonte: INMET, 2014



Conforme o gráfico 04 do ano de 2006, na maioria dos dias observamos nível de alerta I. No entanto, o nível II que compreende temperaturas entre 32°C e 40°C também foi percebido no ano, cuja exposição excessiva à temperaturas mais elevadas pode acarretar agravos à saúde humana. Em junho notamos índices que excederam os 35°C e em setembro houveram dias com registros de aproximadamente 40°C.

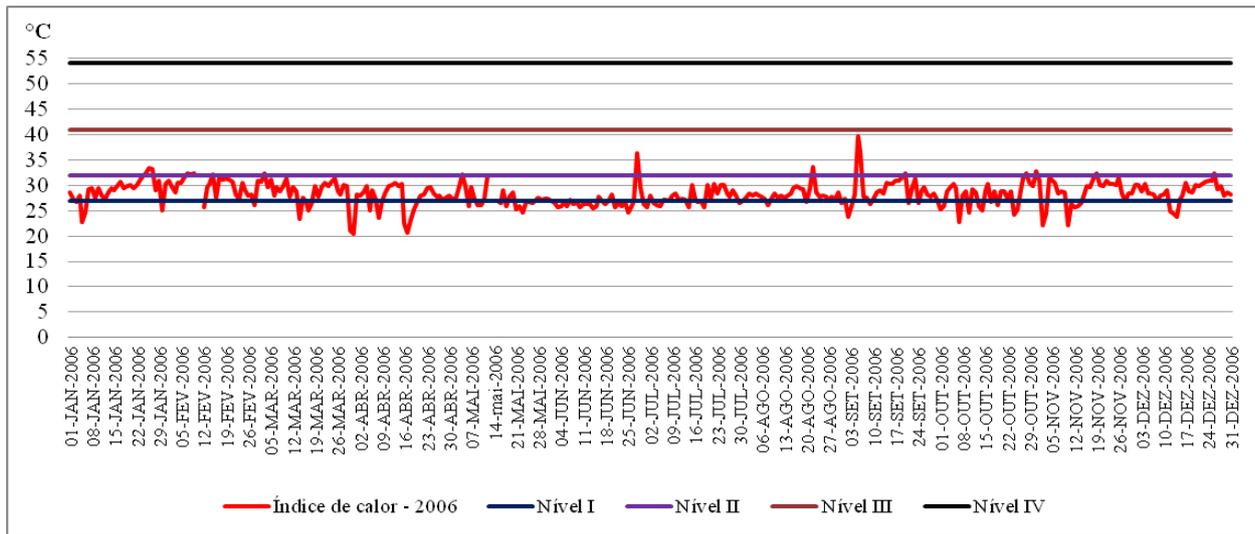


Gráfico 04: Índice de calor máximo diário (°C) em 2006

Fonte: INMET, 2014

Segundo o gráfico 05, referente ao ano de 2007, nota-se o registro do nível II do índice de calor. Os índices mais elevadas foram observadas nos meses de maio e julho período de outono e inverno quando as temperaturas tenderiam a encontrar-se mais baixas na região por ser outono e inverno, respectivamente.

