

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Faculdade de Medicina Veterinária

Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias

Carolina Cardoso Nagib Nascimento

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO LEITEIRA E CONSUMO DE ALIMENTOS DE
VACAS A PARTIR DA OCORRÊNCIA DE ONDAS DE CALOR NO TRIÂNGULO
MINEIRO E ALTO PARANAÍBA, MG

Uberlândia – MG

2011

Carolina Cardoso Nagib Nascimento

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO LEITEIRA E CONSUMO DE ALIMENTOS DE
VACAS A PARTIR DA OCORRÊNCIA DE ONDAS DE CALOR NO TRIÂNGULO
MINEIRO E ALTO PARANAÍBA, MG

Dissertação apresentada no Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinária à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.
Área de Concentração: Produção Animal

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mara Regina B. Mattos
Nascimento

Uberlândia – MG

2011

N244e

2011 Nascimento, Carolina Cardoso Nagib, 1982-

Estimativa da produção leiteira e consumo de alimentos de vacas a partir da ocorrência de ondas de calor no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG / Carolina Cardoso Nagib Nascimento. -- 2011.
65 f. : il.

Orientador.:Mara Regina B. Mattos Nascimento.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Inclui bibliografia.

I. Veterinária - Teses. 2. Leite - Produção - Teses. 3. Bovino - Alimentação e rações - Teses. I. Nascimento, Mara Regina Bueno de Mattos. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 619

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Carolina Cardoso Nagib Nascimento – nascida em 12 de novembro de 1982, na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, é Medica Veterinária, formada pela Universidade Federal de Uberlândia em março de 2008. Ingressou no curso de mestrado em julho de 2009, no curso de ciências veterinárias – área de produção animal com ênfase em bioclimatologia animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia- FAMEV-UFU. Defendeu dissertação em dezembro de 2011.

Aos meus pais e minha irmã Dáphine, sempre presentes em minha vida me incentivando a buscar meus ideais.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof. Dr.^a Mara Regina B. Mattos Nascimento por estar sempre disposta a me ajudar e orientar da melhor maneira possível, me incentivando sempre a buscar crescimento profissional;

Às Prof.^a Isabel, Natascha, que sempre me auxiliaram de maneira tão dedicada em todos os trabalhos e desafios desta etapa;

Ao Prof. Dr. Washington do Departamento de Meteorologia, por auxiliar na aquisição dos dados meteorológicos;

Ao amigo Robertinho, pela sua disponibilidade na confecção dos mapas;

A todos os Professores do Mestrado, que contribuíram para expansão do meu conhecimento;

À Célia Regina, secretária da Pós – Graduação que sempre me ajudou com educação e compreensão, procurando solucionar da melhor maneira possível os impasses que surgiam pelo caminho;

A todos os amigos que me acompanharam nesta etapa e me proporcionaram momentos que eu vou sempre lembrar e sentir saudades.

“Sua tarefa é descobrir o seu trabalho e, então, com todo o coração, dedicar-se a ele.”

(Buda)

RESUMO

Objetivou - se neste trabalho avaliar as influências das ondas de calor na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba - MG sobre a produção leiteira e o consumo alimentar e mapear essa influência, por meio de um zoneamento bioclimático baseado no Índice de Temperatura e Umidade (ITU) médio. Para tanto foi determinada a frequência de ocorrências de ITU acima do nível crítico estabelecido em um $ITU \geq 81$. O conceito de ondas de calor utilizado foi o de um período de mais de três dias consecutivos de temperatura máxima igual ou superior a 32°C. Para representar o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba foram analisadas nove estações climatológicas, tendo pelo menos uma estação climatológica representando cada microrregião. Foi elaborado um histórico de ocorrência de onda de calor da região em estudo baseado em um levantamento dos dados climatológicos no intervalo de quatro a onze anos feito no banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar em três horários do dia (09h00min; 15h00min; 21h00min). Também foi simulado a quantificação do declínio de produção de leite (DPL) e a redução do consumo alimentar (RCA) nas cidades em que foram identificados períodos de onda de calor. Os resultados mostraram que as cidades de Ituiutaba e Frutal foram as que apresentaram o maior número de ondas de calor por ano e Patrocínio, Sacramento e Araxá, não foi observado nenhum evento de ondas de calor no período estudado. Ao simular DPL e RCA foram encontradas diferenças bioclimáticas entre as cidades de Uberaba, Ituiutaba e Frutal, sendo a primeira com as menores estimativas de perdas produtivas. As melhores cidades para criação de raças especializadas na produção de leite são Sacramento, Patrocínio, que apresentaram ITU fora da classificação de emergência, ITU noturno abaixo de 76 e sem ondas de calor. O estudo da ocorrência de ondas de calor mostra de forma mais efetiva o efeito do estresse por calor sobre a produção leiteira, o que praticamente não pode ser visualizado no estudo da ocorrência de ITU médios.

Palavras – chave: Mudança Climática. Produção Leiteira. Zoneamento bioclimático.

ABSTRACT

Thus this research has as objective to evaluate the effects of heat waves in the Triangle Mineiro and Alto Paranaíba - MG on milk production and feed intake and map this influence through a bioclimatical zoning based on temperature and humidity index (THI) medium. Therefore it was determined the THI frequency of occurrence above the critical level determined in $THI \geq 81$. The concept of heat waves used was proposed by period of more than three consecutive days of maximum temperature equal to or greater than 32°C. Nine weather stations was analyzed to represent the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, having at least one representing each micro-meteorological station. A historical of heat wave occurrence was developed based on climatic data in an interval of four to eleven years was made in the database of the National Institute of Meteorology (INMET) with dry bulb temperature data and relative humidity at three times of day (09:00, 15:00, 21:00). Also simulated to quantify the decline in milk production (DMP) and decline in feed intake (DFI) in cities that have been identified heat wave periods. The results showed that the cities of Ituiutaba and Frutal were those with the largest number of flashes per year and have the cities of Patrocínio, Araxá and Sacramento, did not present heat waves during the study period. By simulating DMP and DFI and bioclimatic differences were found between the cities of Uberaba, Ituiutaba and Frutal, the first with the lowest estimates of production losses. The best cities for the creation of specialized breeds in milk production are Sacramento, Patrocínio, as presented THI out of hazard, THI night below 76 and did not have heat waves. The study of the occurrence of heat waves more effectively shows the effect of heat stress on milk production, which can hardly be seen in the study of the occurrence of THI average.

Keywords: Bioclimatical zoning. Climate change. Milk production.

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Representação das estações climatológicas da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG, 2011.....33

Tabela 2 - Valores de ITU médio, ITU noturno e suas diferentes categorias encontradas no intervalo de anos correspondente ao banco de dados de cada estação meteorológica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG,.....41

Tabela 3 - Número de ocorrência de ITU noturno e das diferentes categorias encontradas no intervalo de anos correspondente ao banco de dados de cada estação meteorológica da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG.....43

Tabela 4 - Relação do intervalo de anos de coleta de dados, do número de provável ocorrência de ondas (POC), número de efetiva de ocorrência de ondas (EOC) e número de ondas ocorridas por ano para cada estação meteorológica estudada.....56

Tabela 5 - Valores medianos de redução de consumo alimentar em $\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ (RCA), declínio da produção de leite $\text{kg. vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ com níveis de produção de 10, 20 e 30(DPL) e escore dos componentes principais, nas cidades que tiveram ocorrência de efetivas ondas de calor no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.....57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa climático do Brasil.....	20
Figura 2 - Variação da temperatura corporal e da produção de calor metabólico em função da temperatura ambiente modificado de Silva (2008).....	26
Figura 3 - Categorias do ITU com relação às variáveis climáticas para bovinos e suínos em confinamento (USDC-ESSA, 1970).....	30
Figura 4 - Mapa das microrregiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG.....	32
Figura 5 - Localização das estações climatológicas de cada microrregião geográfica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG.....	34
Figura 6 - Variação anual de ITU das microrregiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG de 2000 a 2010.....	39
Figura 7 - Comportamento do ITU médio mensal das cidades do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG, com estações climatológicas de 2000 a 2010.....	40
Figura 8 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Capinópolis – MG de 2000 a 2010.....	44
Figura 9 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL 20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Capinópolis – MG de 2000 a 2010.....	45

Figura 10 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Frutal – MG de 2000 a 2010.....	46
Figura 11 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Frutal – MG de 2000 a 2010.....	47
Figura 12 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Ituiutaba – MG de 2000 a 2010.....	48
Figura 13 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Ituiutaba – MG de 2000 a 2010.....	49
Figura 14 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Uberaba – MG de 2000 a 2010.....	50
Figura 15 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Uberaba – MG de 2000 a 2010.....	51
Figura 16 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Uberlândia – MG de 2000 a 2010.....	52
Figura 17 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Uberlândia – MG de 2000 a 2010.....	53
Figura 18 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Patos de Minas – MG de 2000 a 2010.....	54

Figura 19 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Patos de Minas– MG de 2000 a 2010.....55

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Mudanças climáticas	16
2.2 Ondas de calor.....	16
2.3 Zoneamento bioclimático.....	18
2.4 Climas do Brasil.....	19
2.5 Importância da pecuária leiteira.....	20
2.6 Bem – estar animal.....	21
2.7 Adaptação.....	23
2.8 Homeotermia e termorregulação.....	24
2.9 Efeitos do estresse por calor em bovinos leiteiros.....	27
2.10 Índice de Temperatura e Umidade	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Levantamento histórico dos dados climáticos.....	32
3.2 Cálculo do Índice de Temperatura e Umidade.....	34
3.3 Definição de ondas de calor.....	35
3.4 Cálculo das Perdas Estimadas no Declínio de Produção Leiteira (DPL) e Redução do Consumo Alimentar (RCA).....	36
3.5 Zoneamento bioclimático.....	37
3.6 Classificação e comparação das estações em relação ao DPL e RCA estimado	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 Análise descritiva das ondas de calor.....	43
5 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

Quando se trata de mercado lácteo, um dos primeiros pontos a ser discutido é o crescimento da produção. E este crescimento vai além dos fatores genéticos, sendo bastante influenciado por fatores externos como manejo adequado, nutrição e clima.

Entre esses fatores que afetam negativamente a produção animal, está o estresse ocasionado pelo calor, que associado com elevada umidade do ar prejudicam os mecanismos de termorregulação do animal, fazendo com que este desencadeie mecanismos fisiológicos para diminuir a geração de calor como a diminuição da ingestão de alimentos e queda da produção de leite. Isso devido a termoneutralidade de vacas em lactação variar de quatro a 24°C, que em virtude das diferenças na umidade relativa e radiação solar podendo variar entre sete e 21°C (NÄÄS,1989).

Com todas as pesquisas e estudos desenvolvidos nesta área, sabe-se hoje que grande parte dessa perda na produção de leite deve - se às altas temperaturas encontradas no território nacional, pois sabe - se que dois terços do território brasileiro estar em área intertropical com temperaturas médias em torno de 20°C. Desta forma, o ambiente torna-se desfavorável às raças com maiores índices produtivos, como o gado Holandês, Jersey ou Pardo-Suiço, uma vez que estas são de origem européia, geneticamente adaptadas a clima mais ameno do que o encontrado no Brasil (LIMA, 2006).

Nesse contexto o estudo do clima, suas variações estacionais e a ocorrência de eventos extremos, podem ser vitais para determinar a possibilidade de se produzir leite com bovinos geneticamente especializados em uma determinada região crítica, auxiliando na escolha das melhores técnicas para amenizar os efeitos nocivos do estresse de calor a serem utilizadas para a manutenção da produção desses animais.

Tendo-se o conhecimento das perdas dentro da pecuária leiteira devido às condições climáticas adversas encontradas no Brasil, e sendo o Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba a região de maior produção de leite, dentro do estado de Minas Gerais, observa-se a importância do mapeamento e da identificação climática da região a fim de diminuir as perdas produtivas, orientando os produtores com relação

a manejos antecipados, visando prevenir os efeitos decorrentes de possíveis ondas de calor.

Com isso, objetivou - se neste trabalho avaliar as influências das ondas de calor na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba - MG sobre a produção leiteira e o consumo alimentar e mapear essa influência, por meio de um zoneamento bioclimático.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mudanças climáticas

Uma das causas para o aquecimento, segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), é devido à intensidade de gases de efeito estufa (GEEs) originados de atividades antrópicas jogados na atmosfera, principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O).

Segundo IPCC (2007), as concentrações atmosféricas de CO_2 (379 ppm) e CH_4 (1774 ppm) em 2005 excederam os valores de emissões naturais nos últimos 650.000 anos. Os aumentos da concentração mundial de CO_2 se devem principalmente a utilização de combustíveis de origem fóssil e queimadas. Provavelmente a concentração de CH_4 e N_2O provém principalmente da agricultura.

A pecuária é responsável por 18% das emissões dos GEEs, 9% do gás emitido por fontes antrópicas (desmatamento para áreas de pastejo ou produção de grãos), 37% do CH_4 mundial (maior parte proveniente da fermentação ruminal) e 65% de todo o gás nitroso emitido (FAO, 2006).

Com relação às mudanças climáticas no Brasil, o Instituto de pesquisa espaciais (INPE, 2007), apontou que até o final do século o país pode ficar em média, de 4°C até 6°C mais quente, o que deve provocar aumento de chuvas e maior ocorrência de desastres naturais. Esse aumento pode levar ao desaparecimento de culturas como café e a soja, como também uma queda na produção de leite e aumento de abortos em vacas (DOW; DOWNING, 2007).

2.2 Ondas de calor

Segundo Robinson (2001), não há uma definição única para ondas de calor. Ondas de calor, de acordo com o Glossário de Meteorologia (AMS, 1989), é um evento extremo que se caracteriza por um período de calor desconfortável anormal geralmente acompanhado de alta umidade relativa com duração de pelo menos um dia, mas convencionalmente se estendendo por alguns dias ou mesmo semanas. Environment Canadá (1996) apresenta uma definição de onda de calor como um período de mais de três dias consecutivos de temperatura máxima igual ou superior a 32°C.

A ocorrência de ondas de calor não é dependente de um ambiente com altas temperaturas e umidade (BOWLES, 2004). Ondas de calor são geralmente associados com padrões específicos de circulação atmosférica representada por anomalia de altura semi-estacionária de 500 hPa que produzem uma dinâmica de subsidência, céu limpo, ventos fracos, advecção de massa de ar quente, e prolongadas condições de calor na superfície terrestre (MEEHL; TEBALDI, 2004).

Em regiões com temperaturas e umidade elevadas, comuns no verão do Brasil, os efeitos nocivos do estresse por calor nos animais podem ser reduzidos, devido a adaptação comportamental, fisiológica e também de uma infraestrutura condizente com a região (SMOYER-TOMIC et al., 2003). Os efeitos de eventos extremos como ondas de calor são maiores quando ocorrem no início da estação mais quente, pois segundo Hahn (1999), são necessários três ou quatro dias para que os animais atinjam um equilíbrio térmico, em termos de diminuição da temperatura corporal, para que se inicie a aclimação.

