

USO DO ÍNDICE DE ESTRESSE AMBIENTAL (IEA) PARA MAPEAR REGIÕES CRÍTICAS QUANTO A EXPOSIÇÃO AO CALOR NO ESTADO DE SÃO PAULO: ESTUDO DE CASO RELACIONADO AOS CORTADORES DE CANA-DE-AÇÚCAR

Leandro Vargas Brandão

Mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos

leandrobrandao_10@yahoo.com.br

Luiz Felipe Silva

Doutor em Saúde Pública

Universidade Federal de Itajubá

lfelipe@unifei.edu.br

Arcilan Trevenzoli Assireu

Doutor em Oceanografia Física

Universidade Federal de Itajubá

arcilan@unifei.edu.br

RESUMO

A importância da cana-de-açúcar para o estado de São Paulo e o ainda extensivo corte manual desta cultura, juntamente com que condições ambientais extremas, expõem os trabalhadores a situações extenuantes. Assim, este trabalho visa indicar regiões críticas quanto a exposição de trabalhadores rurais ao calor, envolvidos no corte de cana de açúcar no estado de São Paulo, por meio de modelos matemáticos e uso de geoprocessamento. Com este objetivo foi aplicado o índice de estresse ambiental (IEA), que usa valores da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), da radiação solar (W.m^{-2}) e da umidade relativa (%). Os valores do IEA são classificados em três categorias, de acordo com o risco à saúde: inferior a 25 unidades, risco baixo; entre 25 e 33, moderado a alto e superior a 33, risco extremo. Para a elaboração dos mapas de exposição, em que o foco foram os meses de colheita da cana-de-açúcar, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento, compreendendo o software ArcGis. Os resultados indicam que as regiões norte e noroeste, com forte presença de cultura canavieira apresentaram os valores de IEA mais elevados. Nas regiões norte, noroeste e sudeste, no mês de fevereiro, foi observada a situação mais crítica, com risco classificado de moderado a alto, com IEA entre 28 e 29 unidades. O índice aplicado, aliado ao geoprocessamento, demonstrou ser interessante por ser um subsídio importante para ações de prevenção de agravos em saúde dos trabalhadores, bem como para o público em geral.

Palavras chave: Trabalho rural. Exposição ao calor. Cultura da cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The importance of cane sugar to the state of São Paulo and still extensive manual cutting of the crop, with extreme environmental conditions, expose workers to strenuous situations. Thus, this paper aims to indicate critical regions related to exposure of farm workers to the heat, involved in the cutting of sugar cane in São Paulo, by mathematical and geoprocessing models. For this propose, it was used the environmental stress index (ESI), which uses values of air temperature ($^{\circ}\text{C}$), solar radiation (Wm^{-2}) and relative humidity (%). The values of ESI are classified into three categories, according to the health risk: less than 25 units, low risk, between 25 and 33, moderate to high and greater than 33, extreme risk. In developing the exposure maps, focusing the months of harvest cane, was used geoprocessing tools comprising the ArcGIS software. The results indicates that the regions north and northwest, with a strong presence of sugarcane cultivation, showed the highest values of ESI. In north, northwest and southeast, in February, it was observed the most critical situation, with moderate to high risk, with the ESI between 28 and 29

Recebido em: 26/12/2012

Aceito para publicação em: 13/06/2013

units. The applied index, coupled with geoprocessing, proved to be an important subsidy to the prevention of health problems to the workers as well as to the general public.

Keywords: Rural Work. Heat Exposure. sugarcane Cultivation.

INTRODUÇÃO

A atividade rural expõe os trabalhadores a diversos riscos à saúde, entre eles ao calor, o qual tem sido responsável por inúmeras mortes, basta observar o alto número de óbitos gerados pelas recentes ondas de calor (PAIXÃO e NOGUEIRA, 2003). Além disso, o calor pode causar agravos à saúde como redução da fertilidade masculina, insolação, exaustão, síncope e câimbras (BONDE, 1992; THONNEAU et al., 1998; NIOSH, 2011).