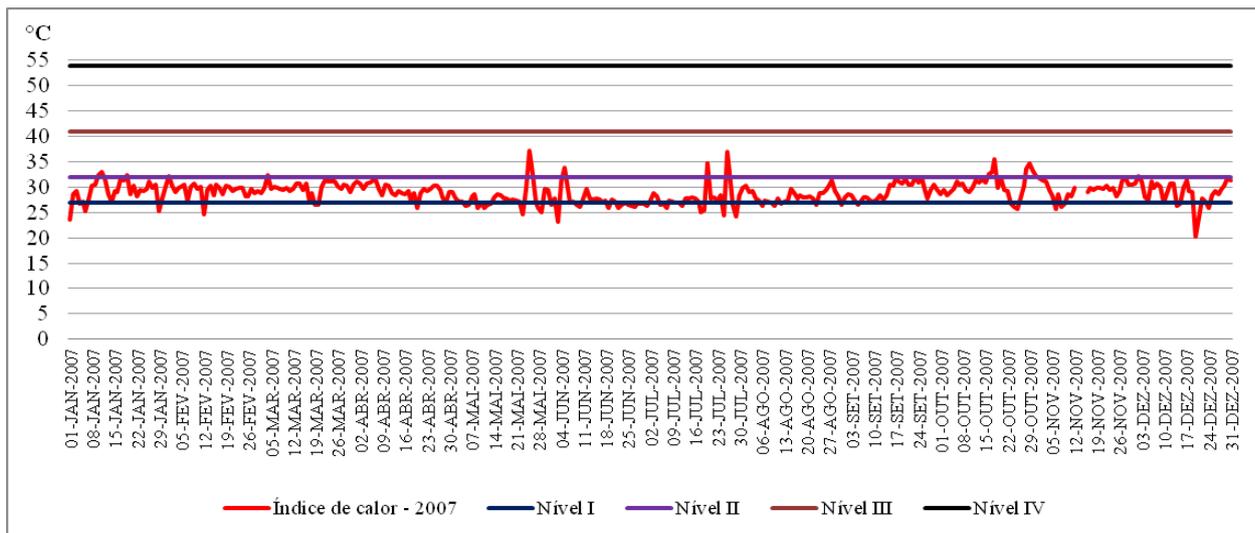


Gráfico 05: Índice de calor máximo diário (°C) em 2007

Fonte: INMET, 2014



Conforme pode ser visualizado no gráfico 6, referente ao ano de 2008, observamos na maior parte do período analisado os índices de calor variaram entre os 20°C e os 35°C. Sendo que o nível de alerta predominante nesse ano foi o nível I que é o menos prejudicial à saúde humana, podendo causar fadigas. No entanto, a partir do mês de setembro é possível observar o registro do nível de alerta II, quando se inicia as estações primavera e verão.

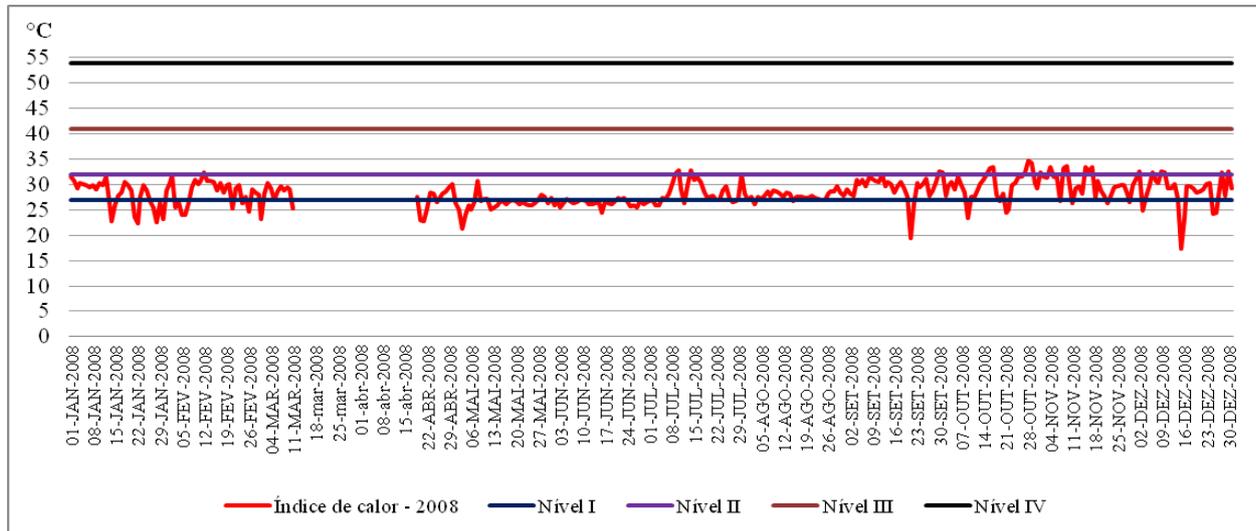


Gráfico 06: Índice de calor máximo diário (°C) em 2008  
Fonte: INMET, 2014

No que tange ao ano de 2009 (Gráfico 07), observamos que em alguns dias foram observados nível II nos meses de janeiro, fevereiro, março, junho, outubro e novembro. No restante do período nível I foi o mais frequente, sendo que esse nível é um primeiro alerta quanto a possíveis danos a saúde humana.