A combinação de fatores contribuem para tornar o efeito das ondas de calor um evento extremo, esses fatores seriam: um período de resfriamento anterior ao evento de alguns dias, a precipitação antecedente, dois ou mais dias consecutivos de índice de temperatura e umidade (ITU) nas categorias de emergência e perigo e limitado resfriamento noturno ($ITU > 72$) (BROWN-BRANDL et al., 2008). Segundo Hahn (1997), uma queda na temperatura e umidade diminui o perigo do estresse por calor pois se o ITU vai abaixo de 74 à noite, ele dá aos animais uma oportunidade para a recuperação.

As projeções dos cenários climáticos para o meio e final do século XXI, de acordo com IPCC (2007), na maioria das regiões de áreas terrestres os dias e as noites serão mais quentes e com menos noites frias. Além disso, haverá aumento da frequência de ondas de calor.

No Estado de Dakota do Sul, pelo menos 1,2 mil a 1,5 mil cabeças de gado morreram por causa do calor em 2010, segundo veterinário Dustin Oedekoeven. Em Minnesota, a estimativa é de que as perdas superam mil cabeças de gado neste mesmo ano (PORTAL DO AGRONEGOCIO, 2011).

Contudo, nos Estados do Texas e Nebraska, que possuem a maior parte do rebanho bovino norte-americano, não experimentaram o mesmo aumento no número de mortes de gado provocadas pelo calor. A explicação é que, embora as temperaturas máximas sejam maiores no Texas que em Dakota do Norte, a umidade

é mais baixa (PORTAL DO AGRONEGOCIO, 2011). No sudeste de Nebraska, Kansas e Iowa uma onda de calor que atingiu o país em 1995 teve um custo na pecuária de cerca de US\$ 28 milhões devido a mortes de animais e também pela perda de produção, levando a morte de 3.750 bovinos em 13 condados (HAHN,1998).

A probabilidade de ocorrência de mega-ondas de calor na Europa pode aumentar cinco a dez vezes nos próximos 40 anos, segundo um estudo liderado por pesquisadores da Universidade de Lisboa. Segundo o estudo, o verão de 2010 na Rússia provocou 55 mil mortes, um milhão de hectares de áreas ardidas em incêndios e 25% de redução na produção agrícola (HABITAT, 2011).

De La Casa e Ravelo (2003), em estudo das condições climáticas para produção leiteira na Argentina, identificaram que na região de Río Seco, 133 ocorrências de ondas de calor e 46 casos na região de Río Cuarto, de 1968 a 1987.

Analisando o efeito das ondas de calor na região de Salto, Uruguai Saravia et al. (2011), observaram que durante as ondas de calor severas ocorreu redução da produção leiteira e nos eventos de ondas de calor leves as vacas recuperavam a normotermia durante a noite, permitindo uma produção de leite semelhante aos dos dias sem eventos de calor extremo.

2.3 Zoneamento bioclimático

A grande extensão do território brasileiro e sua variedade climática justificam a necessidade de realizar o zoneamento climático para implantação de uma atividade leiteira de sucesso, como também o nível tecnológico aplicado na mesma. O clima é um dos principais fatores que afetam a produção animal, sendo estratégico o seu conhecimento para o projeto de instalações e de sistemas de arrefecimento e para o manejo dos animais (FERREIRA et al., 2006).

Na região de Barreiros – PE, Brandão et al. (2009) realizaram um zoneamento climático com o propósito de avaliar o bem estar térmico de bovinos de leite no verão. Os autores verificaram que o ITU encontrava-se com valores acima do desejável para atividade leiteira, sugerindo a estratégia de utilizar animais mestiços, ou seja, mais adaptados ao calor nesta região.

Um mapeamento no Mato Grosso do Sul, para demonstrar a dinâmica da temperatura no decorrer do ano na região, revelou uma tendência de resfriamento

de janeiro a julho, seguido de um aquecimento até dezembro. Porém, ao analisar valores máximos de ITU, situações de estresse tanto para trabalhadores como para os animais, ocorriam durante todos os meses do ano (SOUZA et al., 2010).

2.4 Climas do Brasil

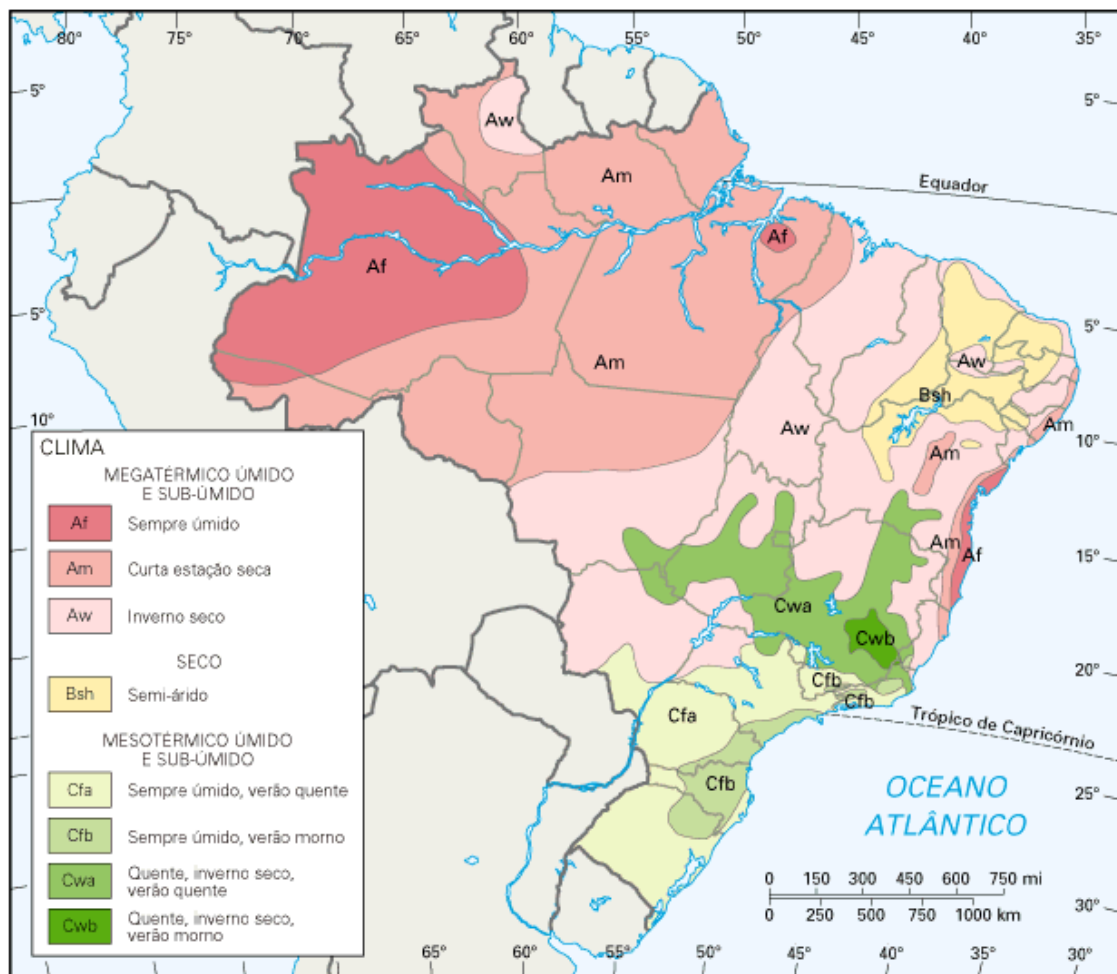
Por ser o clima extremamente dinâmico, ele sofre flutuações e variações ao longo do tempo cronológico e na superfície terrestre; portanto, os limites ou fronteiras climáticas também variam (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). O fator mais importante na determinação do clima é a posição geográfica do país. A maior parte do Brasil fica na região intertropical (Figura 1), ou seja, entre os trópicos de câncer ao norte e o de capricórnio que passa na região sudeste. Essas regiões possuem clima quente e úmido, com temperatura média de 20°C (PEREIRA, 2005).

Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a configuração do Brasil assemelha-se a um triângulo isósceles, com um dos vértices apontados para o Sul e a base para o Norte. A maior parte do território brasileiro (94%) está inserida nas zonas climáticas equatorial (55%) e tropical (39%).

Nas regiões equatoriais, próximas as linhas do equador são comuns temperaturas mais altas, sem grandes variações ao longo do ano. Já as regiões ao sul, abaixo do trópico de capricórnio, chamadas regiões subtropicais as variações ao longo do ano são maiores e apresentam temperaturas mais baixas no inverno (PEREIRA, 2005).

Inserido quase que totalmente na faixa tropical brasileira, o Estado de Minas Gerais apresenta uma distribuição média anual entre 22,1°C a 24°C, tendo influência do relevo e da ação moderadora das incursões mais avançadas da massa de ar polar atlântica. Controlada expressivamente pelas principais serras e chapadas do Sudeste do Brasil (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Figura 1: Mapa climático do Brasil



Fonte: <http://www.guianet.com.br/brasil/mapaclima.htm>

2.5 Importância da pecuária leiteira

O leite e seus derivados representam uma das principais fontes de proteína e cálcio na dieta da população brasileira, especialmente para classes de menor poder aquisitivo. Além disso, a atividade leiteira caracteriza-se por ser grande geradora de emprego, renda e tributos.

As condições edafoclimáticas do país permitem que a bovinocultura de leite seja desenvolvida em todo o seu vasto território, adaptada às peculiaridades regionais, predominantemente, por pequenos e médios produtores (EMBRAPA, 2011). O último censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) identificou no país 1,8 milhão de propriedades leiteiras. A pecuária de leite está presente em aproximadamente 40% das propriedades rurais do Brasil.

De acordo com os levantamentos do International Farm Comparison Network (IFCN) de 2011 considerando leite de vaca e búfalo com 4% de gordura e 3,3% de proteína, a produção de leite no mundo tem mantido uma taxa de crescimento anual de cerca de 11,7 milhões de toneladas entre 2005 e 2010. No entanto, sendo 2010 um ano da crise econômica mundial, a oferta de leite foi afetada e cresceu apenas 4,1 milhões de toneladas, ou seja, o menor crescimento na década.

Segundo Embrapa Gado de Leite a produção brasileira anual de leite em 2009 estava em 29.112.026 milhões de litros, ocupando o sexto lugar no mercado mundial. Em Minas Gerais a produção foi de 7.931.115 milhões de litros de leite, sendo o estado de maior produção do país. Esses valores são bem abaixo do encontrado em países de clima subtropical como os EUA com uma produção de leite em 2010 foi de 86,9 bilhões de litros de leite. Incremento de 1,9% em relação a 2009, segundo relatório *Milk Production, Disposition, and Income 2010 Summary*, produzido pelo Departamento de Agricultura dos EUA (USDA, 2011).

A produção total de leite em uma propriedade pode crescer devido ao acréscimo no número de vacas ordenhadas (crescimento extensivo), aumentando a produtividade (crescimento intensivo) e pela combinação dessas duas fontes (GOMES, 1991).

De acordo com dados da FAO, em 2009, a produtividade média do mundo era 2,31 toneladas de leite/vaca ordenhada. Os países com produtividade mais elevada são: Estados Unidos 9,33; Reino Unido 7,10; Alemanha 6,64 e França 6,15 toneladas de leite/ vaca ordenhada. Segundo IBGE (2010), a produtividade do Brasil, em 2009, foi de 1,23 toneladas de leite/vaca ordenhada. Portanto, a produtividade da pecuária leiteira no Brasil é muito inferior a de países mais avançados que apresentam condições climáticas mais favoráveis.

2.6 Bem-estar animal

O bem-estar dos animais, juntamente com as questões ambientais e a segurança dos alimentos é considerado um dos maiores desafios da agropecuária mundial. A Bioclimatologia Animal está intimamente ligada ao bem-estar animal e significa diminuir os efeitos do ambiente térmico sobre os animais de produção e têm sido um desafio dentro do processo produtivo.

De acordo com Broom (1986), a qualidade do bem-estar animal pode ser também determinada pela percepção do estado do animal numa tentativa de se adaptar a seu ambiente. Um conceito comumente utilizado de bem-estar é o proposto pela Farm Animal Welfare Council (FAWC), (1992) com um programa que constitui das “cinco liberdades”: 1- fisiológica: ausência de fome ou de sede; 2- ambiental: edificações adaptadas; 3- sanitária: ausência de doenças; 4- comportamental: possibilidade de exprimir comportamentos normais e sua interação com outros animais e 5- psicológica: ausência de medo ou ansiedade.

Sufrimento e mal-estar, muitas vezes ocorrem em conjunto, mas o bem-estar pode ser pobre sem sofrimento e não deve ser definido somente em termos de experiências subjetivas. Os indicadores de um bem-estar precário incluem: reduzida expectativa de vida, crescimento e reprodução prejudicados, lesão corporal, doenças imunossupressoras, anomalias de comportamento (BROOM,1991).

Outro parâmetro para caracterizar bem-estar utilizado em fazendas orgânicas na Alemanha e Austrália é o Tiergesundheitsindex (Animal Health Index), TGI, que leva em consideração critérios como possibilidades de movimento, as oportunidades de contatos sociais, tipo de piso, condições climáticas de instalações, e qualidade do manejo. O TGI tem características que são comparáveis aos códigos de boas práticas agrícolas, podendo ser considerado um código de boas práticas de bem-estar (NOORDHUIZEN et al., 2005).

2.7 Adaptação

Segundo Silva (2000), de acordo com o conceito biológico, adaptação é o resultado da ação conjunta de características morfológicas, anatômicas, fisiológicas, bioquímicas e comportamentais, no sentido de promover o bem-estar e favorecer a sobrevivência de um organismo em um ambiente específico.

O conceito de adaptação ao ambiente, conforme Baêta e Souza (2010), está relacionado com mudanças estruturais, funcionais ou comportamentais observadas no animal, objetivando sobrevivência, reprodução e produção em condições extremas ou adversas. Os autores classificam da seguinte forma: adaptação biológica: refere-se às características morfológicas anatômicas, fisiológicas, bioquímicas, e de comportamento do animal, que permitem bem-estar e a sobrevivência em um ambiente específico; adaptação genética: referente a características hereditárias do animal, que favorecem a sua sobrevivência em um ambiente particular podendo promover mudanças nas futuras gerações; adaptação fisiológica: é o processo de ajustamento do animal a si próprio, a outro material vivo e ao seu ambiente físico externo. Estes autores também definem os termos: aclimatização e aclimação. Aclimatização: refere-se a ajustamentos fisiológicos adaptativos duradouros, que resultam em um aumento de tolerância a contínuas ou repetidas exposições a vários estressores climáticos; e aclimação: refere-se a mudanças adaptativas em resposta a uma única variável climática.