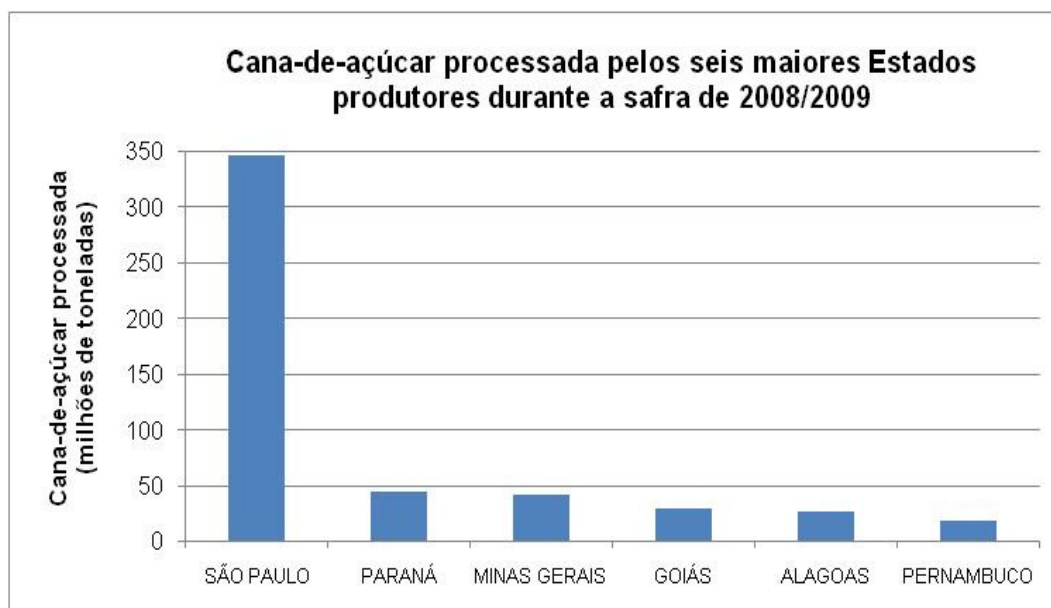
Em termos de exposição ao calor, o trabalho em zonas rurais é considerado relevante, pois, além de ser uma atividade diurna e realizada em ambientes externos, possui uma carga horária elevada e um grande volume de trabalho, facilitando o desenvolvimento dos agravos decorrentes da exposição excessiva ao calor (SCHENKER et al., 2002). Uma situação de sobrecarga térmica pode, por exemplo, acarretar na queda da produtividade do trabalhador (CORTEZ, 2009) e na consequente redução do lucro do empreendimento.

A situação dos trabalhadores da cultura canavieira é alarmante, uma vez que a exposição ao calor é considerada rotineira e, frequentemente, a prática da queima da cana-de-açúcar é utilizada, elevando ainda mais as temperaturas. Tal mecanismo, usado para facilitar o corte, implica em agravos à saúde pública e deve ser eliminada, por lei estadual, em 2021 para áreas mecanizáveis e 2031 para as regiões não passíveis de mecanização (RIBEIRO, 2008). Os agravos à saúde decorrentes dessa exposição ao calor ainda são intensificados pela alta demanda de esforço físico das atividades realizadas, pela precariedade nas condições de trabalho e pela pressão por produtividade ditada pelo modelo de produção da agroindústria canavieira (ALESSI e NAVARRO, 1997). O sistema de pagamento por produção tem sido associado a relatos de mortes súbitas ocorridas em canaviais brasileiros (ALVES, 2006). Nestas ocorrências, condições atmosféricas também podem se comportar como fatores de risco (BITENCOURT et al, 2012).

A grande preocupação acerca da saúde dos trabalhadores rurais e a exposição ao calor, vem recebendo mais ênfase com as informações referentes às mudanças climáticas. Embora um tema ainda muito polêmico, projeção do aquecimento médio global da superfície terrestre para o final do Século XXI (2090 – 2099), está entre 1,8°C a 4,0°C, variando de acordo com o cenário projetado (IPCC, 2007). No entanto, Tatsch (2006) analisou 58 anos de dados de temperatura máximas e mínimas para a região de Ribeirão Preto e verificou uma diminuição nos valores da média anual da temperatura máxima. Estas perspectivas devem ser também analisadas sob a luz do cenário da saúde do trabalhador rural.