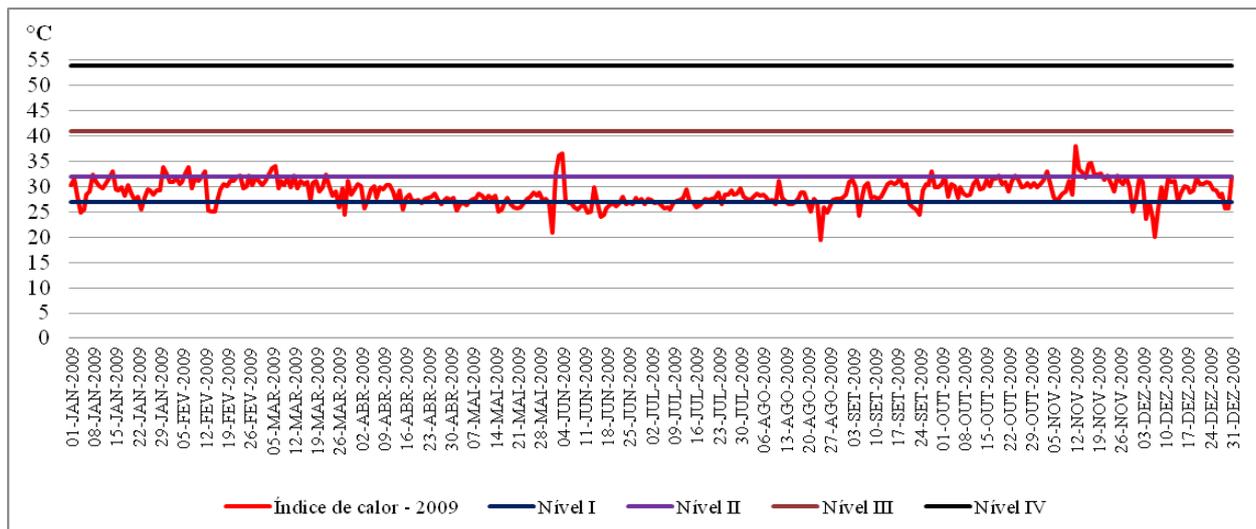


Gráfico 07: Índice de calor máximo diário (°C) em 2009  
Fonte: INMET, 2014



Ao analisarmos o gráfico 08, referente ao ano de 2010, observamos que em maio houve um dia em que o índice de calor foi próximo a 40°C, sendo que nesse mês e em outros como janeiro, fevereiro, março, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro registrou-se o nível de alerta II. No restante do ano estudado observamos a ocorrência do nível I, que é menos prejudicial ao homem.