Os fatores a serem considerados na determinação do conforto térmico e adaptação dos animais a ambientes específicos são de acordo com Silva (2000), os seguintes: ambientais relacionados pela temperatura do ar, temperatura radiante, radiação solar, umidade do ar, vento, pressão atmosférica. Capa externa sendo considerada espessura, estrutura, isolamento térmico, penetração pelo vento, ventilação, permeabilidade ao vapor, transmissividade, emissividade, absorvidade, refletividade. Características corporais como forma, tamanho, e movimento, área de superfície radiante, área exposta à radiação solar direta, emissividade da epiderme, absorvidade da epiderme. Respostas fisiológicas de temperatura retal e epiderme, taxa de sudação, trocas respiratórias, produção, taxa de crescimento e desenvolvimento, níveis hormonais, metabolismo.

A temperatura retal e a frequência respiratória são para Bianca e Kunz (1978), as melhores referências fisiológicas para estimar a tolerância dos animais ao calor.

Hopkins et al. (1978) afirmam que valores de temperatura retal próximos à temperatura normal da espécie podem ser tomados como índice de adaptabilidade.

A maior parte das avaliações de adaptabilidade dos animais aos ambientes quentes estão incluídas em duas classes: (adaptabilidade fisiológica) que descreve a tolerância do animal em um ambiente quente mediante, principalmente modificações no seu equilíbrio térmico, e (adaptabilidade de rendimento) que descreve as modificações da produtividade animal experimentadas em um ambiente quente (BACCARI JUNIOR, 1990),.

2.8 Homeotermia e termorregulação

Os animais homeotérmicos mantêm a sua temperatura corporal dentro de certos limites, independentemente da temperatura do ambiente. A manutenção da temperatura interna constante, homeotermia, é assegurada pelo equilíbrio entre o calor produzido (termogênese) e o fluxo de calor perdido para o ambiente (termólise). A esse equilíbrio entre termogênese e termólise se dá o nome de homeotermia (PEREIRA, 2005).

Segundo Baêta e Souza (2010), animal homeotermo é aquele que mantém a temperatura do núcleo corporal dentro de limites relativamente estreitos, mesmo que a temperatura ambiental flutue e que a sua atividade varie intensamente. Também pode ser considerada homeotermia o processo no qual ocorre a manutenção da temperatura corporal em níveis constantes, independentemente de variações da temperatura ambiente (JOHNSON, 1987).

A homeotermia apresenta vantagens óbvias. Animais com esta característica mantêm o sistema nervoso numa temperatura equilibrada, o que favorece a estabilidade das suas funções. Devido à sua independência das variações externas de temperatura, adaptam-se facilmente a uma grande variedade de ambientes climáticos (SILVA, 2008).

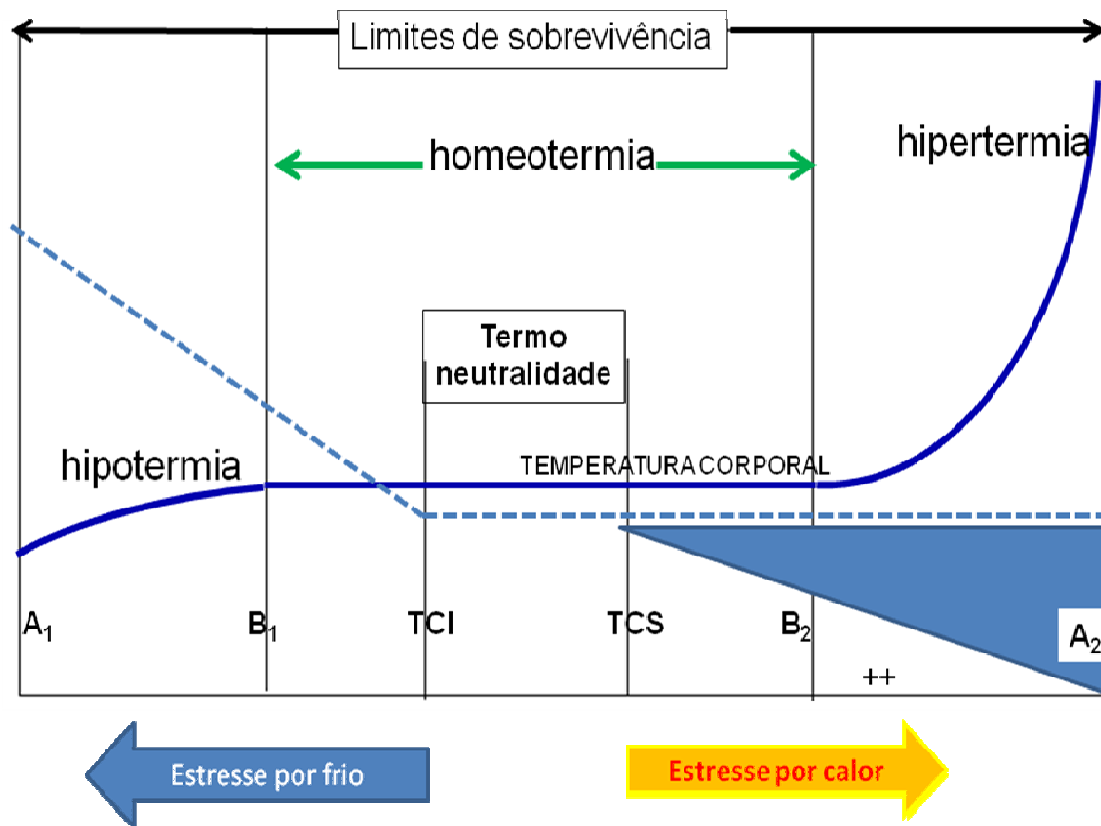
A dissipação do calor é função das condições ambientais externas. Esta dissipação ocorre por condução, convecção, radiação e evaporação, manifestando-se fisiologicamente por fenômenos como: vasodilatação periférica, variação da frequência respiratória, variação da taxa de sudação, piloereção, variação das condições da alimentação e alterações comportamentais (LIMA, 2006).

À medida que a temperatura ambiente aumenta, a eficiência das perdas de calor sensível diminui devido ao menor gradiente de temperatura entre a superfície do animal e a do ambiente. Nessa situação, o animal pode até certo ponto manter a temperatura corporal por meio de vasodilatação, que aumenta o fluxo sanguíneo periférico e a temperatura da pele, no entanto, se a temperatura ambiente continuar a subir o animal passa a depender da perda de calor por evaporação pela respiração e ou sudorese (INGRAM; MOUNT, 1975).

Quando os animais homeotérmicos estão submetidos ao conforto térmico, ou seja, estão sob termoneutralidade, não é necessário ativar os sistemas de termólise ou termogênese para manter a temperatura corporal constante (SILVA, 2008). Nessa situação o seu desempenho será otimizado pois encontra-se o animal em um ambiente ótimo, ou seja, em uma zona termoneutra. Segundo, IUPS Thermal Commission (2001), esta zona de termoneutralidade seria representada por uma faixa de temperatura ambiente na qual a regulação da temperatura é alcançada apenas pelo controle de perda de calor sensível, ou seja, sem mudanças regulatórias na produção de calor metabólico ou perda de calor por evaporação.

Conforme Silva (2008), a faixa de temperatura é representada pela temperatura crítica inferior (TCI) e a temperatura crítica superior (TCS) (Figura 2). Quando a temperatura ambiente encontra-se abaixo da TCI, há uma necessidade do organismo repor o calor perdido para o ambiente levando o animal a utilizar mecanismos de termogênese que aumenta o metabolismo progressivamente conseguindo manter a homeotermia até os limites da temperatura B1. Essas medidas são tomadas pelo organismo com o propósito de evitar a perda de energia térmica, provocada pelo estresse causado pelo frio, a partir da faixa de temperatura B1 as medidas tomadas não são suficientes para manutenção da homeotermia, e o processo vai se agravando até A1 considerada a temperatura limite de sobrevivência.

Figura 2: Variação da temperatura corporal e da produção de calor metabólico em função da temperatura ambiente modificado de Silva (2008).



O inverso também acontece quando a temperatura ultrapassa os limites da TCS, o organismo devido ao estresse de calor, utiliza de mecanismos de termólise, para dissipar o calor recebido pelo ambiente, pois o nível de produção de calor metabólico já se encontra no seu mínimo e não pode ser reduzido. Com o aumento de temperatura a necessidade térmica do organismo diminui ocorrendo um aumento no excesso de calor metabólico que deve ser dissipado (representado pela área azul). Quando é ultrapassada a temperatura B₂, os mecanismos de termólise, já não são mais suficientes para manter a homeotermia ocorrendo uma hipertermia progressiva até a falência do organismo quando atinge a temperatura A₂, no limite de sobrevivência.

Portanto, a interação entre animal e ambiente é importante quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, pois o conhecimento das variáveis climáticas, sua ação sobre as respostas comportamentais e fisiológicas dos animais, são primordiais na adequação do sistema de produção (NEIVA et al., 2004).

2.9 Efeitos do estresse por calor em bovinos leiteiros

Nas raças especializadas, e detentoras de genética favorável à produção de leite, um dos desafios permanentes é superar as limitações impostas pelos efeitos do clima que afetam a capacidade produtiva e reprodutiva desses animais (PEREIRA, 2005). Segundo o mesmo autor, reconhece-se que altas taxas de produção de leite estão associadas a elevadas taxas de metabolismo basal, que geram excesso de calor corporal que precisa ser dissipado para o meio ambiente. O processo de ingestão e digestão dos alimentos gera em torno de 25 a 30% do calor corporal da vaca leiteira a ser dissipado para o ambiente (FERRO, 2011). Assim, as vacas leiteiras diminuem a produção de leite para reduzir a produção e liberação de calor (FERREIRA, 2005).

Com a diminuição na produção de leite de 10 a 20%, a frequência respiratória acima de 80 movimentos por minuto, temperatura retal maior que 39,2°C em 70% dos animais do lote, pode-se constatar desconforto térmico nos animais. O estresse por calor leva ainda a uma redução de 10 a 15% na ingestão de alimentos, aumento no consumo de água e mudança de comportamento (DHIMAN; ZAMAN, 2001).

Segundo Marcheto et al. (2002), a redução no consumo de alimentos é tanto maior quanto mais intenso é o estresse térmico e é atribuída à inibição, pelo calor, no centro do apetite, localizado no hipotálamo. Animais submetidos à esta condição reduzem o consumo de matéria seca e a eficiência de utilização dos nutrientes, tornando-se necessário o fornecimento de “dieta fria” com maior densidade de nutrientes de forma que a produção de leite não decline bruscamente quando comparada à condição de termoneutralidade (PIMENTEL et al., 2007).

Portugal et al. (2000), estudaram o padrão de alimentação e a ingestão de água em vacas primíparas e multíparas da raça Holandesa confinadas em *freestall*, em diferentes combinações de temperatura ambiente e umidade relativa do ar. A interação temperatura ambiente/umidade do ar diminui a ingestão de alimento e aumentou o consumo de água das vacas e novilhas nas coletas de verão em relação às outras estações.

Estudando risco de perdas na produção leiteira em Minas Gerais, Oliveira et al. (2010), constataram que nas condições de estresse térmico em fevereiro os animais se encontram fora da zona de conforto, estimando-se decréscimo na

produção de leite de mais de 2,0 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹ e no consumo alimentar de até 4,5 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹, especialmente naquelas com maiores níveis de produção.

Marcheto et al. (2002), conduziram um estudo com vacas Holandesas de produção diária de leite de 29 e 14 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹, alojadas em sistema *freestall*. Não foi encontrada correlação significativa entre valores do índice de temperatura e umidade com o declínio de produção de leite. Porém, segundo os autores, temperaturas elevadas e alto valor de umidade podem agravar a situação de estresse por calor, levando diminuição na produção de leite e redução no consumo alimentar.

O aumento da temperatura ambiente pode causar também problemas na taxa de concepção de animais em ambiente estressante. Pires et al. (2002) estudaram a taxa de gestação de vacas em lactação e de novilhas confinadas em *freestall* durante o inverno e o verão, em 1993, 1994 e 1995. A taxa de gestação das vacas em lactação foi menor no verão (45,7%) que no inverno (71,2%). Entre as novilhas 85,4% ficaram gestantes no verão e 78,3% no inverno, devido às diferenças metabólicas e estruturais entre as duas categorias de animais. Assim, segundo o mesmo autor, é provável que os valores da TA e UR observados, aliados à baixa produção de calor metabólico, não foram suficientes para desencadear um processo de estresse calórico nas novilhas capaz de provocar baixo desempenho reprodutivo.

O estresse térmico também causa uma acentuada diminuição na circulação uterina, a qual está associada à diminuição na taxa de concepção, redução do crescimento fetal e alteração da função placentária. Essas alterações oriundas do estresse térmico podem ser responsáveis pelo baixo desempenho reprodutivo (LIMA, 2006).

Portanto, num país de clima tropical/subtropical como o Brasil, as vacas leiteiras, principalmente da raça Holandesa, estarão a maior parte do ano submetidas a temperaturas maiores que as desejadas (PERISSINOTTO et al. 2007). Dessa forma, poderão reduzir a produção de leite e apresentar falhas na reprodução.

2.10 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Estresse por calor é causado pela combinação de fatores ambientais, como temperatura do ambiente, umidade do ar, velocidade vento, etc. Alguns índices, chamados índices ambientais são valores únicos que representam essa combinação de fatores para mensurar o estresse por calor sentido pelos animais (BOHMANOVA et al., 2007).

Índices ambientais são diferentes de índices de conforto térmico, segundo Silva (2008). Para este autor os índices de conforto térmico só podem ser definidos em função de reações fisiológicas dos organismos, cujas medidas devem ser incluídas na estruturação dos mesmos. Por sua vez índices ambientais devem envolver somente fatores ambientais, desde que sejam relevantes ao organismo em questão.

Um dos índices térmicos proposto por Thom, (1957) primeiramente para humanos e posteriormente adaptado para animais é o índice de temperatura e umidade (ITU), com diferentes fórmulas propostas Bianca, (1962); National research council, (1971); Yousef, (1985). Apesar de existirem índices de conforto térmico mais completo que o ITU, esse tem sido muito utilizado por envolver apenas informações meteorológicas normalmente disponíveis em estações meteorológicas e em bancos de dados obtidos a partir de imagens de satélite (SOUZA et al., 2010).

Bohmanova et al. (2007) compararam esses diferentes ITUs como indicadores na perda de produção leiteira durante o estresse por calor, que se diferenciam pelo tipo de mensuração do gradiente de vapor de água presente na atmosfera. Essa mensuração pode ser feita utilizando umidade relativa do ar, temperatura de ponto de orvalho, temperatura de bulbo úmido, dando ao índice diferentes pesos entre a temperatura do ar e a quantidade de umidade presente no mesmo. Sendo que ambientes úmidos seriam mais bem representados por índices com maior ênfase na umidade.