Um modo de se estimar a exposição ao estresse térmico é por meio do mapeamento do Índice de Estresse Ambiental (IEA). Tal ferramenta é de simples determinação e envolve três diferentes parâmetros: temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR) e radiação solar (RS). O IEA guarda alta correlação com o índice de maior utilização na área, o IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo). No entanto, o IEA possui a destacada vantagem de envolver variáveis facilmente encontradas em estações coletoras de dados meteorológicos (MORAN et al., 2001). Dados disponibilizados pela UNICA (2008), para o período entre 1990 e 2009, comprovam o domínio das usinas paulistas no processamento da cana-de-açúcar. Durante a safra de 2008/2009, aproximadamente 60% de toda a cana processada no Brasil era proveniente do Estado de São Paulo. Na Figura 1 pode ser visualizada a evolução do processamento da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo assim como os seis Estados brasileiros de maior produtividade, durante a safra de 2008/2009.

Figura 1- Gráfico dos seis maiores produtores da cana-de-açúcar na safra 2008/2009



Fonte: (UNICA, 2008).

Neste contexto, este trabalho objetivou prever e mapear a carga térmica (IEA) de trabalhadores em atividades a céu aberto, especialmente os cortadores de cana do Estado de São Paulo, a partir de modelos matemáticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Estado de São Paulo, como a área do estudo, possui inúmeros municípios produtores de cana e se apresenta como o principal produtor nacional. De acordo com Ribeiro e Ficarelli (2010), os canaviais paulistas estão localizados, majoritariamente, nas porções central e oriental, como pode constatar na Figura 2.

Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos junto ao Instituto Agronômico de Campinas (IAC) (IAC, 2011). São observações meteorológicas horárias de UR (%), RS (W/m^2) e TA ($^{\circ}C$), obtidos de 72 Plataformas Coletoras de Dados (PCD's) no estado de São Paulo, conforme Figura 3.

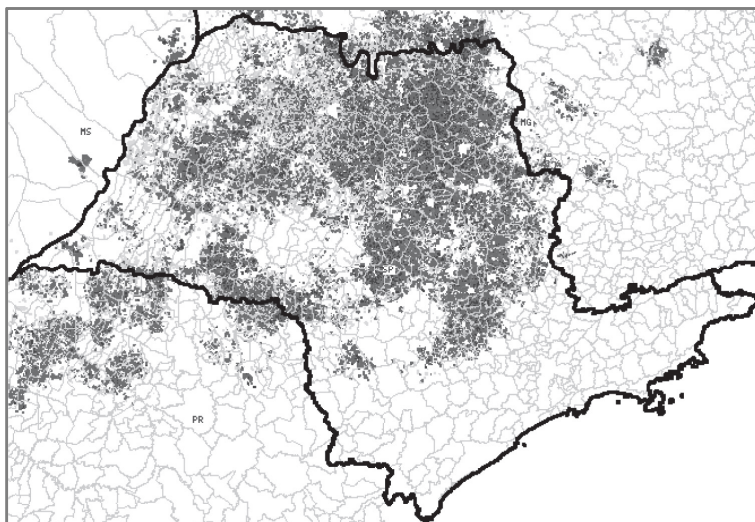
Para quantificar e projetar a exposição ao calor em trabalhadores rurais definiu-se como ferramenta de análise o Índice de Estresse Ambiental (IEA), conforme sugerido por Moran et al. (2001), por meio da Equação 1:

$$IEA = 0,63TA - 0,03UR + 0,002RS + 0,0054(TA \times UR) - 0,073(0,1 + RS)^{-1} \quad (1)$$

Onde:

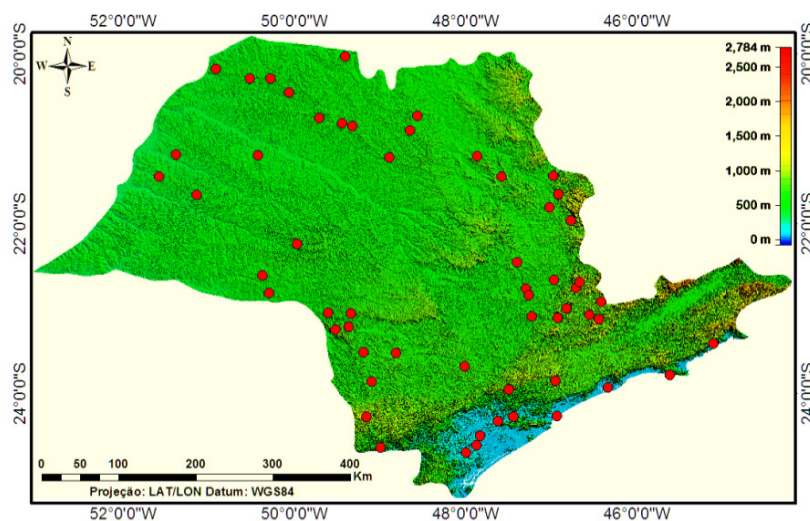
- TA: temperatura ambiente ($^{\circ}C$);
- UR: umidade relativa (%);
- RS: radiação solar ($W.m^{-2}$)

Figura 1 - Áreas canaveiras no estado de São Paulo na safra 2008/2009



Fonte: CANASAT (2009) apud Ribeiro e Ficarelli (2010).

Figura 3 - Localização das estações analisadas sobrepostas ao mapa digital de relevo



Os valores dos IEA foram calculados para todo o Estado de São Paulo. Os dados trabalhados (UR, RS e TA), referem-se às três horas mais quentes de cada dia, durante os 12 meses do ano de 2010. O IAC forneceu dados com medições horárias, sendo assim, para cada dia do mês, houve 24 medições dos parâmetros. Das 24 medições diárias, foram escolhidas as três medições com os valores mais elevados de TA. Portanto, para cada dia do mês, houve três medições em destaque. A partir destes dados foram calculados os valores dos IEA. Desse modo, calculou-se um valor único mensal, por meio de média aritmética. Este procedimento visou realçar os valores extremos do IEA que, para efeitos de saúde pública, é o que interessa. Embora nem sempre os valores extremos de TA coincidam com os de radiação solar, a escolha dos valores de TA asseguram os valores extremos para o IEA, já que o peso de TA

para IEA é notavelmente maior do que os demais parâmetros (Equação 1). Os 72 valores de IEA obtidos, juntamente com os respectivos valores de longitude e latitude, foram importados para o ArcGIS, por meio da ferramenta ArcView. Foi realizado o processo de espacialização dos dados, com auxílio da ferramenta “*Kriging*”, para que se obtivesse o mapa final de exposição ao calor.