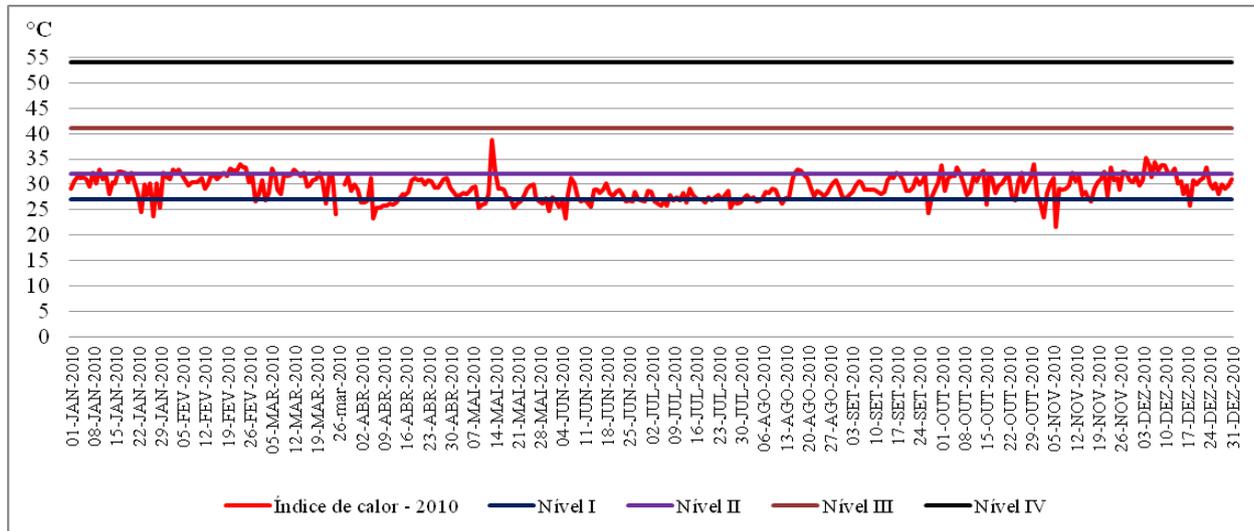


Gráfico 08: Índice de calor máximo diário (°C) em 2010  
Fonte: INMET, 2014

Conforme pode ser visualizado no gráfico 09, referente ao ano de 2011 observamos a ocorrência do nível de alerta II nos meses de janeiro, fevereiro, março, junho, agosto, outubro, novembro e dezembro. No restante do período analisado, o nível de alerta I foi registrado com grande frequência.

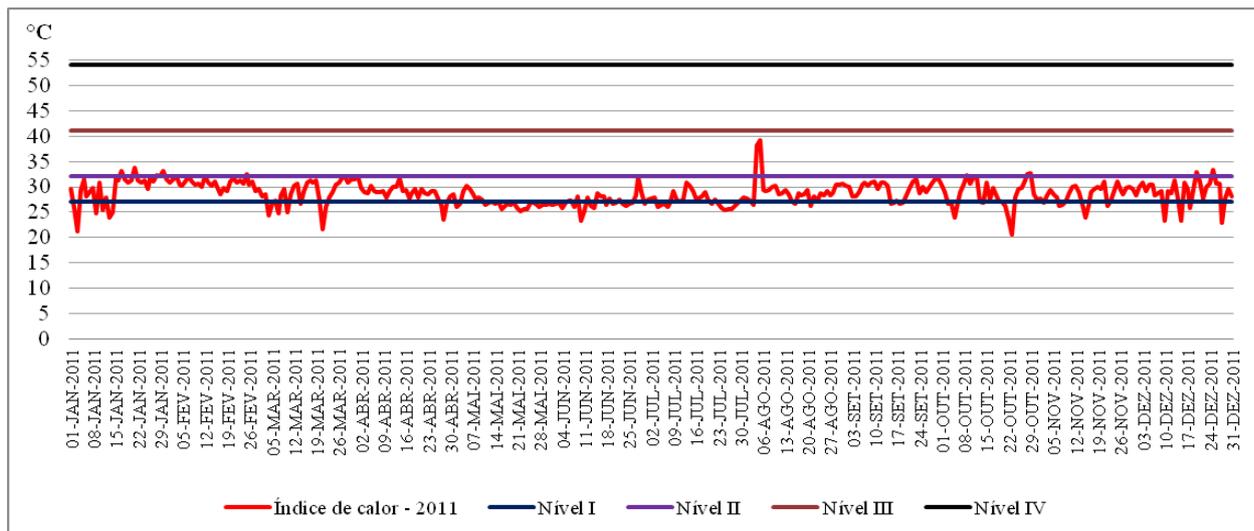


Gráfico 09: Índice de calor máximo diário (°C) em 2011  
Fonte: INMET, 2014



De acordo com o gráfico 10, que representa os índices de calor no ano de 2012, observamos o registro de nível de alerta II em todos os meses, exceto em maio e agosto que registraram apenas nível de alerta I. Já o nível I foi registrado em todos os meses.