Eigenberg et al. (2007) desenvolveram com base no ITU um sistema de monitoramento climático do tempo para animais confinados em tempo real. Com isso os produtores com dados de temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento saberiam a situação de estresse por calor que os animais sofriam. Esse estresse seria então medido em escalas de grau que iam de (1) a (4) onde: 1: normal; 2: alerta; 3: perigo e 4: emergência.

Para uma melhor compreensão do nível de estresse que o ITU revela foram criadas categorias que melhor expressam as condições estressoras do ambiente. Relacionando temperatura e umidade para determinado valor de ITU, foi criada uma tabela (Figura 3) para medir e avaliar condições de estresse em confinamentos de gado de corte, leite e suínos, sendo esta utilizada por Nienaber e Hahn (2004).

Figura 3: Categorias do ITU com relação as variáveis climáticas para bovinos e suínos em confinamento (USDC-ESSA, 1970).

	Umidade Relativa %																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Temperatura °C	20	63	63	63	64	64	64	64	65	65	65	66	66	66	67	67	67	67	68	68
	22	65	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	71	71	72
	24	66	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75
	26	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	77	77	78	79
	28	70	70	71	72	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	80	80	81	82
	30	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85
	32	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89
	34	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	84	85	86	87	88	89	90	91	92
	36	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96
	38	78	79	81	82	83	84	85	86	88	89	90	91	92	93	95	96	97	98	99
	40	80	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103

Os valores de ITU menor ou igual a 74 caracterizam situação normal, em alerta de 75 a 78, perigo 79 a 83 e de emergência quando for maior ou igual a 84 (USDC-ESSA, 1970).

Rosenberg et al. (1983) consideram o ITU nas seguintes amplitudes: entre 75 e 78 como alerta aos produtores (providências são necessárias para evitar perdas); de 79 a 83 significa perigo (principalmente para os rebanhos confinados e medidas de segurança devem ser empreendidas para evitar perdas desastrosas); e ITU igual ou superior a 84 caracteriza emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

Uma re-avaliação do ITU confirmou que os valores atuais subestimam a gravidade dos níveis de estresse por calor. Um ITU igual ou superior a 72 tem sido usado para definir o início do estresse térmico, mas foi demonstrado que um ITU maior ou igual a 68 é o suficiente para causar efeitos adversos quando as vacas sofrem de estresse por calor. Além disso, quando média de ITU é de 68 ou superior, a perda de

produção de leite torna-se altamente significativa após 17 horas de exposição (ZIMBELMAN; COLLIER, 2011).

Estudando os impactos das mudanças climáticas sobre a produção leiteira, Silva et al. (2010), identificaram por meio da inversão da equação de declínio de produção leiteira (DPL), que valores nulos de DPL são obtidos quando os valores de ITU são iguais ou inferiores a 74,3; 72,3 e 71,6 para os níveis de produção de 10, 20 e 30 kg.animal⁻¹.dia⁻¹, respectivamente. Esses valores críticos indicam o início da redução da produção de leite, de acordo com o nível de produção, sendo que os animais mais produtivos são mais sensíveis ao estresse térmico.

Um estudo feito por Klosowski et al. (2002) sobre declínio na produção de leite (DPL) para seis níveis de produção normal (10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg.dia⁻¹.vaca⁻¹) na região de Maringá, PR, constataram que os valores de ITU ultrapassaram o limite crítico para gado de leite (ITU>75), principalmente no verão. Verificando que animais de maior potencial de produção tendem a apresentar maior declínio na produção.

Segundo Huhnke et al. (2001) apud Lima (2006), o ITU quando se encontra acima de 76 durante a noite, indica uma situação de perigo para o gado em confinamento. Souza et al. (2010) observaram-se que em valores de ITU entre 77,9 e 83,9, humanos e animais podem sofrer algum grau de estresse térmico durante as horas mais quentes do dia, afetando ambos negativamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. A região em questão é uma das 12 mesorregiões do estado de Minas Gerais, e está dividido em sete microrregiões (Figura 4).

Figura 4: Mapa das microrregiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG.



Fonte: http://www.minas-gerais.net/diretorio/index.php?cat_id=760

O zoneamento da região em função da ocorrência de ondas de calor foi baseado no cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), nas perdas da produção leiteira (DPL) e redução do consumo alimentar (RCA) ocasionadas por esses eventos climáticos extremos, utilizando metodologia adaptada de Lima (2006). O experimento foi dividido conforme a descrição a seguir:

3.1 Levantamento histórico dos dados climáticos

O levantamento dos dados climatológicos de períodos variando de quatro a onze anos entre 2000-2010, obtidos das seguintes bases de dados: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do posto meteorológico do Laboratório de climatologia e recursos hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal

de Uberlândia (IG/UFU), com dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar em três horários do dia (09h00min; 15h00min; 21h00min).

Nove estações climatológicas foram analisadas para representar o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, tendo pelo menos uma estação climatológica representando cada microrregião.

As estações meteorológicas (Tabela 1) foram distribuídas espacialmente (Figura 5).

Tabela 1: Representação das estações climatológicas da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG, 2011.

Localidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Intervalo de anos
Ituiutaba	-18,96	-49,51	560,00	2000-2010*
Capinópolis	-18,71	-49,55	620,60	2000-2010
Frutal	-20,03	-48,93	543,67	2000-2010
Uberlândia	-18,55	-41,15	869,00	2000-2010
Uberaba	-19,73	-47,95	737,00	2000-2010
Patrocínio	-19,00	-46,58	976,00	2006-2010
Sacramento	-19,53	47,26	912,00	2006-2010
Patos de Minas	-18,51	-46,43	940,28	2000-2010
Araxá	-19,60	-46,93	1023,61	2000-2010

Fonte: Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Nota: * Ano de 2002 não consta por falta de dados

$$P_p\{T_a\} = UR \times P_s\{T_a\} / 100 \quad (2)$$

Onde:

$P_p\{T_a\}$ = pressão parcial de vapor em kPa

T_a = temperatura do ar em °C

UR = umidade relativa

$P_s\{T_a\}$ = Pressão de saturação em kPa

$$T_{po} = 273,15 \times [0,971452 - 0,057904 \ln(P_p\{T_a\})]^{-1} - 273,15 \quad (3)$$

Onde:

T_{po} = temperatura de ponto de orvalho em °C

$P_p\{T_a\}$ = pressão parcial de vapor em kPa

Depois de calculado T_{po} calculou – se o ITU (YOUSEF, 1985) para cada horário utilizando a seguinte fórmula:

$$ITU = T_a + 0,36T_{po} + 41,2 \quad (4)$$

Onde:

T_a = temperatura do ar em °C.

T_{po} = temperatura de ponto de orvalho em °C.

A classificação dos valores de ITU nas diferentes categorias seguiu a Figura 3 citada anteriormente, para descrição dos valores de segurança do ITU segundo USDC-ESSA (1970).

3.3 Definição de ondas de calor

Considerando que um valor crítico para análise de ondas de calor pode ser explicada pelo fato de uma provável adaptação dos animais às condições climáticas, adotou-se valores de ITU acima de 80 para que fosse possível adotar uma correlação entre estresse de calor e índice ambiental (LIMA, 2006).

Devido a isto, foram utilizados os conceitos de ondas de calor de AMS (1989); Environment Canadá (1996) e também a definição utilizada por Lima (2006). Primeiramente foram considerados todos os possíveis eventos de onda de calor, no qual apresentavam um ITU com valor maior ou igual a 81 por no mínimo três dias consecutivos, e este valor ou maior ter ocorrido em pelo menos um dos horários registrados pela estação meteorológica. Uma segunda condição proposta neste estudo foi que neste valor de ITU maior ou igual a 81 fosse atingida uma temperatura igual ou superior a 32°C também por no mínimo três dias e em pelo menos um horário do dia, considerando este evento como efetiva ocorrência de onda de calor.

3.4 Cálculo das Perdas Estimadas no Declínio de Produção Leiteira (DPL) e Redução do Consumo Alimentar (RCA)

As simulações de perdas produtivas e também da redução do consumo alimentar foram realizadas durante os eventos de ondas de calor para cada estação climatológica, utilizando as seguintes fórmulas propostas por Berry et al. (1964) e por Hahn e Osburn (1969), respectivamente:

$$DPL = -1,075 - 1,736(PN) + 0,02474(PN).(ITU) \quad (5)$$

Onde:

DPL = declínio absoluto na produção de leite (kg.vaca⁻¹.dia⁻¹)

PN = nível normal de produção de leite (kg.vaca⁻¹.dia⁻¹)

ITU = valor do Índice de Temperatura e Umidade (adimensional) medido durante o evento extremo, a onda de calor.

O PN é utilizado para representar uma situação em que o animal apresenta produtividade normal sob condições de termoneutralidade. Para este trabalho considerou – se os valores de NP de 10, 20 e 30 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹.

$$RCA = - 28,23 + 0,391 (ITU) \quad (6)$$

Onde:

RCA = Redução do Consumo Alimentar (kg.vaca⁻¹.dia⁻¹)

ITU = valor do Índice de Temperatura e Umidade (adimensional) medido durante o evento extremo, a onda de calor.

3.5 Zoneamento bioclimático

Para o zoneamento bioclimático da mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba foi feito o cálculo do ITU médio de cada ano com os dados retirados de cada estação meteorológica, sendo que cada microrregião tinha pelo menos uma estação nela localizada. A confecção dos mapas com os ITUs médios foi feita pelo *software* AutoCad.

Os seguintes aspectos foram avaliados para o estudo do zoneamento climático da região:

- Representação gráfica das médias anuais dos ITUs encontrados na estações climatológicas dos últimos 11 anos (2000-2010);
- Representação gráfica do comportamento do ITU durante os meses;
- Classificação dos valores médio do ITU para as categorias de alerta, perigo, emergência, noturno;
- Valor médio do ITU noturno considerando valores superiores a 76 (situação de “perigo” quando este valor ocorre no período noturno);
- Análise descritiva da ocorrência de ondas de calor em cada estação.

Na descrição dos eventos de ondas de calor foram registrados o número de dias e eventos prováveis, considerando ITU maior ou igual a 81, número de dias e eventos efetivos, considerando além de ITU maior que 81 e temperatura do ar superior a 32°C. Foi avaliado também os meses de maior frequência de ondas de calor. As Perdas na produção leiteira e a diminuição no consumo de alimentos, durante as efetivas ocorrências de ondas de calor.

3.6 Classificação e comparação das estações em relação ao DPL e RCA estimado

Uma classificação das cidades onde foi constatada presença de eventos efetivos de ondas de calor foi feita por análise de componentes principais das variáveis RCA, DPL10, DPL20 e DPL30, pelo programa estatístico SAEG (2011), obtendo – se um escore. Foi realizado também uma comparação entre estas cidades em relação às mesmas variáveis e o escore obtido pelo método de componentes principais, por meio de correlação não paramétrica utilizando Teste de *Fridman*, com $p < 0,05$ pelo programa estatístico INSTAT.

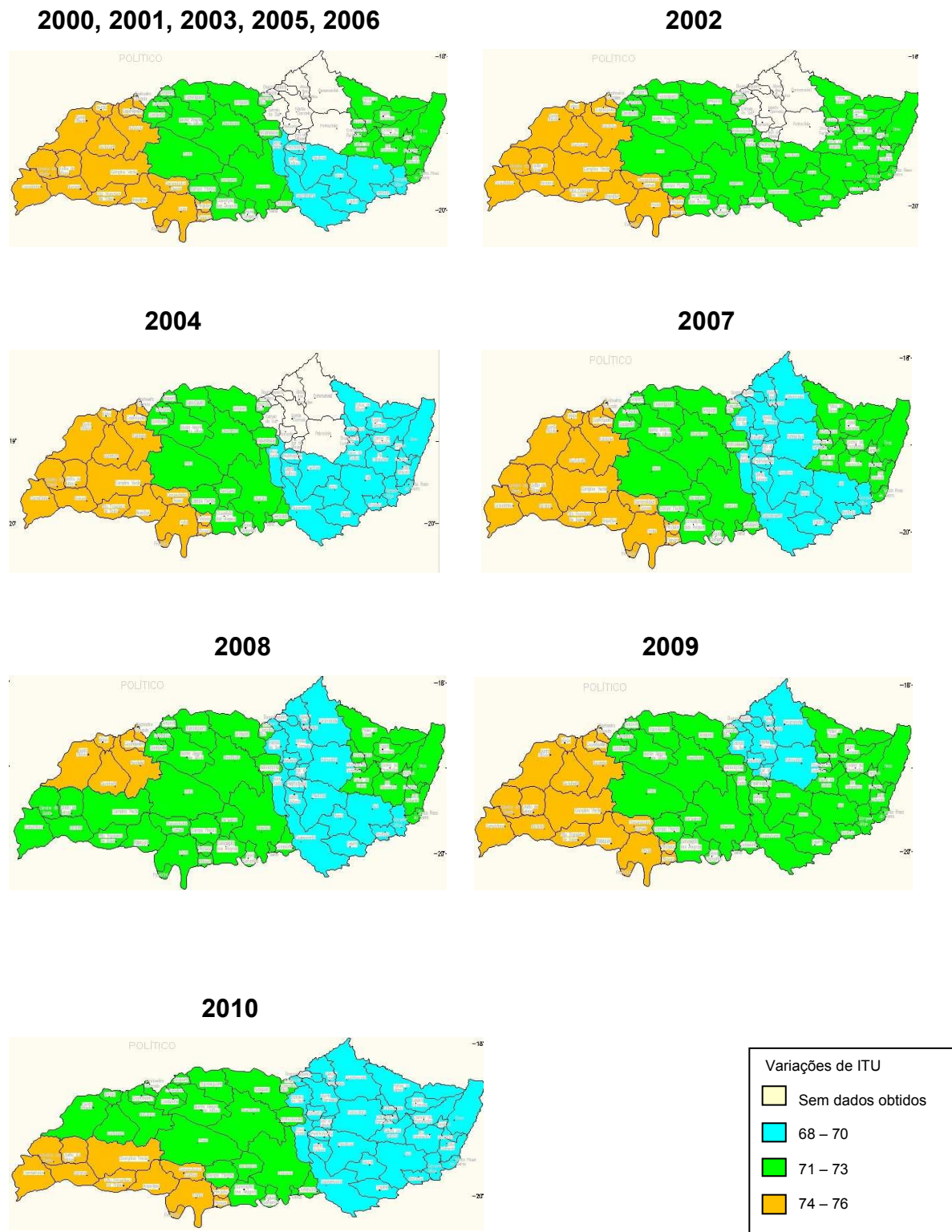
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de ITU das cidades (Figura 6) variaram durante os onze anos de estudo entre 68, menor valor encontrado e 76, maior valor encontrado nas cidades de Sacramento e Ituiutaba, respectivamente. Resultados semelhantes também foram encontrados por Silva Junior (2010), em um zoneamento na região sudeste, sendo o ITU no período mais quente de 78 e menor que 70 nos meses mais frios.