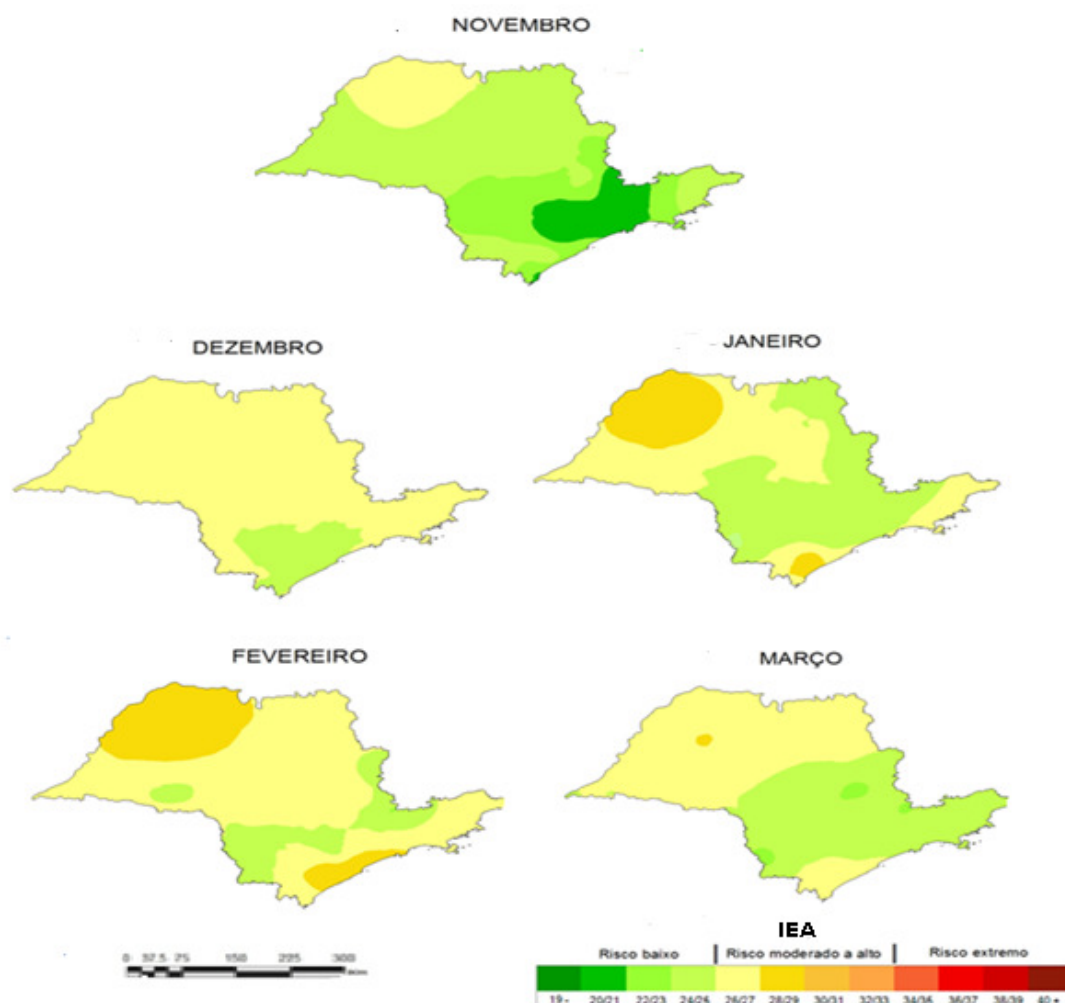
A escala de IEA nos mapas foi classificada em três níveis:

- IEA < 25 unidades: risco baixo;
- $25 \leq \text{IEA} \leq 33$ unidades: risco moderado a alto;
- IEA > 33 unidades: risco extremo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 4 apresenta as estimativas de exposição ao calor, baseadas no valor do IEA para os meses referentes à colheita de cana no Estado de São Paulo

Figura 4 - Mapas do IEA para os meses de colheita de cana de açúcar em 2010



Os mapas elaborados e expostos na Figura 4 indicam uma condição de estresse térmico preocupante em grande parte do Estado de São Paulo. Em relação ao mês de novembro, destaca-se uma área de “Risco moderado a alto” a noroeste do Estado, região onde a cultura da cana é importante. No tocante ao mês de dezembro, praticamente todo o Estado se enquadrou como sendo de “Risco moderado a alto”, ou seja, apresentando valores de IEA dentro do intervalo 26 a 27 (equivalente a um valor de IBUTG entre 26 e 27°C), que segundo as normas ocupacionais implica na obrigatoriedade de pausas durante a jornada de trabalho (BRASIL, 2012; GIAMPAOLI et al., 2005). Para a condição ambiental de janeiro de 2010, diversas regiões são enquadradas como sendo áreas de risco moderado a alto. Dentre estas destacam-se as regiões norte e noroeste, em que os valores observados de IEA para estas regiões alcançam 29. O mês de fevereiro apresentou diagnóstico preocupante, pois a situação mais crítica (“Risco moderado a alto”) está concentrada nas regiões norte, noroeste e sudeste. Tais regiões apresentaram valores de IEA no intervalo 28/29 (IBUTG entre 28 e 29°C), fato que também exige a existência de pausas, considerando a natureza do trabalho executado. Referente ao mês de março de 2010, há uma divisão em duas condições distintas: “Risco baixo” e “Risco moderado a alto”.