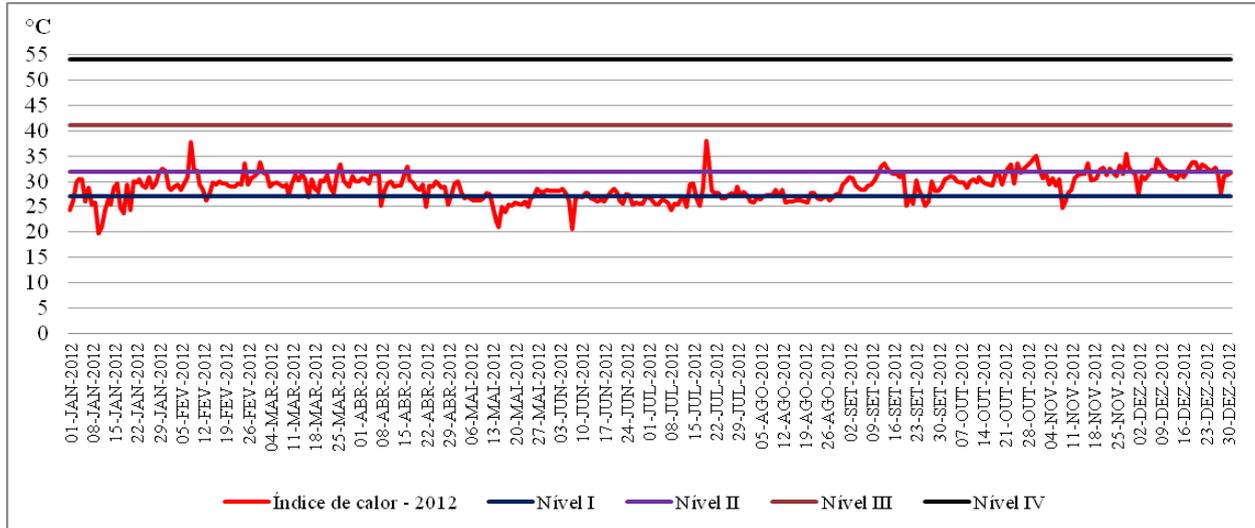


Gráfico 10: Índice de calor máximo diário (°C) em 2012  
Fonte: INMET, 2014

Segundo os dados obtidos no ano de 2013 observamos a ocorrência de níveis de alerta I e II. O nível de alerta I foi mais registrado em todos os meses, já o nível II não ocorreu em três meses que correspondem ao outono e inverno, sendo maio, junho e julho. Tivemos dois picos de temperatura um em agosto e outro em dezembro quando o índice de calor esteve próximo de 40°C.