Em 2000, 2001, 2003, 2005, 2006 as microrregiões apresentaram um comportamento semelhante, com as áreas de Ituiutaba e Frutal consideradas de maior risco para criação leiteira, com ITU médio de 76. Valores estes que corroboram com Oliveira et al. (2010), que encontraram ITU na região do leste de Minas Gerais entre 74 e 78, caracterizando situação de alerta na região.

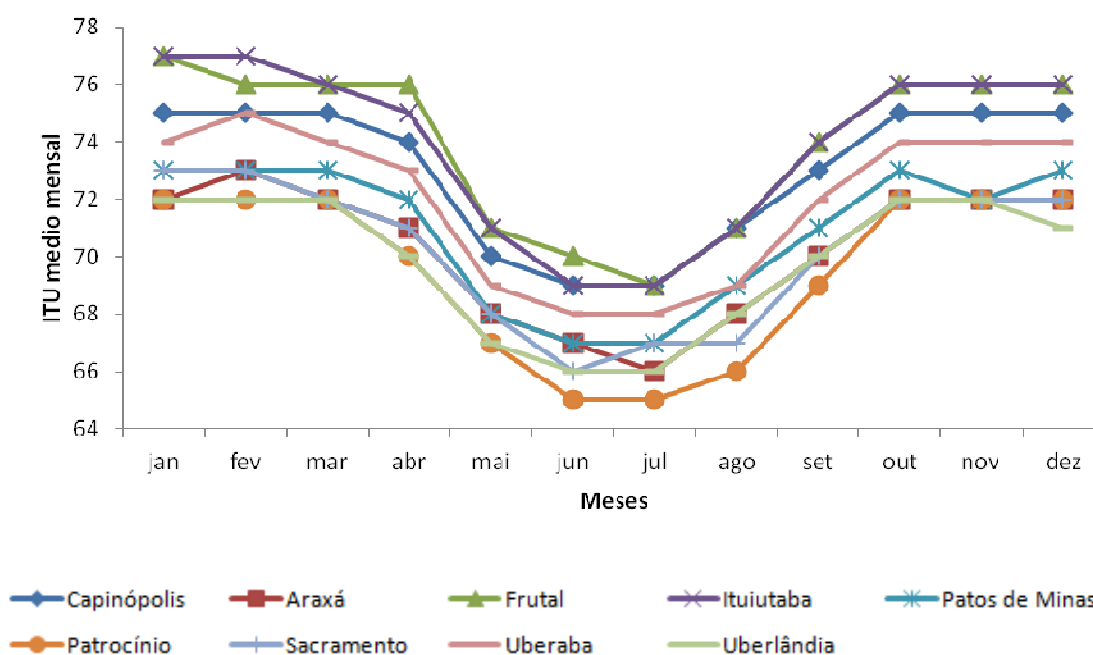
Em 2009 a ocorrência de maiores temperaturas consequentemente maiores ITUs foi observada, em todas as cidades do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba representadas neste estudo, com exceção da microrregião de Patrocínio que apresentou-se fora na categoria de risco tendo ITU menor que 70.

Figura 6 - Variação anual de ITU das microrregiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG de 2000 a 2010.



Os maiores ITUs foram encontrados em janeiro e fevereiro porém, das nove estações climáticas estudadas as que apresentaram valores acima do normal para gado leiteiro, foram Uberaba, Capinópolis, Frutal e Ituiutaba (Figura 7). Resultados semelhantes foram encontrados por Klosowisk et al. (2002) que estudaram o declínio de produção de vacas em Maringá – PR onde nos meses mais quentes foram encontrados ITU acima de 75.

Figura 7 - Comportamento do ITU médio mensal das cidades do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG, com estações climatológicas de 2000 a 2010.



As microrregiões de Ituiutaba, Frutal e Capinópolis e Uberaba, foram as que apresentaram maiores ITUs no verão, em dezembro, janeiro e fevereiro. E apenas as regiões de Ituiutaba e Frutal apresentaram-se com maiores valores na categoria de alerta para vacas, segundo classificação de USDA.

No Brasil, Oliveira et al. (2006) realizaram na região sudeste zoneamento climático no qual observaram comportamento sazonal do valor de ITU, sendo que de janeiro a julho tendência de resfriamento da região, posteriormente seguida por aquecimento até dezembro. Este comportamento foi observado no presente estudo.

Os valores médios dos ITUs nas diferentes categorias e incluindo ITU noturno (Tabela 2) foram obtidos utilizando a classificação da USDA (Figura 3).

Para o ITU noturno foi imposta a condição de $ITU \geq 76$, que caracterizava situação de risco para os animais. É importante reforçar que, em condições de dias

quentes, o corpo da vaca se aquece e consegue conservar esse calor recebido por meio de radiação solar e de outros animais e dissipá-lo durante a noite, quando a temperatura normalmente estará mais amena, assim recuperando da condição de estresse sofrida durante o dia (FERREIRA, 2005).

Todas as cidades estudadas do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, com exceção de Patrocínio, apresentaram ITU noturno ≥ 76 revelando assim que a temperatura a noite representava risco à produção leiteira. Lima (2006) ao realizar um zoneamento climático na região de São Paulo encontrou valores de ITU noturno maiores, chegando a 81 no município de Monteiro Lobato. As cidades de Patos de Minas e Sacramento apresentaram os menores ITUs noturnos, dentro da condição imposta.

Com relação às categorias todas as cidades com exceção de Patos de Minas, Patrocínio e Sacramento atingiram ITUs em todas as categorias de risco (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de ITU médio, ITU noturno e suas diferentes categorias encontradas no intervalo de anos correspondente ao banco de dados de cada estação meteorológica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, MG.

Cidades	ITU	ITU			
	Médio	Noturno	Alerta	Perigo	Emergência
Araxá	70	77	76	80	85
Capinópolis	73	77	76	81	84
Frutal	74	77	76	81	84
Ituiutaba	74	77	76	81	84
Patos de Minas	71	76	76	79	0
Uberaba	72	77	76	80	85
Uberlândia	73	77	76	80	84
Patrocínio	69	0	76	80	0
Sacramento	70	76	76	80	0

Lima (2006) estudando a influência de ondas de calor no Estado de São Paulo relata que o número de horas de estresse a que são submetidos os animais é extremamente importante, uma vez que, valores na categoria de perigo são muito mais danosos à produção animal quando ocorrem durante um grande número de horas em dias seguidos do que os ITUs na categoria de emergência ocorrendo em poucos horários. Porém neste estudo não foi possível relatar o número de horas, por se tratar de dados climatológicos de estações meteorológicas convencionais, ou seja, com apenas três horários diários. Devido a isso foi feito a somatório do número de ocorrência dos ITUs noturnos e das categorias (Tabela 3).

A categoria alerta foi a que apresentou maior ocorrência durante o período estudado (2000-2010), com 10.917, sendo Uberlândia com maior número entre as cidades. Nas categorias perigo, emergência e ITU noturno as maiores ocorrências foram nas cidades de Ituiutaba e Frutal.

Comparando as Tabelas 2 e 3 pode se observar que mesmo que algumas estações tenham alcançado maiores valores de ITU, o número de ocorrências foi baixo, como por exemplo, Araxá que na categoria de emergência apresentou um valor médio de ITU de 85 ocorrido apenas uma vez, situação esta que é muito menor que em outras localidades, como Frutal que apresentou na mesma categoria um valor de ITU médio de 84 porém, com 116 ocorrências nesta condição. De acordo com Lima (2006), a identificação do número de horas do ITU em qualquer uma das categorias é importante na caracterização do estresse animal, pois uma única hora em que o ITU alcançou 85 não necessariamente terá um efeito severo sobre a produção, devido a capacidade de manter a homeostase, sem ocorrer grandes perdas.

Tabela 3 - Número de ocorrência de ITU noturno e das diferentes categorias encontradas no intervalo de anos correspondente ao banco de dados de cada estação meteorológica da região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – MG

Estações	Noturno	Alerta	Perigo	Emergência
Araxá	6	1253	174	1
Capinópolis	89	1770	1313	12
Frutal	690	1705	1381	116
Ituiutaba	309	1752	1544	116
Patos de Minas	4	1490	245	0
Uberaba	15	1788	961	10
Uberlândia	213	1795	946	8
Patrocínio	0	60	8	0
Sacramento	1	153	31	0

4.1 Análise descritiva das ondas de calor

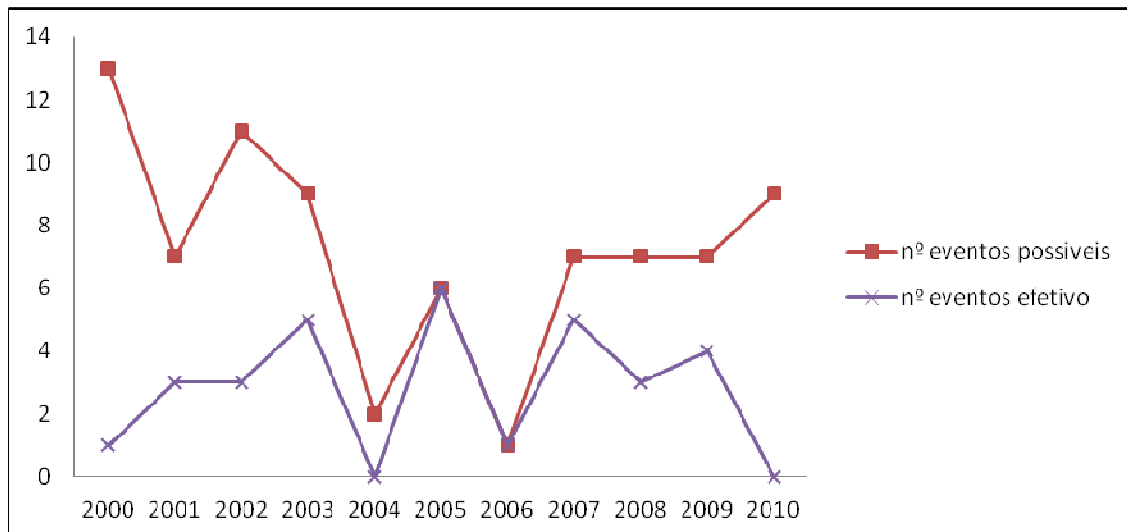
Entre as nove cidades do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba representadas neste estudo para análise de ocorrência de ondas de calor, três delas não apresentaram nenhum evento extremo no intervalo de anos correspondente ao banco de dados de cada estação meteorológica sendo elas, Araxá, Patrocínio, Sacramento.

Capinópolis

A estação meteorológica de Capinópolis apresentou 271 dias com probabilidade de ocorrência de ondas de calor de 2000 a 2010. Dentre estes dias foram encontrando 76 prováveis eventos. Seguindo a definição estabelecida de Onda de Calor e considerando apenas os eventos com temperaturas acima de 32°C, consideraram-se do total de 76 prováveis eventos apenas 35 ondas de calor são consideradas eventos efetivos, apresentando um total de 137 dias.

A figura 8 mostra o número de eventos de ondas de calor possíveis e efetivos, encontrados no período de 11 anos. Em 2004 e 2010 apresentaram somente prováveis eventos, sem efetivas ondas de calor, enquanto os demais anos apresentaram efetivas ondas de calor, que ocorreram nos meses mais quentes, com prevalência do mês de outubro.

Figura 8 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Capinópolis – MG, de 2000 a 2010.

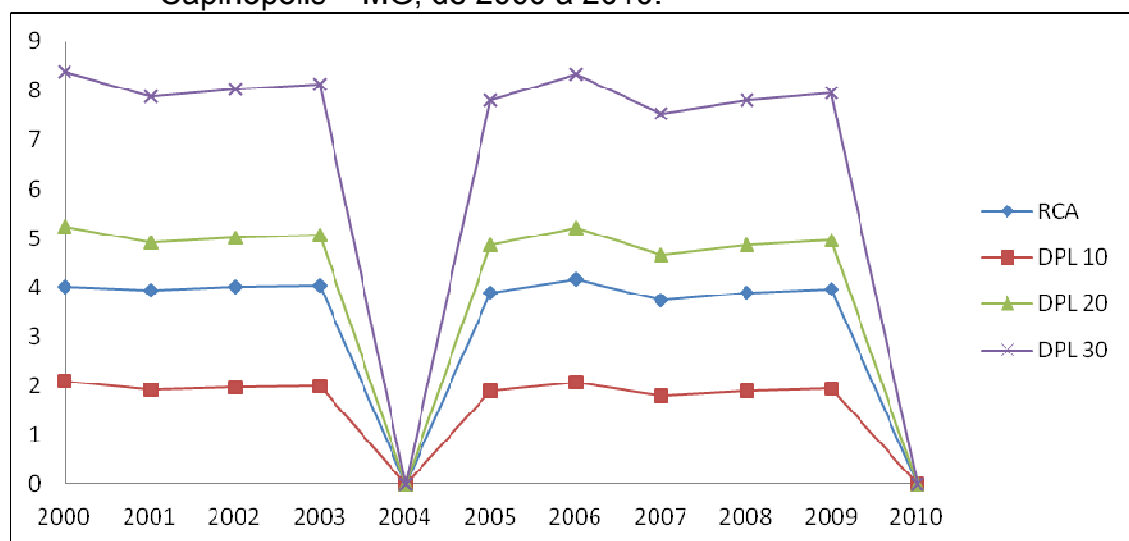


Com relação ao DPL e RCA foram quantificadas as perdas no período de ocorrência de efetivas ondas de calor, para se obter uma estimativa das perdas produtivas ocorridas durante esses eventos (Figura 9).

Nos anos com maiores ocorrências de ondas de calor o declínio na produção leiteira foi em média de 1,90; 4,88; 7,86 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹, para vacas com PN de 10, 20 e 30 kg de leite, respectivamente e RCA de 3,91 kg.animal⁻¹.dia⁻¹.

O maior valor de DPL para os diferentes níveis de produção e também RCA foi em 2000, e neste ano apenas um evento efetivo foi observado, porém por um período de 14 dias consecutivos. Evidenciando que a duração dos eventos são mais prejudiciais que a quantidade de ondas de calor.

Figura 9 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL 20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Capinópolis – MG, de 2000 a 2010.