CONCLUSÕES

A aplicação do parâmetro IEA, com o auxílio de ferramentas associadas a informações geográficas, demonstra ser de grande valia para a avaliação de risco à saúde dos trabalhadores, em especial àqueles envolvidos em atividades a céu aberto. Neste estudo, como exemplo, foram utilizadas as áreas onde trabalham de cortadores de cana. Estes trabalhadores são submetidos a uma carga de trabalho importante, sobretudo pela exigência da produtividade no setor. Desse modo, esta metodologia auxilia a população em geral nas orientações de exposição ao calor como, por exemplo, durante suas atividades externas de lazer. Além disso, permite o estabelecimento de cenários de risco para servir de subsídios às medidas de prevenção de agravos decorrentes da exposição ao calor, pois este índice pode ser aplicado a qualquer local ou região dotada de uma estação meteorológica, tornando possível o acesso da população às informações sobre a adequabilidade de práticas laborais ao longo do dia.

Agradecimentos:

Ao pesquisador Orivaldo Brunini, do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), que gentilmente forneceu os dados meteorológicos.

Aos revisores, cujas recomendações e sugestões, em muito aprimoraram para a forma final do artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALESSI, N. P.; NAVARRO, V. L. Saúde e trabalho rural: o caso dos trabalhadores da cultura canavieira da região de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 111-121, 1997.

ALVES, F. Por que morrem os cortadores de cana? **Saúde e Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 90-98, 2006.

BITENCOURT, D.P.; RUAS, A.C.; MAIA, P.A. Análise da contribuição das variáveis meteorológicas no estresse térmico associada à morte de cortadores de cana-de-açúcar. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n.1, p. 65-74, 2012.

BONDE, J. P. Semen quality in welders exposed to radiant heat. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 49, n. 1, p. 5-10, 1992.

BRASIL. Normas Regulamentadoras. “**NR - 15. Atividades e Operações Insalubres**. Anexo n.º 3 – Limites de Tolerância para Exposição ao Calor. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF32FE207A4A/nr_15_anexo3.pdf>. Acesso em: 10 Dez, 2012.

CORTEZ, O. D. Heat stress assessment among workers in a Nicaraguan sugarcane farm. **Global Health Action**, v. 2, n. 11, p. 1-6, 2009.

GIAMPAOLI, E.; SAAD, I.F.S.D.; CUNHA, I. A. **Norma de Higiene Ocupacional. Procedimento Técnico. Avaliação de exposição ao calor**. Fundacentro. Ministério do

Trabalho e Emprego, 2002. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/ARQUIVOS/PUBLICACAO/II/NHO%2005.pdf>> . Acesso em: 10 Dez. 2012.

IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Intergovernmental Panel on Climate Change. Valência, p. 73. 2007.

MORAN, D. S.; PANDOLF, K. B.; SHAPIRO, Y.; HELED, Y.; SHANI, Y.; MATHEW, W. T.; GONZALEZ, R. R. An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). **Journal of Thermal Biology**, v. 26, n. 4-5, p. 427-431, 2001.

NIOSH. Workplace safety and Health Topics. **Centers for Disease Control and Prevention**, 2011. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/>>. Acesso: 26 mai. 2011.

PAIXÃO, E. D. J.; NOGUEIRA, P. J. Efeitos de uma onda de calor na mortalidade. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 21, n. 1, p. 41-54, 2003.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, n. (2, p. 370-376, 2008. RIBEIRO, H.; FICARELLI, T. R. Queimadas nos canaviais e perspectivas dos cortadores de cana-de-açúcar em Macatuba, São Paulo. **Revista Saúde e Sociedade**, v. 19, n.1, p. 48-63, 2010.

SCHENKER, M. B.; ORENSTEIN, M. R.; SAMUELS, S. J. Use of protective equipment among California farmers. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 42, n. 5, p. 455-464, 2002.

TATSCH, J.D. **Uma análise dos fluxos de superfície e do microclima sobre cerrado, cana-de-açúcar e eucalipto, com implicações para mudanças climáticas regionais**. 2006. 132 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

THONNEAU, P.; BUJAN, L.; MULTIGNER, L.; MIEUSSET, R. Occupational heat exposure and male fertility: a review. **Human Reproduction**, v. 13, n. 8, p. 2122-2125, 1998.

ÚNICA -União da indústria de cana-de-açúcar. **Dados e Cotações – Estatística (2008)**.: Disponível em: <http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>. Acesso em 25 mai. 2011.