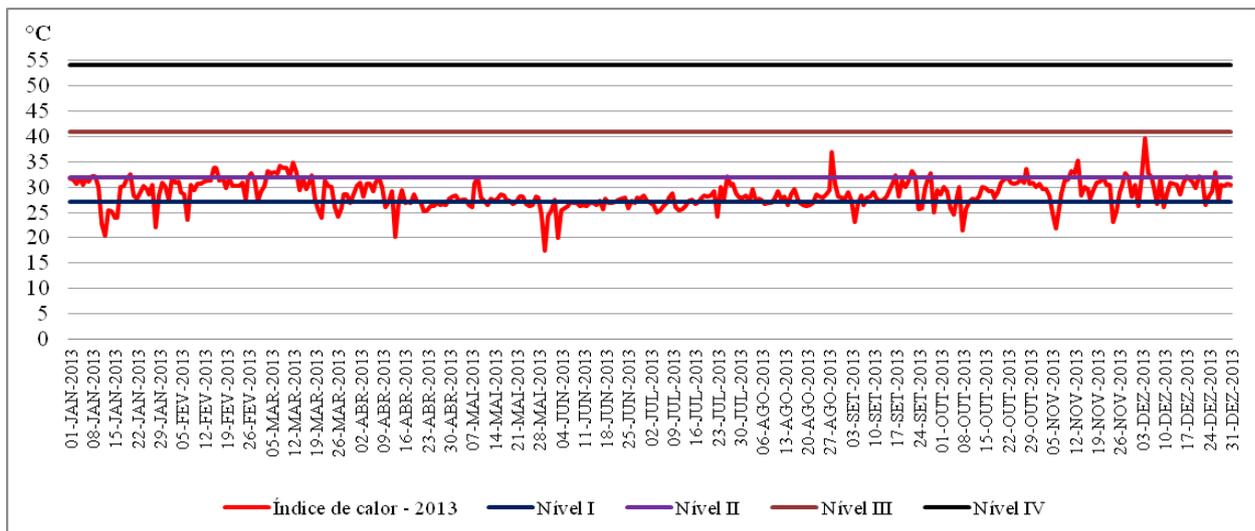


Gráfico 11: Índice de calor máximo diário (°C) em 2013  
Fonte: INMET, 2014

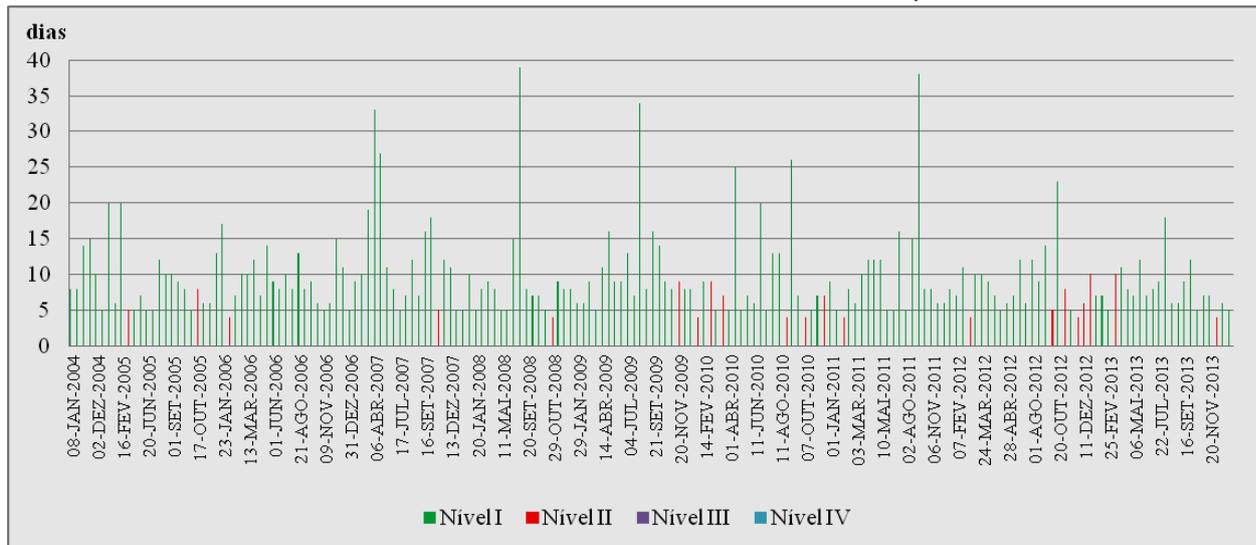


Gráfico 12: Número de dias consecutivos com registro de índice de calor máximo diário (°C)  
Fonte: INMET, 2014

Para finalizar esta análise dos índices de calor, no gráfico 12 é possível visualizar a intensidade de cada episódio extremo de calor, sendo que para isso foram contados o número de dias consecutivos de índice de calor que enquadra em cada nível de calor, conforme o quadro 1. Dessa forma, nota-se que a ocorrência de nível de alerta II ao longo da primavera e verão, com destaque para dois episódios no final de 2012 e início de 2013, quando foram registrados 10 dias consecutivos com índice de calor entre 32 e 40°C. Já no que diz respeito ao nível de alerta I, verifica-se que a maior parte dos episódios, também, ocorreram na primavera e verão, com destaque para dois casos com aproximadamente 40 dias de duração com índice de calor entre 27 e 32°C, registrados no mês de setembro sendo o em 2008 e o segundo em 2011.

#### 4 - Considerações finais

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se afirmar que a metodologia de índice de calor é de grande importância para compreensão da intensidade da temperatura correlacionando com a umidade relativa do ar e seus possíveis efeitos sobre a saúde do corpo humano.

Vale salientar que na região do Brasil Central, na qual Uberlândia está inserida, por se situar na região tropical do planeta, a associação de temperaturas máximas elevadas e com índices de umidade relativa geram todos os anos desconforto térmico a sua população, sobretudo no período da primavera e verão, quando há maior incidência de radiação solar sobre a região. Além disso, elevados índices de calor possuem papel fundamental na



evapotranspiração, assim como para aceleração no processo de crescimento das plantas quando há água disponível.

## 5. Referências bibliográficas

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Acesso em: 03 out. 2012.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332 p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 7 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br). Acesso em: 10 mar. 2014.

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MENDONÇA, F. Clima, tropicalidade e saúde: uma perspectiva a partir da intensificação do aquecimento global. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n° 1, p. 100-112, 2005.

MONTEIRO, A.; CARVALHO, V. Uma abordagem metodológica para avaliação de eventos climáticos extremos. In: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Org.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras expressões, 2013. P. 117-142.