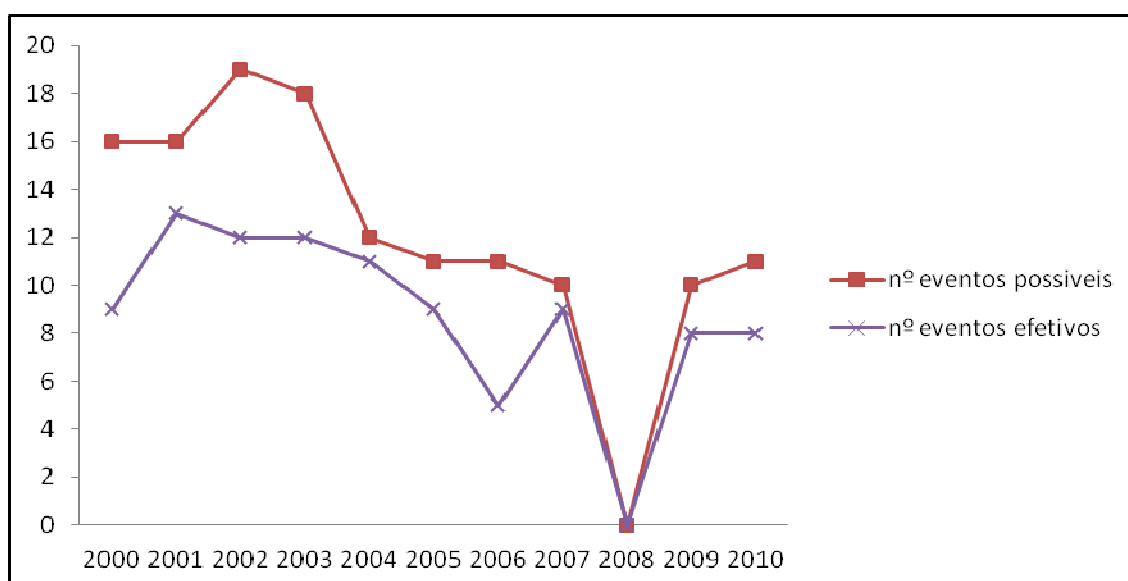
Frutal

A estação meteorológica de Frutal apresentou 721 dias com probabilidade de ocorrência de ondas de calor entre os anos de 2000 a 2010. Dentre estes dias foram encontrados 134 possíveis eventos. Seguindo a definição estabelecida de Onda de Calor e considerando apenas os eventos com temperaturas acima de 32°C, foram encontrados 96 efetivas ocorrências de onda de calor dentro das 134 possíveis ondas, apresentando um total de 533 dias.

Em 2002 foi observado um maior número de dias prováveis com 114 dias (Figura 10). Ao comparar os anos de 2002 e 2003 estes apresentaram o mesmo número de eventos efetivos, porém o primeiro apresentou maior número de eventos prováveis. Em 2008 nenhum evento extremo foi registrado. Já 2009 e 2010, quando analisados o número de eventos efetivo foi o mesmo, porém em 2010 um maior número de eventos prováveis foi observado.

As ondas de calor se concentraram nos meses mais quentes do ano, sendo em número de eventos novembro o de maior concentração, com 13 eventos no período de 11 anos seguidos de outubro e setembro, ambos com 11 efetivos eventos, porém quando se analisou o número de dias, outubro teve 101 dias de eventos efetivos e novembro apenas 71 no período de 2000 a 2010.

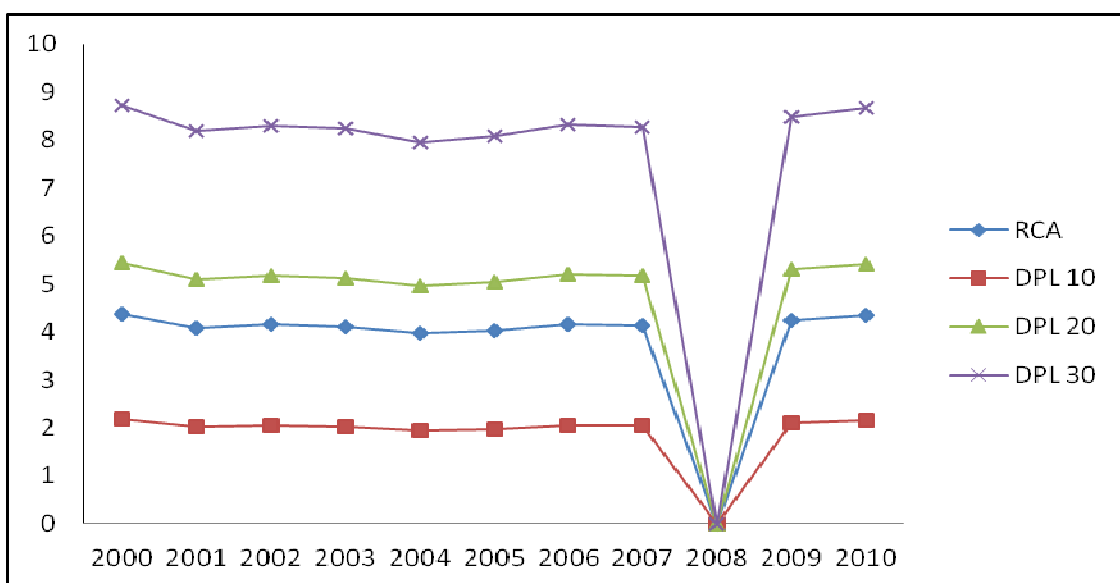
Figura 10 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Frutal – MG, de 2000 a 2010.



Comparando os gráficos representados pelas figuras 10 e 11 observa-se que os anos de 2000, 2009 e 2010 mostraram os maiores valores de DPL e RCA, porém as ocorrências de ondas de calor não foram as maiores dentro dos 11 anos estudados. Dentre esses anos, 2000 foi o que apresentou maior DPL para PN de 10, 20, 30 com valores de 2,19; 5,42 e 8,71 $\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, e RCA de 4,36 $\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$.

Ao comparar 2000 e 2001, apesar deste ter tido um maior número de eventos efetivos não apresentaram maior DPL e RCA, sendo explicado pelo o fato de que o número de dias dos eventos efetivos foi menor em 2001, ocasionando um menor valor de ITU. Isto pode ser observado também em 2006 que apresentou cinco eventos efetivos e possuiu uma DPL alta com perdas de até 8,32 $\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e RCA de 4,16 $\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ devido a média de ITU durante os eventos ser de 83.

Figura 11 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL 20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Frutal – MG, de 2000 a 2010.

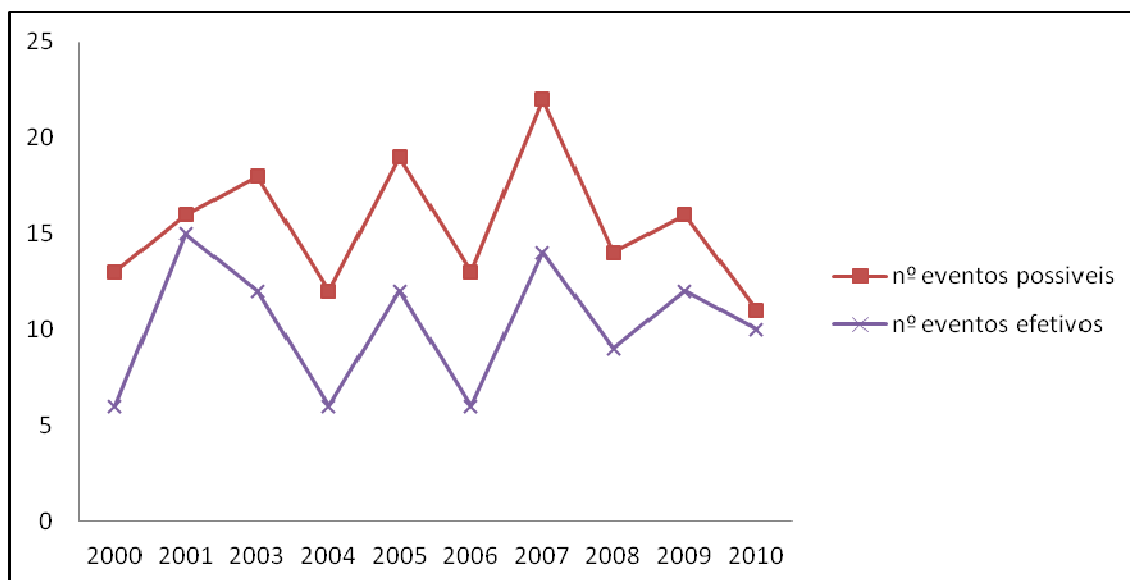


Ituiutaba

Em Ituiutaba houve 866 dias com probabilidade de ocorrência de ondas de calor em 2000, 2001 e de 2003 a 2010, exceto 2002 no qual não havia dados meteorológicos deste ano. Dentre estes dias foram encontrados 162 possíveis eventos. Seguindo a definição estabelecida de Onda de Calor e considerando apenas os eventos com temperaturas acima de 32°C, ocorreram 109 efetivas ocorrências de onda de calor dentro das 162 possíveis ondas, apresentando um total de 556 dias. A região de Ituiutaba foi a que apresentou dentre todas as cidades estudadas o maior número de dias e eventos efetivos de ondas de calor.

O ano que apresentou maior número de eventos possíveis foi o de 2007 (Figura 12), porém 2001 apresentou maior número de eventos efetivos, com 15. Em relação aos meses que mais ocorreram ondas de calor durante os dez anos estudados, houve uma concentração de ondas de calor em outubro e novembro.

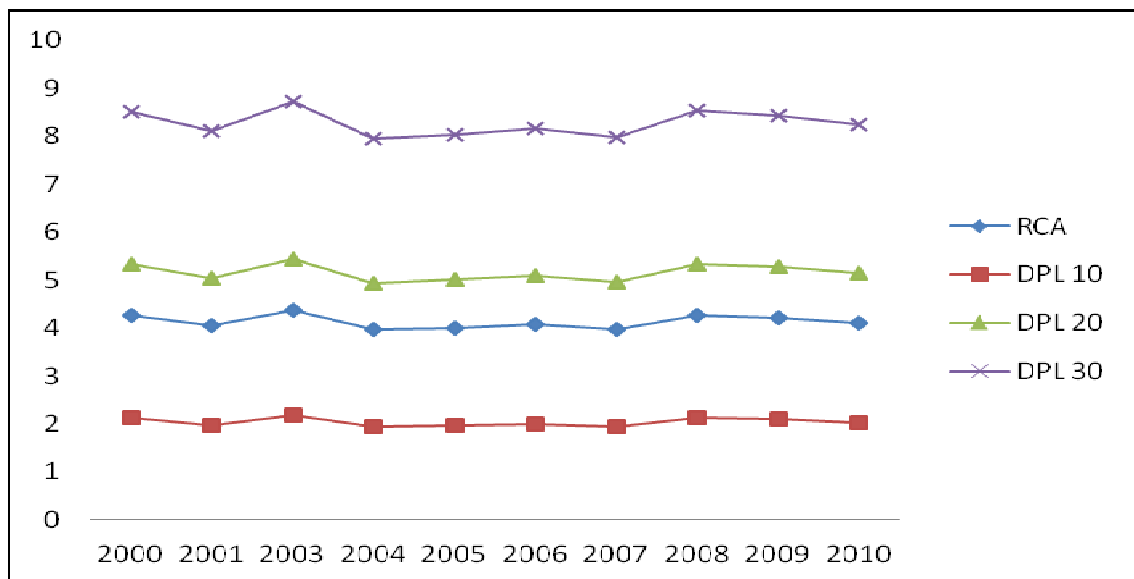
Figura 12 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Ituiutaba – MG, de 2000 a 2010.



Ao analisar os DPLs e RCA médio dos anos onde ocorreram eventos efetivos de ondas de calor na cidade de Ituiutaba – MG (Figura 13) observou-se que apesar de 2001 ter o maior número de eventos efetivos, as estimativas de DPL e RCA

foram menores isto porque a média de duração destes eventos foi de cinco dias e ITU de 82. Já em 2003 apresentou os maiores valores de DPL e RCA sendo estes 2,19; 5,45; 8,73 para NP de 10, 20 e 30 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹ e 4,36 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹, respectivamente, e também o maior ITU com valor de 83.

Figura 13 - Gráfico dos valores de RCA (kg.vaca⁻¹.dia⁻¹) e DPL10, DPL 20, DPL30 (kg.vaca⁻¹.dia⁻¹), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Ituiutaba – MG, de 2000 a 2010.

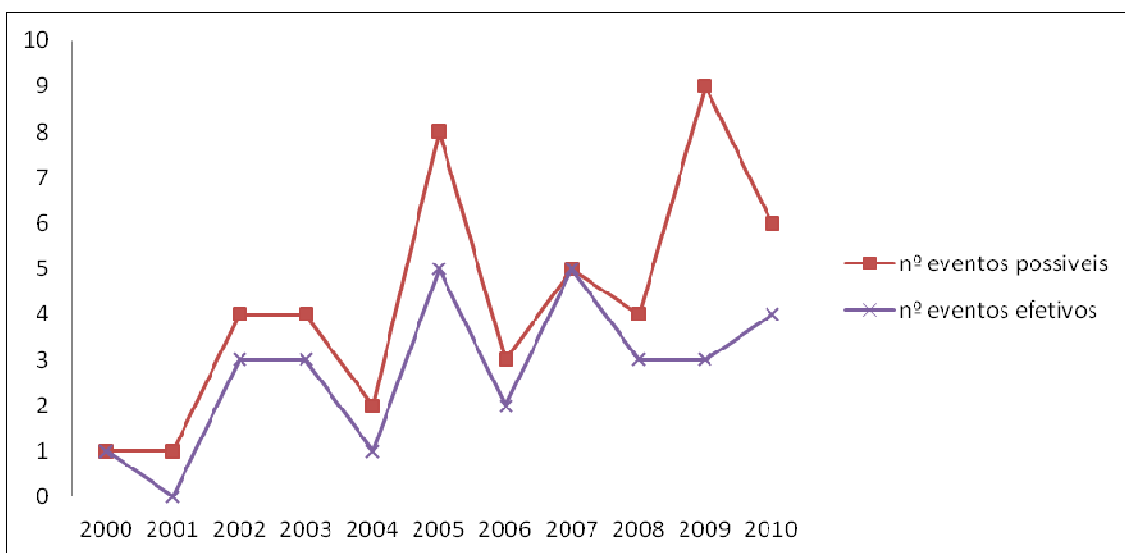


Uberaba

A estação meteorológica de Uberaba apresentou 166 dias com probabilidade de ocorrência de ondas de calor de 2000 a 2010, dentre estes dias foram encontrados 42 possíveis eventos. Seguindo a definição estabelecida de Onda de Calor e considerando apenas os eventos com temperaturas acima de 32°C, ocorreram 29 efetivas ocorrências de onda de calor dentro das 42 possíveis ondas, apresentando um total de 29 dias.

Em 2001 não foi observado efetivo evento de onda de calor (Figura 14). O ano que apresentou o maior número de eventos possíveis foi em 2009, já em 2005 foi encontrado o maior numero de dias com ITU maior ou igual a 81. Em 2007 todos os eventos possíveis foram considerados como efetivas ondas de calor, pois apresentaram temperatura superior a 32°C e ITU maior ou igual a 81, sendo que o maior número de dias foram encontrados em março.

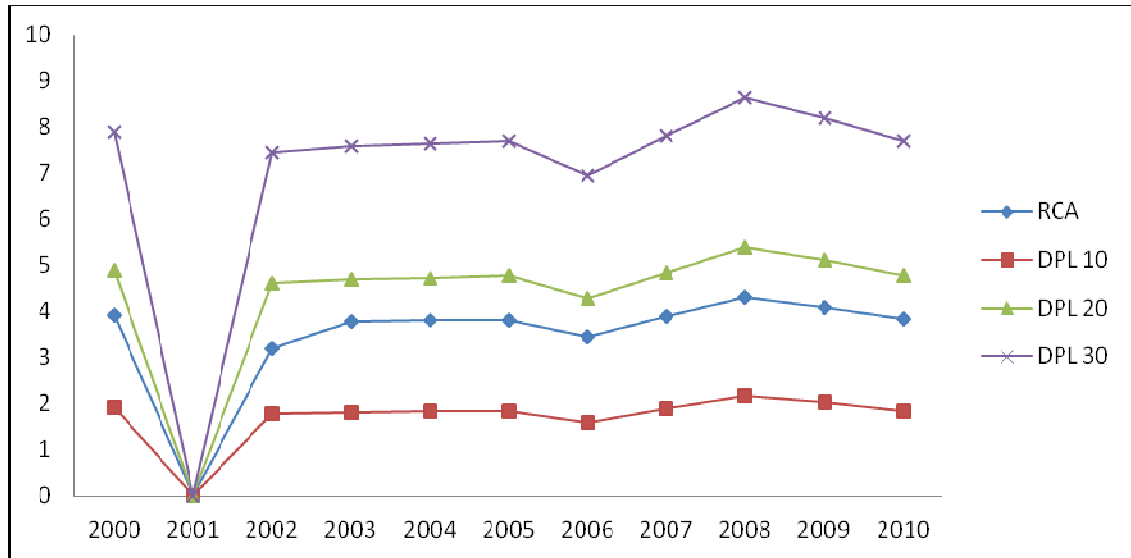
Figura 14 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Uberaba – MG, de 2000 a 2010.



Ao analisar os DPLs e RCA médio dos anos onde ocorreram eventos efetivos de ondas de calor (Figura 15) observa – se que em 2008 obteve – se os maiores valores e já em 2006 foram atingidos as menores estimativas. Ao analisar a média nos dez anos de ondas de calor tem – se que para um NP de 10, 20 e 30 kg.vaca

$^1.\text{dia}^{-1}$ valores de DPL de 1,87; 4,81 e 7,73 respectivamente e RCA de 3,81 $\text{kg.vaca}^{-1}.$
 $^1.\text{dia}^{-1}$, valores estes que podem ser considerados prejudiciais para atividade leiteira.

Figura 15 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL 20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Uberaba – MG, de 2000 a 2010.

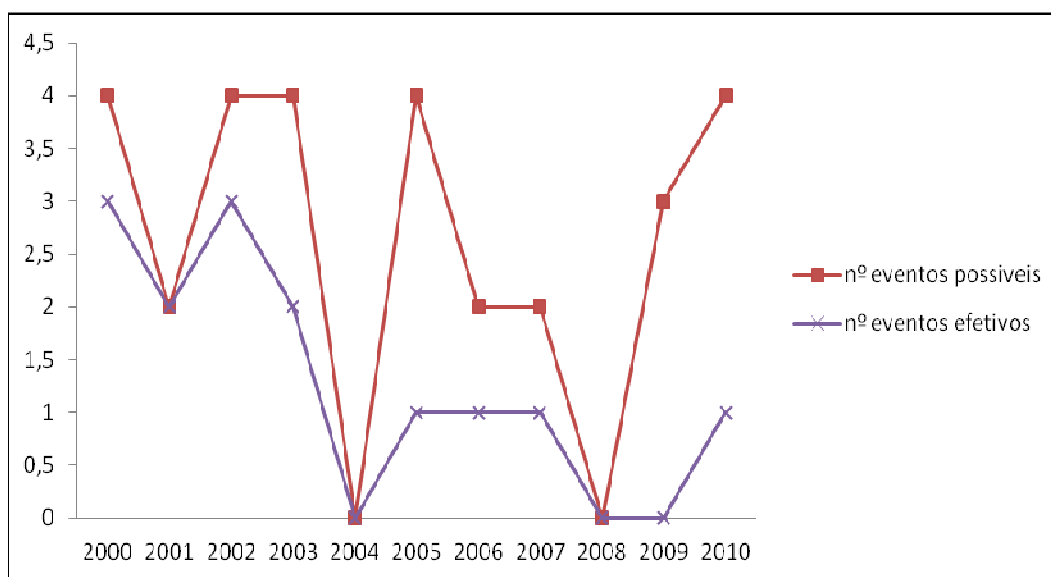


Uberlândia

Uberlândia apresentou 121 dias com probabilidade de ocorrência de ondas de calor de 2000 a 2010, dentre estes dias foram encontrados 32 possíveis eventos. Seguindo a definição estabelecida de Onda de Calor e considerando apenas os eventos com temperaturas acima de 32°C, ocorreram 17 efetivas ocorrências de onda de calor dentro das 32 possíveis ondas, apresentando um total de 69 dias.

Os anos de 2000 e 2002 representaram os anos com maior ocorrência efetiva de ondas de calor (Figura 16), concentrando em outubro em ambos os anos. Já 2004, 2008 e 2009 não apresentaram nenhum evento, porém em 2009 ocorreram possíveis eventos de onda de calor, porém nenhum caracterizado como efetivo.

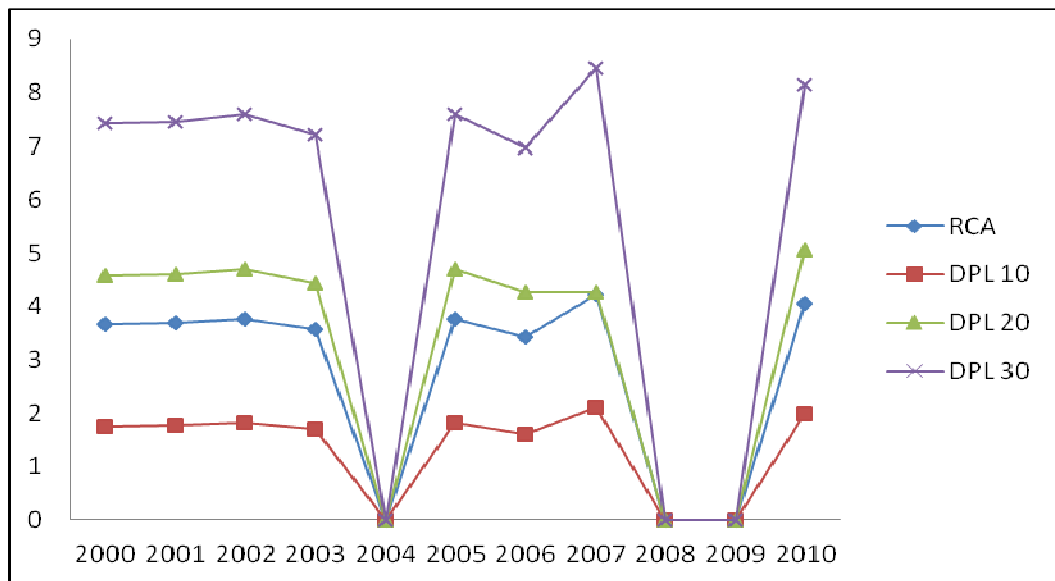
Figura 16 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Uberlândia – MG, de 2000 a 2010.



Ao analisar as DPLs e RCA médio dos anos onde ocorreram eventos efetivos de ondas de calor na cidade de Uberlândia – MG (Figura 17) observou-se que nos anos de 2002 e 2005 tiveram os mesmos valores. Porém comparando os eventos efetivos destes anos notou-se que 2002 teve duas ondas a mais que 2005, mas o ITU dos dois anos foi o mesmo o que ocasionou uma mesma estimativa de perda de

produção e consumo alimentar. Em 2006 os valores foram menores como também o número de eventos efetivos e valor de ITU de 81.

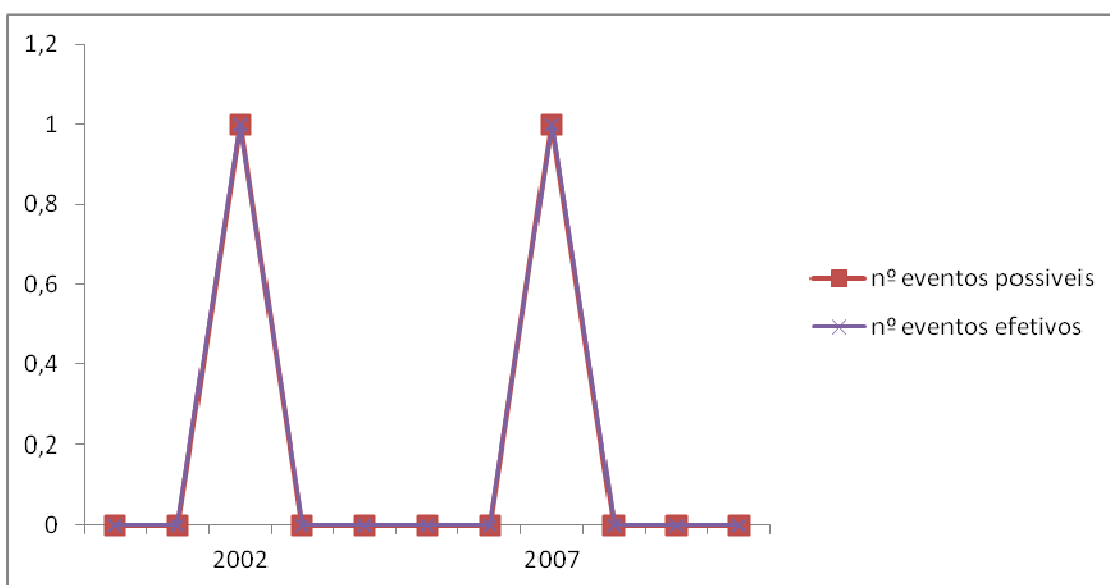
Figura 17 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL 20, DPL30 ($\text{Kg. vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Uberlândia – MG, de 2000 a 2010.



Patos de Minas

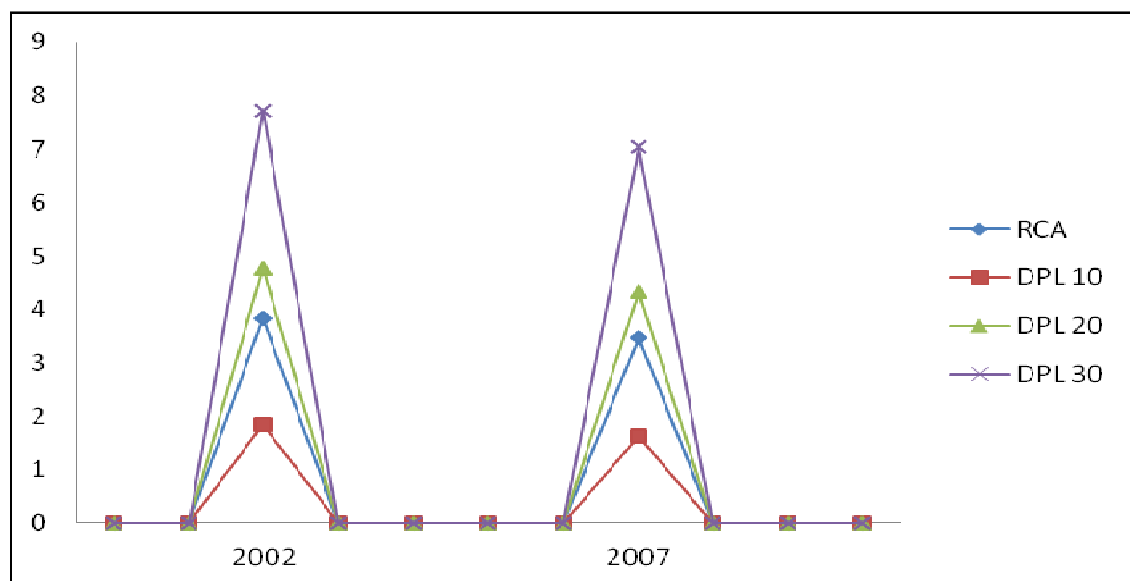
Em Patos de Minas ocorreram sete dias com probabilidade de ocorrência de ondas de calor em 2000 a 2010, e dentre estes dias foram encontrados dois possíveis eventos. Seguindo a definição estabelecida de Onda de Calor e considerando apenas os eventos com temperaturas acima de 32°C, todos os dois eventos foram considerados efetivas ocorrências de ondas de calor. Tendo ocorrido uma em 2002 e outra em 2007 (figura 18), em dezembro e outubro, respectivamente.

Figura 18 - Gráfico do número de eventos possíveis e efetivos de ocorrência de ondas de calor em Patos de Minas – MG, de 2000 a 2010.



Ao analisar os DPLs e RCA médio em 2002 e 2007 na cidade de Patos de Minas – MG (Figura 19), sendo estes anos os únicos com ocorrência efetivas de onda de calor, observou-se que o número de eventos foram iguais em ambos os anos porém, os valores de DPL e RCA em 2002 foi maior, com valores de 1,87; 4,78; 7,71 para NP de 10, 20 e 30 Kg. vaca⁻¹.dia⁻¹ e RCA de 3,84 Kg. vaca⁻¹.dia⁻¹.

Figura 19 - Gráfico dos valores de RCA ($\text{kg.animal}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e DPL10, DPL 20, DPL30 ($\text{kg.vaca}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), durante os eventos efetivos de ondas de calor em Patos de Minas–MG, de 2000 a 2010.



Nos municípios de Araxá, Sacramento e Patrocínio não foram encontrados ondas de calor (Tabela 4). Ituiutaba e Frutal apresentaram os maiores valores de ondas de calor, 10,9 e 8,72 ondas/ano, respectivamente. Apesar de Capinópolis estar situada na mesma microrregião de Ituiutaba, apresentou um número de ondas/ano bem menor no valor de 3,18. A cidade de Patos de Minas apresentou menos de uma onda/ano.

Tabela 4 - Relação do intervalo de anos de coleta de dados, do número de provável onda de calor (POC), número dias prováveis de onda de calor(DPO), número efetivo de ondas de calor (EOC), numero de dias efetivos de onda de calor (DEO) e número de ondas ocorridas por ano para cada estação meteorológica estudada.

Município	Intervalo de anos	POC	DPO	EOC	DEO	Nº de ondas/ano
Araxá	2000-2010	0	0	0	0	0
Capinópolis	2000-2010	76	271	35	137	3,18
Frutal	2000-2010	134	721	96	533	8,72
Ituiutaba	2000-2010*	162	866	109	556	10,9
Patos de Minas	2000-2010	2	7	2	7	0,18
Uberlândia	2000-2010	32	121	17	69	1,54
Uberaba	2000-2010	42	166	29	29	2,36
Sacramento	2006-2010	0	0	0	0	0
Patrocínio	2006-2010	0	0	0	0	0

Nota: * Ano de 2002 não consta por falta de dados.

Lima (2006) não encontrou valores maiores do que 10 ondas/ano em estudo no Estado de São Paulo, sendo encontrado um valor de 9,5 apenas na cidade São José do Barreiro, nas demais cidades a quantidade de eventos/ano não passou de cinco. De la Casa e Ravelo (2003) estudando ondas de calor na região de Cordoba, Argentina, encontraram em V.M.Río Seco de 1968 a 1987, 133 casos com duração máxima de 11 dias consecutivos, dando uma média de 7 eventos/ano. Já na região de Río Cuarto, o impacto das ondas de calor foram menos significantes com apenas 45 casos e duração máxima de cinco dias consecutivos, dando apenas 2,37 eventos /ano. Este fato também foi encontrado neste trabalho com cidades variando o número de eventos/ano de 0,18 até 10,9.

Também foi realizada a comparação de medianas do declínio de produção de vacas leiteiras, em função do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e do nível normal de produção (NP) para 10, 20, 30 kg.vaca⁻¹.dia⁻¹ de leite e também a redução de consumo alimentar (Tabela 5). A cidade de Uberaba apresentou valores estatisticamente diferentes das cidades de Frutal e Ituiutaba em todos os DPLs e RCA. Ao classificar as cidades em que foi encontrada ocorrência efetivas de ondas de calor revela que Uberaba é uma cidade mais propícia para atividade leiteira, demonstrando menores valores em relação a outras cidades

Tabela 5 - Valores medianos de redução do consumo alimentar em kg.vaca⁻¹.dia⁻¹ (RCA), declínio da produção de leite em kg.vaca⁻¹.dia⁻¹ com níveis de produção de 10, 20 e 30 (DPL) e escore dos componentes principais, nas cidades que tiveram ocorrência de efetivas ondas de calor no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

CIDADE	RCA	DPL10	DPL20	DPL30	ESCORE
Capinópolis	3,910ab	1,900ab	4,875ab	7,850ab	10,212ab
Frutal	4,120b	2,035b	5,110b	8,260b	10,694b
Ituiutaba	4,090b	2,015b	5,110b	8,205b	10,687b
Uberaba	3,620a	1,720a	4,360a	7,310 ^a	9,480a
Uberlândia	3,825ab	1,850ab	4,775ab	7,695ab	10,003ab

Nota: letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Fridman (p<0,05).

Semelhante ao que foi apresentado no presente trabalho, Oliveira et al. (2010), ao estudar risco de perdas produtivas no Estado de Minas Gerais, constataram que os maiores decréscimos na produção leiteira e consumo alimentar de 4,5 Kg. vaca⁻¹.dia⁻¹ foram encontrados em quase todo Triângulo Mineiro. Isto devido ao fato que a redução do consumo alimentar é considerada como uma das principais causas da redução na produção de leite (FUQUAY,1981).

Silva et al. (2008) constataram que, em torno de 81% do território do estado de Pernambuco, apresentam condições estressantes para o gado leiteiro,

especialmente para animais que possuem altos níveis de produção (NP). Para as condições atuais do clima do Estado de Pernambuco, esses autores estimaram valores máximos de perdas de produção de leite na ordem de 0,85; 1,82; 2,78; 3,75; 4,71 e 5,70 kg de leite.animal⁻¹.dia⁻¹.para animais com NP de 10, 15, 20, 25, 30 e 35 kg.animal⁻¹.dia⁻¹, respectivamente.

No Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba as cidades de Patrocínio, Araxá são as com melhores características ambientais para criação de vacas leiteiras, seguidas de Patos de Minas. Ao analisar os escores de componentes principais das cidades que apresentaram eventos efetivos de ondas de calor pode-se observar que menores escores são os que apresentam menor estresse por calor para o animal, sendo a cidade de Uberaba considerada a melhor e Frutal e Ituiutaba as piores dentro das cidades.

Nas regiões Frutal e Ituiutaba, que apresentam condições ambientais estressantes para o gado leiteiro, a utilização de técnicas que amenizam o estresse por calor e utilização de cruzamentos com raças mais adaptadas faz-se necessárias para obtenção de êxito na atividade leiteira.

5 CONCLUSÃO

- O clima não apresenta grandes riscos à produção leiteira, com exceção das regiões de Ituiutaba e Frutal durante determinados períodos do ano; principalmente em dezembro, janeiro e fevereiro;
- Ondas de calor de maior número de dias apresentaram maiores perdas na produção leiteira e diminuição de consumo alimentar que maior número de ocorrência de ondas;
- Os meses com maiores ITU médios não são os apresentaram maiores ocorrências de ondas de calor;
- Uberaba, Uberlândia e Capinópolis apresentam perdas produtivas semelhantes;
- As melhores cidades para criação de raças especializadas na produção de leite são Sacramento e Patrocínio, pois apresentaram ITUs fora da classificação de emergência, ITU noturno abaixo de 76 e não apresentaram ondas de calor;
- O estudo da ocorrência de ondas de calor mostra de forma mais efetiva o efeito do estresse por calor sobre a produção leiteira, o que praticamente não pode ser visualizado no estudo da ocorrência de ITUs médios.

REFERÊNCIAS

- AMS. American Meteorological Society. **Glossary of Meteorology**. Boston, MA. 5^a ed. 1989.
- BACCARI JÚNIOR, F. Métodos e técnicas de avaliação da adaptabilidade dos animais às condições tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL NOS TRÓPICOS: PEQUENOS E GRANDES RUMINANTES, 1., 1990, Sobral-CE. **Anais...** Sobral: EMBRAPA-CNPQ, 1990. p. 9-17.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais – conforto animal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 246p.
- BERRY, I.L.; SHANKLIN, M.D.; JOHNSON, H.D. Dairy shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 3, p.329-331, 1964.
- BIANCA, W.; KUNZ, P. Physiological reactions of three breeds of goats to cold, heat and high altitude. **Livestock Production Science**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 57-69, 1978.
- BOHMANOVA, J.; MISZTAL, I.; COLE, J. B. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, p. 1947–1956, 2007.
- BOWLES, E.H. **Classifying heat waves in the United States**. 2009. 129 f. Dissertação. (Doutorado em Filosofia) - Department of Geography College of Arts and Sciences, Kansas State University, Manhattan, 2009.
- BRANDÃO, et al. Avaliação da aptidão bioclimática do município de Barreiros – PE para a produção leiteira. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9, 2009, Recife. **Anais...** Recife, 2009.
- BROOM, D.M. Indicators of Poor Welfare. **British Veterinary Journal**, London, v.142, p. 524-526, 1986.
- BROOM, D.M. Animal welfare: concepts and measurement. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.69, n.10, p. 4167-4175, 1991.
- BROWN-BRANDL, T.M. et al. Analysis of meteorological parameters of different extreme heat waves. In: PROCEEDINGS OF THE EIGHTH INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM, 8., 2008, Cataratas do Iguaçu. **Anais...** Cataratas do Iguaçu p. 849-855. 2008
- DE LA CASA, A.C.; RAVELO, A.C. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Cordoba, Argentina. **International Journal of Biometeorology**, St. Joseph, v. 48, p. 6–9, 2003.

DOW, K.; DOWNING, T.E. **O atlas da mudança climática: o mapeamento completo do maior desafio do planeta**. São Paulo: Publifolha, 2007 .120 p.

DHIMAN, T.R.; ZAMAN, M.S. Desafios dos sistemas de produção de leite em confinamento em condições de clima quente. IN: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE GADO DE LEITE, 2., 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.p. 05-20.

EIGENBERG,R.A.; Brown-Brandl,T. M.; Nienaber, J. A. Development of a livestock weather safety monitor for feedlot cattle. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.23, p. 657-660, 2007.

EMBRAPA. Embrapa Gado de Leite. **Principais Indicadores Leite e Derivados: boletim eletrônico mensal**. Juiz de Fora, MG, v. 4, n. 32, 2011. Disponível em: <http://www.cileite.com.br/sites/default/files/2011_07_indicadores_leite.pdf>. Acesso em: 10 Ago. 2011.

EMBRAPA. Embrapa agronegócio do leite. **Importância Econômica e Social da Atividade Leiteira**. Juiz de Fora, MG, 2011. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_35_217200392358.html>. Acesso em: 29 out. 2011.

ENVIRONMENT CANADA. Atmospheric, Climate, and Water Systems Branch. **Climate and weather glossary of terms**. 1996 Disponível em : <<http://www.cmc.ec.gc.ca/climate/glossary.htm>> Acesso em: 28 abr. 2011.

FAO. Food And Agricultura Organization of the United Nations. **FAO statistical databases**. Rome, 2006. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>. Acesso em: 01 jun. 2011.

FERREIRA, R.A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa – MG: Aprenda Fácil, 2005, 371p.

FERRO, D.A.C. **Efeito dos elementos climáticos na produção e reprodução de vacas leiteiras**. 2010. 38f. Seminário. (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

HAHN, G.L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, p. 10-20, 1997.

HAHN, G.L.; OSBURN, D.D. Feasibility of Summer environmental control for dairy cattle based on expected production losses. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.12, n.4, p.448-451, 1969.

HOPKINS, P.S.; KNIGHTS, G.I.; LEFEURE, A.S. Studies of the environmental physiology of tropical Merinos. **Australian Journal Agriculture Research**, East Medelaine, v. 29, n.1, p. 61-71, 1978.

IFCN. Dairy Research Center. **A summary of results from the IFCN Dairy Report 2011**. Kiel, Germany, 2011.

INGRAM, D.L.; MOUNT, L.E. **Man and animals in hot environments**. New York: Springer-Verlag, 1975. 185p

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGES. **Cambio Climático 2007: Informe de síntesis**. Ginebra, Suíza, 2007.

JOHNSON, H.D. **Bioclimatology and adaptation of livestock**. Amsterdam: Elsevier, 1987. 279p.

KLOSOWSKI, E.S.; CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T.; GASPARINO, E. Estimativa do declínio na produção de leite em período de verão para Maringá-PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sete lagoas, MG, v. 10, n.2, p. 283-288. 2002.

LIMA, K.A.O. **Estudo da influência de ondas de calor sobre a produção de leite no Estado de São Paulo**. 2006. 96f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

MARCHETO, F.G.; NAAS, I.A., SALGADO, D. Efeito das temperaturas de bulbo seco e de globo negro e do índice de temperatura e umidade, em vacas em produção alojadas em sistema de free-stall. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, São Paulo, v.39, n.6, p. 320-323, 2002.

MEEHL, G.A. ;TEBALDI, C. More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century, **Science**, Washington, DC, v. 305, p. 994– 997, 2004.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

NÄÄS, I.A. **Princípio de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989. 183p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. A guide to environmental research on animals. **Natl. Acad. Sci.**, Washington, DC, 1971.

NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.3, p.668-678, 2004.

NIENABER, J.A.; HAHN, G.L. Engineering and management practices to ameliorate livestock heat stress. IN: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF THE CIGR. NEW TRENDS IN FARM BUILDINGS, 6, 2004, Evora, **Proceedings...** Evora: Portugal. 2004, p. 1-18.

NOORDHUIZEN, J.P.T.M. et al. Quality control on dairy farms with emphasis on public health, food safety, animal health and welfare. In: ANNUAL MEETING OF THE EAAP, 54, 2003, Roma. **Anais...** Roma, 2005, p. 39-55.

OLIVEIRA, E. C. de et al. Risco de perdas por estresse climático na produção de leite, mês de fevereiro, em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém, **Anais...**, Belém: Brasil. 2010.

OLIVEIRA, L. M. F. et al. Zoneamento bioclimático da região Sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.823-831, 2006.

PEREIRA, J.C.C.; **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.195p.

PERISSINOTTO, M., MOURA, D. J. de e CRUZ, V. F. da. Avaliação da produção de leite em bovinos utilizando diferentes sistemas de climatização. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, Portugal, v.30, n.1, p.135-142, 2007.

PIRES, M.F.A. et al. Taxa de gestação em fêmeas da raça Holandesa confinadas em *freestall*, no verão e inverno. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54, n. 1, 2002.

PIMENTEL et al.; Consumo, produção de leite e estresse térmico em vacas da raça Pardo-Suíça alimentadas com castanha de caju. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.59, n.6, p.1523-1530, 2007.

PORTUGAL, J. A. B.; PIRES, M. F. A.; DURAES, M. C. Efeito da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar sobre a frequência de ingestão de alimentos e de água e de ruminação em vacas da raça Holandesa. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 52, n. 2, 2000.

ROBINSON, P. J. On the Definition of a Heat Wave. **Journal of Applied Meteorology**. AMS, v.40, p. 762-775, 2001.

SARAVIA, C. et al. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). (a) producción de leche. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 5, 2011, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2011.

SILVA, R. G.da. **Introdução a Bioclimatologia Animal**. São Paulo: Nobel, 2000, 283p.

SILVA, R. G. **Biofísica Ambiental: Os animais e seu Ambiente**. Jaboticabal: FUNEP/FAPESP, 2008, 393p.

SILVA, T. G. F. da. et al. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira em estados nordestinos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,[s.n],Campina Grande, PB, v.14, n.8, p.863–870, 2010.

SILVA JUNIOR, J. L. C; **Zoneamento da região Sudeste do Brasil, utilizando o Índice de Temperatura e Umidade, para gado leiteiro**. 2001.91f. Tese. (Doutorado em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SISTEMA DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GENÉTICAS. **SAEG**. Fundação Arthur Bernardes – Universidade Federal de Viçosa: UFV, Viçosa, 2011.

SMOYER-TOMIC, K. E.; KUHN, R.; HUDSON, A. Heat Wave Hazards: An Overview of Heat Wave Impacts in Canada. **Natural Hazards**, Netherlands, v. 28, p. 463–485, 2003.

SOUZA, A. de. et al. Modelo de Thom para o zoneamento bioclimático de Mato Grosso do Sul. **Revista de Geografia**, Santiago, Chile, n. 46, p. 137-147, 2010.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Philadelphia, v. 12, p. 57–60, 1959.

USDA. National Agricultural Statistics Service. **Milk Production, Disposition, and Income 2010 Summary**. Washington, DC, 2011.

USDA-ESSA. Livestock hot weather stress. **Central Regional Operations Manual Letter**, Kansas City, MO. p. 70-28, 1970.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock**. CRC Press, Boca Raton, FL, 1985.

ZIMBELMAN, R. Z.; COLLIER, R.J. Feeding strategies for high-producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity. IN: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 2011, Fort Wayne, **Proceedings...** Fort Wayne: Indiana, 2011.